بهینه سازی فرمولاسیون بستنی وانیلی با کمک جایگزینی شیر خشک با آرد کنجد سفید به روش سطح پاسخ

کیمیا کارگر[۱]، محمد گلی[۲،۳*]

۱- کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
۳- دانشیار مرکز تحقیقات لیزر و بیوفوتونیک در فناوریهای زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۸ /۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۱۰)

چکیده

در این پژوهش در تهیه بستنی با فرمولاسیون جدید، جایگزینی شیر خشک با آرد کنجد سفید در سطوح مختلف (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) مقدار روغن گیاهی فرمولاسیون (٤/٥، ٥/٥، ٦/٥، ٧/٥ و ٨/٥ درصد) و مقدار صمغ پانیسول فرمولاسیون (۰/۲۵، ۰/۳۵، ۰/٤٥، ۰/٥٥ و ۰/٦٥ درصد) با روش سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی α=۲ و ۵ نقطه مرکزی و دو تکرار در سایر نقاط بررسی شد. بهینه‌یابی فرمولاسیون با هدف بالاترین افزایش حجم (درصد) و چسبندگی (گرم ثانیه)، مطلوب‌ترین سفتی بافت (گرم) و کمترین سرعت ذوب (گرم در دقیقه) و مدول ظاهری (گرم در ثانیه) بستنی انجام شد. دو فرمول بهینه شامل بهینه ۱ (۰ درصدجایگزینی شیر خشک با آرد کنجد سفید، ٦/١ درصد روغن گیاهی و ۰/٤٩ درصد صمغ پانیسول) و بهینه ۲ (٦٤ درصد جایگزینی شیر خشک با آرد کنجد سفید، ٨/٤ درصد روغن گیاهی و ۰/٥٦ درصد صمغپانیسول) انتخابگردید. لذا توصیه می‌گردد از آرد کنجد سفید در فرمول بستنی وانیلی به عنوان جایگزین شیر خشک به منظور بهبود خواص آن استفاده شود.

کلید واژگان: بستنی وانیلی، آرد کنجد سفید، روغن گیاهی، صمغ پانیسول، خواص بافتی

*مسئول مکاتبات: mgolifood@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

۱- مقدمه

بستنی، مخلوط منجمدی از ترکیبات اجزاء شیر، مواد شیرین‌کننده، پایدارکننده، امولسیفایر و مواد مولد عطر و طعم است[۱]. بستنی عبارت است از سیستم پیچیده کف مانندی که در آن، حباب‌های کوچک گاز (هوا) در فاز پیوسته‌ای که به طور جزئی منجمد شده است، پراکنده می‌باشد البته تعریف قانونی آن در کشورهای مختلف متفاوت است، به طور مثال در ایران بستنی عبارت است از ماده جامد یا خمیری شکلی که در اثر انجماد به دست می آید و حداقل حاوی ۸٪ چربی و ۳۲٪ ماده خشک میباشد[۲]. مواد اولیه بستنیشامل این مواد است : الف- شیر: به عنوان ماده پایه تشکیل دهنده بستنی بوده و ٦۰ تا ۸۰ درصد آن را تشکیل می‌دهد[۳]. ب- ماده جامد شیری بدون چربی که شامل ۸۰٪ کازئین و ۲۰٪ پروتئین های سرمی شیر می‌باشد. پروتئین‌های شیر دو وظیفه اصلی را در ساختار شیر ایفا می‌کنند؛ اولا، این پروتئین‌ها توانایی تشکیل امولسیون‌های با فاز پیوسته آبی و کف‌ها را دارند زیرا که دارای فعالیت سطحی هستند. ثانیا، در ایجاد کردن طعم و مزه محصولات لبنی نقش دارند[٤]. ج- چربی: میزان آن حداکثر ۱۰ درصد است .مهمترین نقش تکنولوژیکی چربی دربستنی، پایدار کردن حبابهای هوا و کمک به تثبیت کف است[۳]. د-مواد قندی :از شیرین‌کننده های مورد استفاده در بستنی میتوان به ساکارز، گلوکز مایع، لاکتوز و فروکتوز اشاره کرد که هریک از مواد به کار رفته باید دارای ویژگی‌های استاندارد مربوط به خود باشد[۳]. ه- مواد افزودنی : مواد افزودنی در تهیه بستنی باید از نوع خوراکی باشد و ویژگی‌های مطابق الزامات مراجع ذی‌صلاح کشور باشد[۳]. و- مواد پایدار کننده : پایدار کننده‌ها در واقع ترکیباتی هستند که از طریق تشکیل ژل در آب یا ترکیب شدن با بخشی از آب موجود در فراورده ها از تشکیل کریستال یخ جلوگیری کرده و تغییرات فاز یخ به آب و آب به یخ را در طی نگهداری کاهش می‌دهند. تمامی پایدار کننده‌ها به دلیل ظرفیت بالای جذب آب در نرم شدن بافت و ایجاد پیکره در فرآورده موثرند[۲]. مهم‌ترین اثر پایدار کننده‌ها در دسرهای لبنی منجمد توانایی آن‌ها در کنترل کریستالیزاسیون مجدد و شوک حرارتی ناشی از نوسانات دمایی در طی مرحله سخت کردن و دوره نگهداری است. طبیعت هیدروکلوئیدی پایدار کننده‌ها موجب افزایش قوام بستنی شده، لذا استفاده از این ترکیبات در فرآورده‌ای نظیر بستنی موجب افزایش زمان ذوب شدن می‌شود[۵]. ز- مواد طعم دهنده: مهمترین طعم دهنده وانیل است . وانیل یکی از محبوب ترین ادویه‌های موجود در جهان است و بعد از زعفران و هل به عنوان طعم دهنده‌ها در جایگاه سوم قرار دارد[٦]. دانه کنجد با نام علمی *Sesamumindicum* مهم‌ترین و قدیمی‌ترین دانه های روغنی است که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری با آب و هوای خشک و بارانی رشد می‌کند[۷]. کنجد به دلیل دارابودن اسیدهای چرب اشباع نشده (با چند پیوند دوگانه) با کیفیت بالا و اسیدهای چرب با ثبات زیاد است که از تند شدن اکسیداتیو روغن جلوگیری می‌کند. دانه کنجد دارای درصد بالایی از اسیدهای چرب ضروری، آنتی‌اکسیدان‌هایی نظیر سزامول، سزامولین، پلی‌فنل، لیگنان، ویتامین‌ها و لسیتین می‌باشد. اسیدآلفا -لینولنیک موجود در اسیدهای چرب روغن کنجد دارای اثر محافظت کنندگی در برابر بیماریهای قلبی و عروقی بوده و منجر به کاهش سطح تری گلیسیرید و کلسترول بد می‌شود و از بیماری آلزایمر پیشگیری می‌کند[۷]. پروتئین کنجد به عنوان یک منبع پروتئین بسیار مهم برای مصرف انسان است [۸]. از دانه های کنجد در تولید انواع شیرینی و فرآورده های نانوایی نیز استفاده میشود. دانه کنجد منبع مناسبی مواد معدنی بویژه فسفر، کلسیم و آهن است و بطور کل حاوی ۷-۵ درصد مواد معدنی میباشد. حدود ۱ درصد کلسیم و۷ درصد فسفر در دانه کنجد وجود دارد که البته قابلیت جذب آنها در مقایسه با شیر و نان کمتر است و احتمالاً به علت وجود مقادیر زیادی اگزالات و فیتات در دانه کنجد میباشد[۹].

هدف از این تحقیق، بهبود فرمولاسیون بستنی وانیلی به کمک روش سطح پاسخ با سه فاکتور A: جایگزینی شیر خشک با آرد کنجد سفید در سطوح مختلف (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد)، B: مقدار روغن گیاهی فرمولاسیون بستنی (٤/۵، ۵/۵، ٦/۵، ۷/۵ و ۸/۵ درصد)، C: مقدار صمغ پانیسول در فرمولاسیون بستنی (۰/۲۵، ۰/۳۵، ۰/٤۵، ۰/۵۵ و ۰/٦۵ درصد) و ارائه فرمولاسیون بهینه با در نظر گرفتن آوران حداکثر و هم‌چنین مقاومت به ذوب حداکثر در تولید بستنی جدید در مقایسه با بستنی‌های موجود در صنعت غذا با در نظر گرفتن افزایش ارزش غذایی بستنی جدید می‌باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-مواد

مواد مورد استفاده در این پژوهش، شیر پاستوریزه ۳/٤ درصد چربی (کارخانه لبنیات دامداران)، پودر شیرخشک بدون چربی (با نام تجاری مونترا از شرکت آرینلبن نقش جهان)، کنجد سفید (شرکت اسوه)، شکر (قند اصفهان)، پایدارکننده و امولسیفایر پانیسوللوکسیک ٦٧٠٠ تولید شرکت دنیسکو فرانسه (کربوکسی متیل سلولز، کاراگینان، گوار، آسکوربیل پالمیتات، آلفا توکوفورول و صمغ لوبیا لوکاست) و روغن نباتی (با نام تجاری آفتاب از شرکت سهامی عام مارگارین) و وانیل (با نام تجاری پولار بیر از شرکت شانگهال فوکسینچین) بود.

۲-۲-تهیه بستنی

میزان مواد اولیه هر فرمول پس از تنظیم نسبت ترکیبات در فرمولاسیون نمونه‌های مختلف بستنی توزین شد. شیر تا حدود ٤٥ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد و سپس بقیه اجزا که کاملا با هم مخلوط شده بودند، به آرامی به آن اضافه و مخلوط شد. سپس مخلوط در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه پاستوریزه گردید. پس از پایان عملیات پاستوریزاسیون، مخلوط به مدت ٢٤ ساعت در یخچال ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پس از مرحله رسانیدن، مخلوط در یک دستگاه بستنی‌ساز خانگی مرحله انجماد را سپری نمود. نمونه‌های بستنی درون ظروف پلاستیکی درپوش‌دار بسته‌بندی و به منظور گذراندن دوره سخت‌شدن در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری شد.

۲-۳- اندازه‌گیری افزایش حجم (آوِرران)

بمنظور تعیین میزان آوِرران نمونه‌ها، از ظروفی با حجم مشخص استفاده شد. پس از انجماد محصول در بستنی‌ساز، از مخلوط نمونه‌گیری صورت گرفت. سپس نمونه مورد نظر توزین گردید و

افزایش حجم بر حسب درصد مطابق با رابطه ذیل محاسبه شد[۱۰].

آوِرران٪=

حجم وزن مشخصی از بستنی ـحجم وزن مشخصی از مخلوط اولیه ×۱۰۰

حجم وزن مشخصی از بستنی

۲-٤- اندازه‌گیری سرعت ذوب

سرعت ذوب با توزین ۵۰ گرم بستنی منجمد و قراردادن آن بر روی یک توری با ابعاد ۰/۲×۰/۲ سانتی‌متر که بر روی یک ظرف با وزن مشخص در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشت و هر ۱۰ دقیقه یک بار وزن ظرف و بستنی ذوب شده داخل آن یاد داشت و سرعت ذوب برحسب گرم بر دقیقه اندازه گیری شد[۱۱].

۲-۵- اندازه‌گیری پارامترهای بافت

بافت بستنی پس از ۳ روز نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد با استفاده از دستگاه بافت‌سنج بروکفیلد مورد آزمایش قرار گرفت. این دستگاه مجهز به یک پروب استوانه‌ای با قطر ٦ میلی‌متر و ارتفاع ۱۵ میلی‌متر بود. پروب دستگاه دوبار با سرعت ۱ میلی‌متر در ثانیه و تا ۵۰ درصد ارتفاع پروب به نمونه مورد آزمایش وارد و نتایج توسط نرم افزار دستگاه ثبت شد. داده‌های مورد استفاده از بررسی بافت بستنی در این تحقیق شامل موارد سفتی و چسبندگی بود[۱۱].

۲-٦- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق از روش سطح پاسخ جهت بررسی ارتباط بین پاسخ‌های بدست آمده و متغیرهای فرایند و بهینه‌سازی متغیرها استفاده شد. مقادیر عددی متغییرهای مستقل شامل درصد جایگزینی شیر خشک با آرد کنجد سفید، درصد روغن گیاهی و درصد صمغ پانیسول در جدول(۱) نشان داده شده است. مطابق جدول(۲) تعداد نمونه‌های مورد آزمایش ۳٤ مورد بود.

Table 1 Process independent variables and their application levels

Independent variables	The relevant code and level					
	Factors	-α	-1	0	+1	+α
Replacing milk powder with white sesame flour (%)	A	0	25	50	75	100
Vegetable oil (%)	B	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5
Panisol gum (%)	C	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

Table 2 Treatments suggested by design expert software using response surface methodology and their corresponding responses

Run	Replacing milk powder with white sesame flour (%)	Vegetable oil (%)	Panisol gum(%)	Over run (%)	Melting rate(g/ min)	Hardness (g)	Apparent modulus (g/sec)	Adhesiveness (g.sec)
1	0	6.5	0.45	30.83	0.694	91.5	7.78	172.13
2	0	6.5	0.45	30.45	0.693	66.0	4.75	106.64
3	25	7.5	0.45	22.29	0.694	254.5	37.24	214.98
4	25	5.5	0.25	40.29	0.699	119.5	17.07	191.88
5	25	5.5	0.45	39.15	0.686	177.0	147.5	135.26
6	25	5.5	0.45	42.49	0.736	34.5	4.34	50.55
7	25	7.5	0.45	30.96	0.791	270.0	47.65	325.29
8	25	7.5	0.65	26.96	0.738	326.5	55.34	193.26
9	25	5.5	0.45	35.50	0.738	125.0	41.44	138.62
10	25	7.5	0.45	27.77	0.753	236.0	22.84	284.63
11	50	8.5	0.45	40.80	0.700	94.0	9.07	145.43
12	50	6.5	0.25	36.75	0.732	166.0	41.85	162.55
13	50	4.5	0.55	31.82	0.751	215.0	40.95	167.36
14	50	6.5	0.55	43.95	0.756	386.5	77.04	354.80
15	50	4.5	0.55	36.21	0.747	184.0	315.43	172.68
16	50	6.5	0.35	17.51	0.602	1718.0	431.3	748.82
17	50	8.5	0.55	36.60	0.698	193.0	23.25	231.50
18	50	6.5	0.35	41.78	0.784	358.9	40.19	297.25
19	50	6.5	0.35	44.54	0.765	395.0	28.18	294.98
20	50	6.5	0.35	31.87	0.776	251.5	16.51	160.31
21	50	6.5	0.45	47.74	0.763	377.6	39.57	310.04
22	50	6.5	0.45	45.79	0.776	366.5	25.22	254.44
23	50	6.5	0.45	41.84	0.743	381.7	42.32	303.55
24	50	6.5	0.45	22.31	0.638	1533.0	185.82	657.43
25	75	5.5	0.45	32.96	0.542	340.5	42.21	247.01
26	75	7.5	0.25	21.73	0.608	593.5	57.53	428.15
27	75	5.5	0.45	29.39	0.541	761.0	74.98	379.13
28	75	7.5	0.45	38.83	0.678	1546.5	274.53	570.03
29	75	7.5	0.45	25.08	0.640	786.5	59.21	418.95
30	75	7.5	0.65	33.56	0.678	655.0	88.91	429.51
31	75	5.5	0.45	26.11	0.636	1229.0	146.02	571.38
32	75	5.5	0.45	22.64	0.673	671.0	112.77	387.36
33	100	6.5	0.45	38.34	0.710	906.5	109.88	400.86
34	100	6.5	0.25	42.80	0.678	1674.5	166.07	678.63

۳- نتایج و بحث

۳-۱- میزان افزایش حجم (آوران)

در جدول (۲) مقادیر مختلف مقدار آوران برای هر تیمار نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، مدل چند جمله‌ای درجه دوم برای میزان آوران از نظر آماری معنی‌دار بود، ولی آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نشد ($P>0.05$) که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. نتایج بدست آمده برای ضریب تبیین ۰/۹۳ و ضریب تبیین اصلاح شده ۰/۸۹ بیانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش شده و دقت مدل می‌باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

Table 3. Results of ANOVA for over-run(%) response

Source model	df	Sum of squares	Mean square	F	P	Coefficient in terms of coded factors
model	9	1553.36	172.6	27.98	<0.0001	43.37
A	1	116.88	166.88	18.95	0.0003	2.08
B	1	40.7	40.7	6.6	0.0183	1.22
C	1	216.72	216.72	35.13	<0.0001	3.17
AB	1	655.62	655.62	106.27	<0.0001	7.46
AC	1	98.18	98.18	15.91	<0.0001	2.89
BC	1	66.27	66.27	10.74	0.0007	2.37
A^2	1	143.57	143.57	37.27	0.0038	-2.01
B^2	1	117.92	117.92	19.11	0.0001	-1.82
C^2	1	571.48	571.48	92.64	0.0003	-4.43
Residual	20	123.38	6.17		<0.0001	
Lack of fit	4	11.86	2.96	0.43	0.7882	
Pure error	16	111.53	6.97			

A:Replacing milk powder with white sesame flour (%) , B: Vegetable oil (%), C: Panisol gum(%) , R-Squared= 0.93

اثر متقابل جایگزینی شیر خشک با آرد کنجد سفید، درصد روغن و صمغ پانیسول بر میزان آوران در شکل(۱) مشاهده می‌شود. در واقع افزودن جایگزین‌کننده‌های غنی از پروتئین مثل کنجد به بستنی می‌تواند باعث افزایش حجم کف، افزایش حجم هوای به دام افتاده در داخل مخلوط بستنی و بهبود هوادهی گردد[۱۲]. بستنی بهینه شده با شیرهای گیاهی هوادهی بسیار مطلوبی در حد و اندازه بستنی معمولی دارند که با توجه به درصد پروتئین بالای آنها خصوصا وجود پروتئین‌های سویا کاملا منطقی به‌نظر می‌رسد که در توجیه این مطلب، شهرابی و همکاران ۲۰۱۱ [۱۳] بیان داشتند که پروتئین های سویا توانایی تشکیل کف بسیار خوبی داشته و قادر هستند نقش مؤثری در محصولات حجیم مواد غذایی داشته باشند[۱٤]. با استناد به این‌که ترکیبات تشکیل دهنده آرد کنجد بر ویسکوزیته بستنی تأثیر می‌گذارد، کاهش درصد جایگزینی آرد کنجد از ۷۵ درصد تا ۵۰ درصد، موجب افزایش مقدار هوادهی شده است که این پدیده عمدتاً به توانایی جذب آب آن نسبت داده می‌شود[۱۵]. احتمالاً با افزایش درصد جایگزینی آرد کنجد ویسکوزیته مخلوط بستنی افزایش و مقدار کمتری از حباب هوا را می‌تواند در خود نگه دارد. در اثر ویسکوزیته زیاد، در حین فرایند هم زدن و انجماد، هوا بطور مناسب وارد بافت بستنی نشده و در نتیجه مقدار هوادهی با افزایش درصد آرد کنجد کاهش می‌یابد.

میتوان گفت که دلیل اصلی افزایش ویسکوزیته مخلوط بستنی حاوی کنجد مربوط به حضور پروتئینها و پلی‌ساکاریدهای موجود در آن می‌باشد، چرا که حضور این ترکیبات که دارای وزن مولکولی بالا هستند از طریق پیوند با آب و تشکیل شبکه ژلی، میتواند افزایش ویسکوزیته را توجیه کند[۱٦]. با توجه به گزارشات سایر پژوهشگران در ارتباط با اهمیت ویسکوزیته بستنی و تأثیر آن بر میزان افزایش حجم، و با توجه به تأثیر صمغ بر افزایش ویسکوزیته مخلوط بستنی، دلیل کاهش میزان هوادهی با افزایش بیش از اندازه غلظت صمغ ممکن است این امر باشد که افزایش ویسکوزیته مخلوط بستنی موجب کاهش هم زدن آن و جلوگیری از ورود هوا به داخل مخلوط بستنی شده باشد[۱۷].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

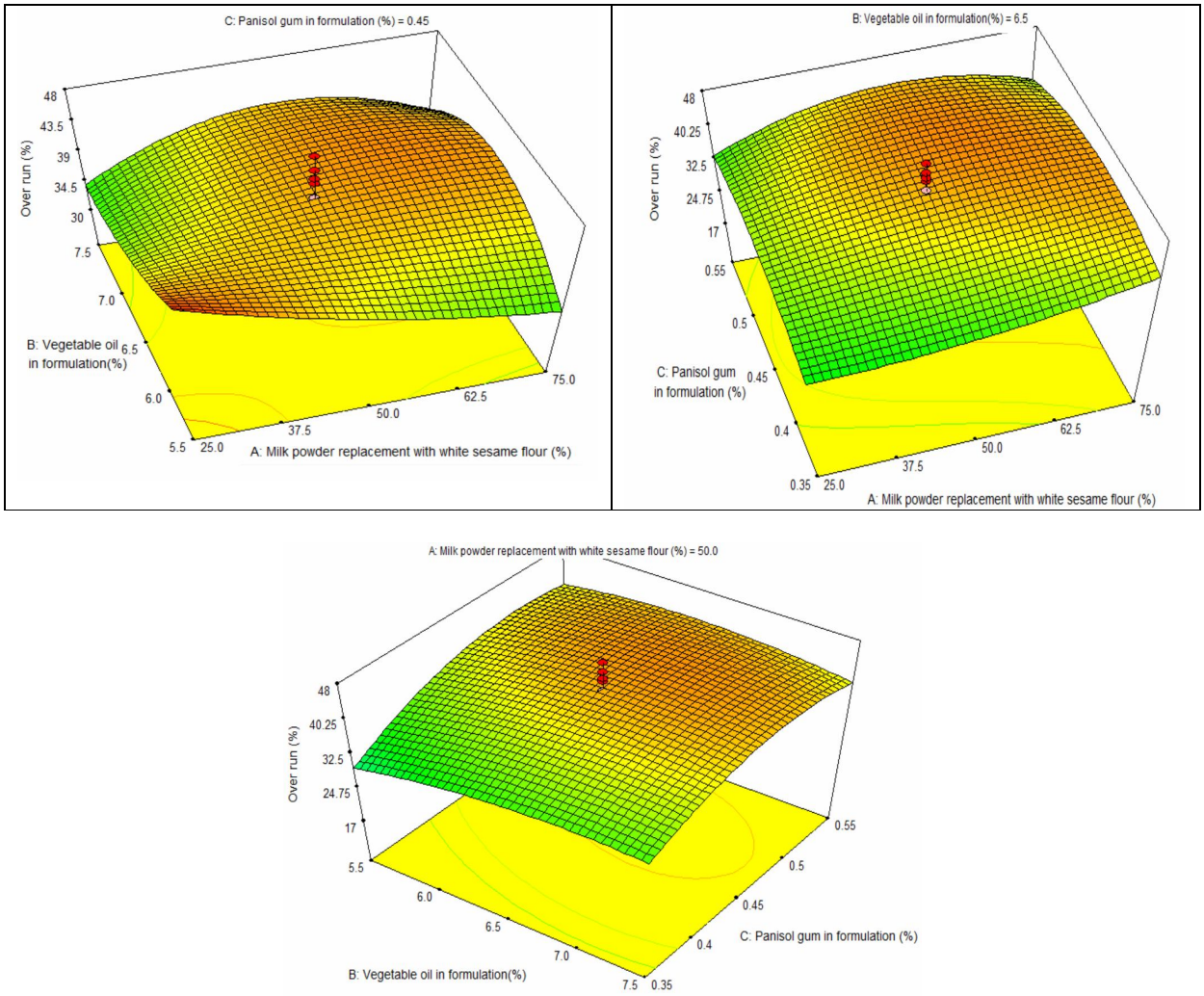

Fig 1 Interaction of replacing milk powder with white sesame flour, vegetable oil, and Panisol gum percentages on ice-cream overrun (%)

۳-۲-سرعت ذوب

در جدول (۲) مقادیر مختلف سرعت ذوب برای هر تیمار گزارش شده است. همانطور که در جدول (٤) مشاهده می‌شود مدل چند جمله‌ای درجه سوم برای میزان سرعت ذوب از نظر آماری معنی‌دار بوده، و آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نمی‌باشد ($P>0.05$) که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. نتایج بدست آمده برایضریب تبیین ۰/۸۹ و ضریب تبیین اصلاح شده ۰/۸۲ یانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش شده و دقت مدل می‌باشد.

اثر متقابل جایگزینی شیر خشک با آرد کنجد سفید، درصد روغن و صمغ پانیسول بر سرعت ذوب در شکل (۲) مشاهده می‌شود. آرد کنجد با بهبود افزایش حجم بستنی به کاهش سرعت ذوب شدن بستنی کمک می‌کند. سوفیجان و هارتل (۲۰۰٤) حضور هوا را عامل کاهش انتقال حرارت و بنابراین کاهش سرعت ذوب نمونه بستنی بیان کردند[۱۸]. پژوهش‌های قبلی نشان داد که با افزایش ویسکوزیته، نرمی بافت و سرعت ذوب شدن بستنی افزایش می‌یابد ولی سرعت هم زدن مخلوط بستنی کاهش می‌یابد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

Table 4 Results of ANOVA for melting rate (g/min) response

Source	df	Sum of squares	Mean square	F	P	Coefficient in terms of coded factors
Model	10	0.062	6.17E-03	14.54	< 0.0001	0.76
C	1	0.018	0.018	42.28	< 0.0001	0.033
AB	1	4.20E-03	4.20E-03	9.88	0.0051	-0.02
BC	1	1.66E-03	1.66E-03	3.9	0.0622	-0.013
A^2	1	0.013	0.013	29.77	< 0.0001	-0.018
B^2	1	4.28E-03	4.28E-03	10.08	0.0048	-0.011
C^2	1	0.015	0.015	35.58	< 0.0001	-0.02
ABC	1	6.34E-03	6.34E-03	14.93	0.001	-0.025
A^2C	1	1.50E-03	1.50E-03	3.52	0.0753	-0.015
AB^2	1	4.90E-03	4.90E-03	11.54	0.0029	-0.021
B^3	20	2.81E-03	2.81E-03	6.63	0.0181	-0.0033
Residual	3	8.49E-03	4.25E-04		-	
Lack of fit	17	9.20E-04	3.07E-04		0.5713	
Pure error	30	7.57E-03			-	

A: Replacing milk powder with white sesame flour (%), B: Vegetable oil (%), C: Panisol gum (%), R-Squared= 0.89

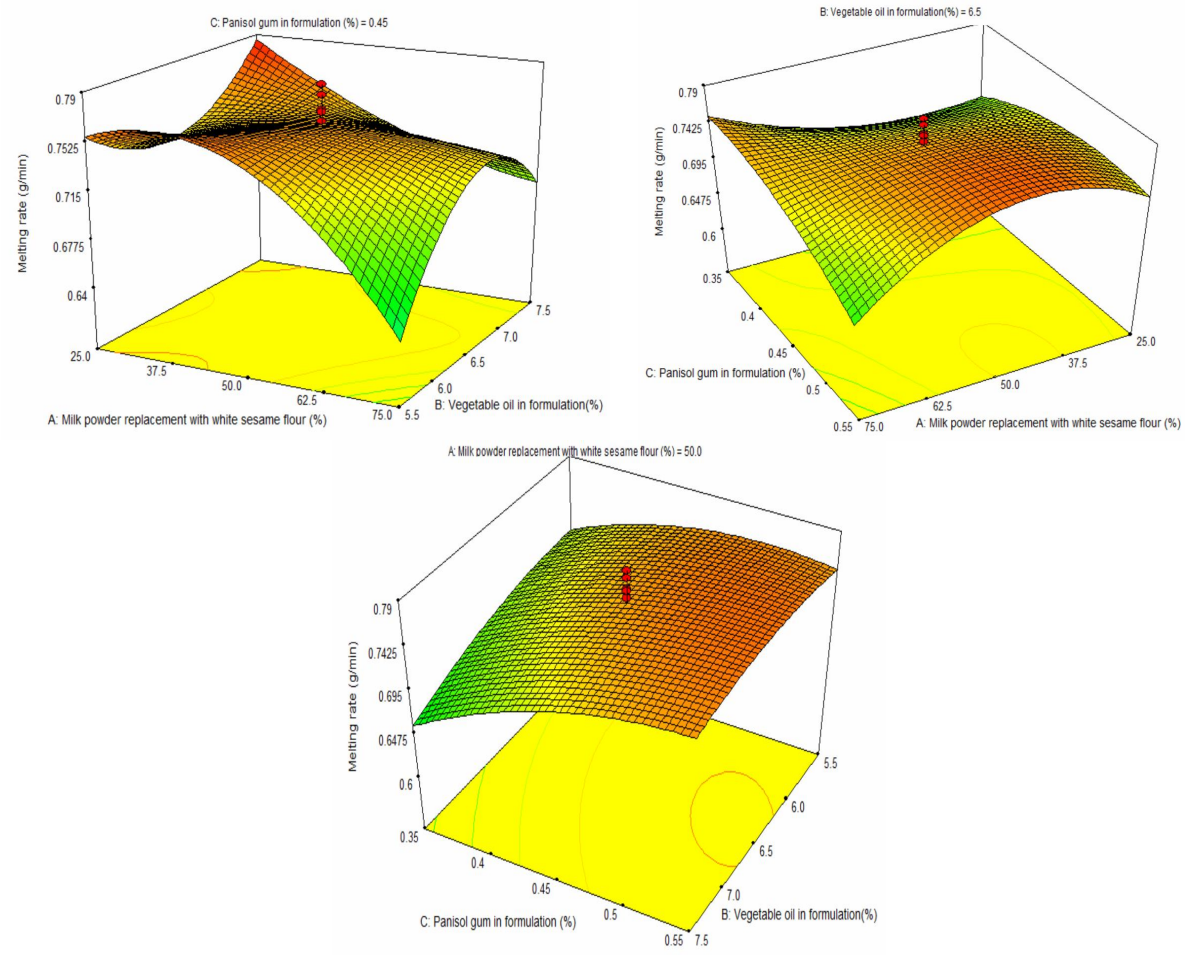

Fig 2 Interaction of replacing milk powder with white sesame flour , vegetable oil, and Panisol gum percentages on ice-cream melting rate(g/min)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

در نهایت می‌توان اینگونه اظهار داشت که ویسکوزیته بستنی بر سفتی بافت و نیز سرعت ذوب شدن بستنی تأثیرگذار است [۱۹]. نقش آرد کنجد در ارتباط با تقویت مقاومت به ذوب بستنی را می‌توان به توان امولسیفایری و خصوصیات فعال سطحی پروتئین‌ها و چربی‌های آن نسبت داد [۱۹].

به عبارت دیگر کنجد با ایجاد ویسکوزیته، موجب کاهش تحرک مولکول‌های آب و حرکت آزادانه آنها میان مولکول‌های مخلوط می‌شوند و بدین ترتیب باعث بهبود مقاومت به ذوب بستنی می‌شود. علاوه براین حضور مقادیر بالای پروتئین در آرد کنجد تأثیر به‌سزایی در پایدار شدن مولکول‌های هوا دارد. با توجه به محتوی بالای پروتئین موجود در کنجد می‌توان بیان داشت که گروه‌های عاملی هیدروفیل، آب آزاد بیشتری را به صورت آب هیدراسیون درآورده و با کاهش آب آزاد باعث افزایش ویسکوزیته در فاز غیرمنجمد (سرم) بستنی و در نتیجه افزایش مقاومت به ذوب می‌شوند. املاح موجود در کنجد نیز با افزایش پایداری امولسیون سبب افزایش مقاومت به ذوب می‌شوند[۲۰].

۳-۳- سفتی

در جدول (۲) مقادیر مختلف سفتی برای هر تیمار نشان داده شده است. همانطور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود مدل چند جمله‌ای درجه دوم برای میزان سفتی از نظر آماری معنی‌دار بوده، آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نمی‌باشد ($P>0.05$) که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. نتایج بدست آمده برایضریب تبیین ۰/۸۰ و ضریب تبیین اصلاح شده ۰/۷۲ بیانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش شده و دقت مدل می‌باشد.

Table 5 Results of ANOVA for hardness (g) response

Coefficient in terms of coded factors	P	F	Mean square	Sum of squares	df	Source
278.3	< 0.0001	23.18	1.49E+06	5.97E+06	4	Model
308.97	< 0.0001	47.48	3.06E+06	3.06E+06	1	A
-229.03	< 0.0001	26.09	1.68E+06	1.68E+06	1	C
96.29	0.0155	6.61	4.26E+05	4.26E+05	1	A^2
154.42	0.0003	17.01	1.09E+06	1.09E+06	1	C^2
			64339.8	1.87E+06	29	Residual
	0.1639	1.66	87015.57	8.70E+05	10	Lack of fit
			52405.18	9.96E+05	19	Pure error
				7.83E+06	33	Cortotal

A: Replacing milk powder with white sesame flour (%), B: Vegetable oil (%), C: Panisol gum (%), R-Squared= 0.80

آرد کنجد سفید دارای مقادیر بالایی پروتئین است، این بخش پروتئینی از طریق پیوندهای هیدروژنی میان گروه‌های آمید- هیدروکسیل و هیدروکسیل- کربونیل با گروه‌های قطبی سایر اجزای فرمولاسیون بستنی نظیر صمغ پانیسول موجب افزایش سفتی بستنی گردیده است. به علاوه احتمال تشکیل پیوندهای هیدروژنی، ناشی از تعامل‌های الکترواستاتیک بین گروه‌های باردار پروتئین آرد کنجد سفید با بخش باردار صمغ پانیسول وجود دارد، که این عامل نیز می‌تواند دلیلی بر افزایش سفتی بستنی در حضور آرد کنجد باشد[۲۱]. با توجه به ظرفیت نگهداری و جذب آب بالای هیدروکلوئیدها، افزایش غلظت پانیسول تا ۰/۵۵ درصد باعث نرم‌ترشدن بافت و کاهش سفتی بستنی می گردد. افزایش مقدار ویسکوزیته در اثر افزایش غلظت صمغ نیز تا حد مشخص، می‌تواند باعث کاهش مقدار سفتی بافت بستنی شود و افزایش بیشتر ویسکوزیته بدلیل کاهش افزایش حجم موجب افزایش سفتی بافت بستنی شود . سکولیس و همکاران در سال (۲۰۰۸) اذعان نمودند که افزایش غلظت صمغ باعث کاهش مقدار سفتی بافت بستنی می‌شود، آنها دلیل کاهش سفتی بافت را حبس مولکول‌های آب و توانایی کنترل کریستالیزاسیون در حین انجماد توسط هیدروکلوئیدها و افزایش مقدار هوادهی بیان کردند [۲۲].

۳-٤- مدول ظاهری

در جدول (۲) مقادیر مختلف سفتی برای هر تیمار نشان داده شده

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

است. همانطور که در جدول (٦) مشاهده می‌شود مدل چند جمله‌ای درجه دوم برای میزان سفتی از نظر آماری معنی‌دار بوده، آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نمی‌باشد (P>0.05) که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. نتایج بدست آمده برای ضریب تبیین ۰/۸۳ و ضریب تبیین اصلاح شده ۰/۸۱بیانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش شده و دقت مدل می‌باشد.

Table 6 Results of ANOVA for apparent modulus (g/sec) response

Coefficient in terms of coded factors	P	F	Mean square	Sum of squares	df	Source
38.77	< 0.0001	13.7	12211.1	48844.42	4	Model
26.72	< 0.0001	24.76	22078.81	22078.81	1	A
-29.05	< 0.0001	24.27	21635.89	21635.89	1	C
9.06	0.0537	4.08	3641.25	3641.25	1	A^2
16.46	0.003	10.69	9533.54	9533.54	1	C^2
			891.55	23180.29	26	Residual
	0.6763	0.74	735.88	7358.8	10	Lack of fit
			988.84	15821.49	16	Pure error
				72024.71	*30*	Cortotal

A: Replacing milk powder with white sesame flour (%), B: Vegetable oil (%), C: Panisol gum (%), R-Squared= 0.83

با افزایش درصد جایگزینی آرد کنجد سفید مدول ظاهری الاستیسیته افزایش یافته است. در واقع با افزایش غلظت پروتئین بستنی در اثر افزایش درصد جایگزینی آرد کنجد مدول ظاهری الاستیسیته افزایش می‌یابد که این می‌تواند بدلیل پیوندهای الکترواستاتیک و هیدورژنی باشد[۲۱].

۳-۵-چسبندگی

در جدول (۲) مقادیر مختلف چسبندگی برای هر تیمار نشان داده شده است. همانطور که در جدول(۷) مشاهده می‌شود مدل چند جمله‌ای درجه سوم برای میزان سفتی از نظر آماری معنی‌دار بوده، آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نمی‌باشد (P>0.05) که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. نتایج بدست آمده برای ضریب تبیین ۰/۹۱ و ضریب تبیین اصلاح شده ۰/۸۵بیانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش شده و دقت مدل می‌باشد.

Table 7 Results of ANOVA for adhesiveness(g.sec) response

Coefficient in terms of coded factors	P	F	Mean square	Sum of squares	df	Source
9.8	< 0.0001	28.26	17.66	141.3	8	Model
1.45	< 0.0001	108.05	67.54	67.54	1	A
0.61	0.0341	5.03	3.14	3.14	1	C
-0.38	0.0665	3.68	2.3	2.3	1	AB
-0.72	0.0012	13.36	8.35	8.35	1	AC
-0.46	0.0006	15.38	9.61	9.61	1	B^2
0.23	0.0575	3.96	2.48	2.48	1	C^2
0.77	0.0007	15.12	9.45	9.45	1	A^2B
-0.53	< 0.0001	32.92	20.58	20.58	1	C^3
			0.63	15.63	25	Residual
	0.8772	0.39	0.28	1.71	6	Lack of fit
			0.73	13.92	19	Pure error
				156.93	33	Cortotal

A: Replacing milk powder with white sesame flour (%), B: Vegetable oil (%), C: Panisol gum (%), R-Squared= 0.91

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

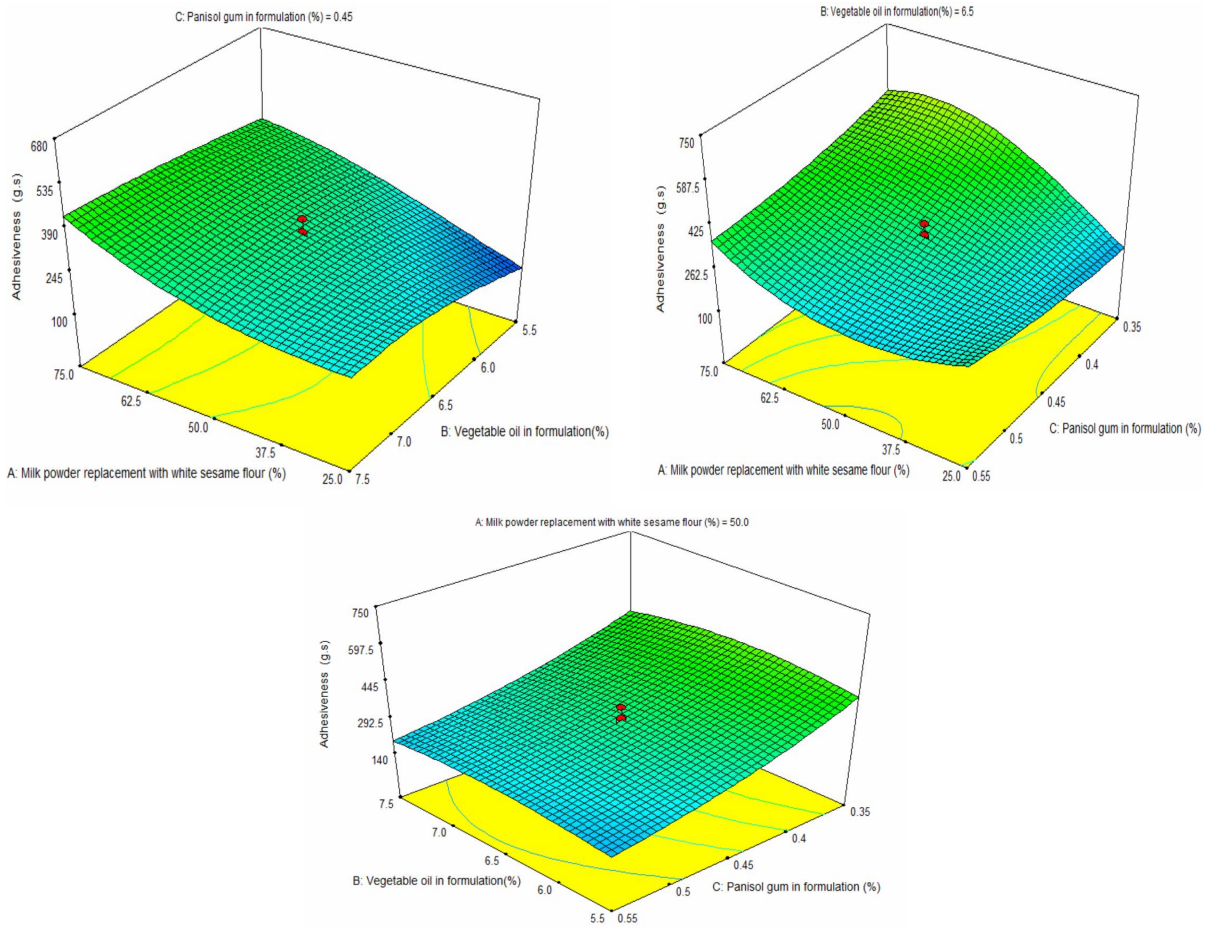

Fig 3 Interaction of Replacing milk powder with white sesame flour , vegetable oil, and Panisol gum percentages on ice-cream adhesiveness (g. sec)

اثر متقابل جایگزینی شیر خشک با آرد کنجد سفید، درصد روغن و صمغ پانیسول بر میزان چسبندگی در شکل(۳) مشاهده می‌شود. با افزایش درصد جایگزینی آرد کنجد سفید نیروی چسبندگی افزایش می‌یابد. آرد کنجد بدلیل دارا بودن شمار زیاد گروه‌های هیدروکسیل در ساختار خود، سبب حفظ و جذب مولکول‌های آب می‌گردد[۲۰]. توانایی بالای جذب آب کنجد بدلیل حضور مقادیر قابل توجه فیبر در آن می‌باشد، که اجازه تعامل بیشتر به آب از طریق پیوند هیدروژنی می‌دهد[۱۵]. در نتیجه آرد کنجد با داشتن گروه‌های قطبی، آب موجود در فرمولاسیون را در ساختار خود به دام انداخته و در نهایت منجر به افزایش انسجام و چسبندگی بستنی می‌شود. این احتمال نیز وجود دارد که بخش پروتئینی آرد کنجد از طریق پیوند هیدروژنی و تعامل‌های یون- دی پل و دی پل- دی پل با مولکول‌های آب موجود در نمونه اتصال برقرار کرده و از این طریق موجب کاهش فعالیت آب، افزایش انسجام و چسبندگی نمونه بستنی می‌گردد(۲۱) حضور صمغ‌ها در فرمولاسیون بستنی نیز با خاصیت جذب آب و تشکیل شبکه ژل مانند موجب تقویت انسجام و چسبندگی بستنی می‌شوند[۲۳].

۳-۶- بهینه‌یابی

شرایط عملیاتی بهینه برای تولید فرمولاسیون بستنی وانیلی با استفاده از جایگزینی شیر خشک با آرد کنجد سفید با به‌کارگیری تکنیک بهینه‌یابی عددی انجام شد. در این مطالعه هدف از بهینه‌یابی دستیابی به بالاترین درصد آوران و بیشترین مقاومت به ذوب که از شاخص‌های کیفی مهم بستنی در میزان پذیرش مصرف‌کنندگان از محصول است، بود. در جدول (۸) دامنه مقادیر بدست آمده برای فرایند بهینه‌یابی و هدف آن مشخص شده است. در نهایت متغیر بدست آمده برای بهینه‌یابی بصورت جدول (۹) بود که در زیر نشان داده شده است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

Table 8 The values used for optimization and its specificity or purpose

Independent variables & responses	Goal	Lower limit	Upper limit
Replacing milk powder with white sesame flour (%)	is in range	0	100
Vegetable oil (%)	is in range	4.5	8.5
Panisol gum (%)	is in range	0.25	0.65
Over run (%)	maximize	17.51	47.74
Melting rate (g/min)	minimize	0.541	0.6
Hardness (g)	maximize	60	300
Adhesiveness (g. sec)	maximize	100	300
Apparent modulus (g/sec)	minimize	4.5	55

Table 9 The results obtained from the optimization process

Apparent modulus (g/sec)	Adhesiveness (g. sec)	Hardness (g)	Melting rate (g/min)	Over run (%)	Panisol gum (%)	Vegetable oil (%)	Replacing milk powder with white sesame flour (%)	Treatments
5.40	200.87	299.25	0.598	31.68	0.49	6.1	0	Optimal formula 1
4.61	230.92	202.24	0.597	32.28	0.56	8.4	64	Optimal formula 2

٤- نتیجه‌گیری

حضور آرد کنجد در فرمول بستنی موجب بهبود خواص تأثیرگذار نظیر سفتی بافت، افزایش حجم و مقاومت به ذوب بستنی در ارتقاء بازارپسندی و پذیرش محصول توسط مصرف کنندگان گردید. با استفاده از روش سطح پاسخ غلظت‌های مطلوب آرد کنجد سفید، روغن و صمغ پانیسول بدست آمد. دو فرمول بهینه شامل بهینه ۱ (۰ درصد جایگزینی شیر خشک با آرد کنجد سفید،٦/١ درصد روغن گیاهی و٠/٤٩ درصد صمغ پانیسول) و بهینه ۲ (٦٤ درصد جایگزینی شیر خشک با آرد کنجد سفید، ٨/٤ درصد روغن گیاهی و ٠/٥٦ درصد صمغ پانیسول) معرفی گردید.

٥- منابع

[1]Arbuckle,W.S. (1986).Icecream,Fourth Edition, Van Nostrand Reinhold, NewYork.

[2] Walstera, P. (2012). Technology of milk dairy products. Translated by Mortazavi S.A., QodsRohani, M., Hedayand, H., 8ed. Mashhad Ferdousi university.[in Persian]

[3] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. (2016). Ice cream - Features and test methods. Standard No. 2450, Fifth Revision. Tehran, Iran. [in Persian]

[4] Clarke, C. (2012). The science of ice cream, Royal Society of chemistry. Cambridge, UK.

[5] Issariyachaikul K. 2008. Developement of modified fat ice cream products using inulin as a fat replacer. MahidolUniversity, Thiland, P. 87.

[6] Azeez, S.(2008). Vanilla. In: Parthasarathy, V.A., Chempakam, B., Zachariah, T.J.(Eds.), Chemistry of Spices. CABI Publishing, Wallingford, Kerala, India.

[7] Shafahi M., Moazedi A.A. (2008).The effect of sesame oil on blood cholesterol level in agedand young rats. . Medical Scientific Journal, Islamic Azad University Tehran Med Branch; 18(1):13-16. [in Persian]

[8] Evans, R.J., Bandemer, S.L. (1967). Nutritive value of some oil seed protein. Cereal Chemistry, 44, 417-426.

[9] Salunkhe, D.K. (1992).World Oilseeds, Chemistry, Technology and Utilization, VanNostrand Reinhold, New York.

[10] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. (2009). Ice cream - Features and test

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

methods. Standard No. 4937, Fifth Revision. Tehran, Iran.[in Persian]
[11] Hashemi, M.,Gheisari, H.,Shekarforoush, S. (2015). Evaluation of physicochemical, textural and sensorial characteristics of low-fat or low-sugar synbiotic icecream. Journal of food hygiene, 2(18): 71-81. [in Persian]
[12] Akesowan, A. (2009). Influence of soy protein isolate on physical and sensoryproperties of ice cream. Thai Journal of Agricultural Sciencei, 42(1):1-6.
[13] AmeriShahrabi A., Badii, F., Ehsani, M.R., Maftoonazad, N., Sarmadizadeh, D. (2012). Functional and thermal properties of chickpea and soy-protein concentrates and isolates. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology, 6(3): 49-58. [in Persian]
[14] Mahdian, E., Mazaheri Tehrani, M., Shahidi, F.(2011). Evaluation of the effect of soy flour on rheological properties of ice cream. Journal of Food Science and Technology, 8(13): 107-114. [in Persian]
[15] Gelroth J., Ranhotra G.R., Dreher, M.L. (2001). Handbook of dietary fiber, newyork:marcel dekkerinc.
[16] Bahramparvar, M., Haddad khodaparast, M.H., Mohammad Amini, A. (2009). Effect of substitution of carboxymethylcellulose and salep gums with Lallemantiaroyleana hydrocolloid on ice cream properties. Iranian Journal of Food Science and Technology Research, 4(1):37-47. [in Persian]
[17] Moeenfard, M., Tehrani, M.M. (2008). Effect of some stabilizers on the physicochemical and sensory properties of ice cream type frozen yogurt. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 4(5): 584-589.
[18] Sofjan, R.P., Hartel, R.W. (2004). Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. International Dairy Journal, 14(3): 255-262.
[19] Inyang, U.E., Nwadimkpa, C.U. (1992). Functional properties of de-hulled sesame (Sesamumindicum L.) seed flour. Journal of the American Oil Chemists Society, 69(8), 819-822.
[20] Damodaran, S. (2007). Inhibition of ice crystal growth in ice cream mix by gelatin hydrolysate. Journal of agricultural and food chemistry, 55(26): 10918-10923.
[21] Fatemi, H. (2008). Food Chemistry, Tehran Publishing Corporation, 1: 12-25. [in Persian]
[22] Soukoulis, C.H., Chandrinos, I.,Tzia, C.(2008). Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with k-carrageenan on storage quality of vanilla ice cream, LWT. Food Science and Technology, 41: 1816-1827.
[23] Akın, M.B., Akın, M.S., Kırmacı, Z. (2007). Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice cream. Food chemistry, 104(1): 93-99

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

Optimization of vanilla ice cream formulation by replacing powder milk with white sesame flour using response surface methodology

Kargar, K. [1], Goli, M. [2, 3*]

1. M. Sc., Department of Food Science&Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2. Associate Professor, Department of Food Science&Technology,Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
3. Associate Professor, Laser and Biophotonics in Biotechnologies Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

(Received: 2019/03/05 Accepted: 2020/09/02)

In this study, for producing new formula ice cream the replacing of milk powder with white sesame flour at different levels (0, 25, 50, 75, and 100%),percentage of formula vegetable oil (4.5, 5.5, 6.5, 7.5, and 8.5%) andPanisol gum (0.25, 0.35, 0.45, 0.55, and 0.65%) in ice cream formulation using response surface methodology(RSM)with central composite design, $\alpha = 2$ and five central points and two replicates in the other points was investigated. The optimization of the formulation was doneto maximizeoverrun (%) and adhesiveness (g. sec), optimum texture hardness (g) and lowest melting rate (g/min) and apparent modulus(g/sec) of ice cream. Two optimum formulas were including optimal formula1 (0% replacing white sesame flour, 6.1% vegetable oil and 0.49% Panisol gum) and optimal formula2 (64% replacing white sesame flour, 8.4% vegetable oil and 0.56% Panisol gum). Therefore, it recommended using white sesame flour in vanilla ice cream formula as a substitute for milk powder to improve textural properties.

Keywords: Vanilla ice cream, White sesame flour, Vegetable oil, Panisol gum, Textural properties

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.108.85]

* Corresponding Author E-Mail Address: mgolifood@yahoo.com