بهینه‌سازی فرمولاسیون سس فلفل قرمز بر پایه آرد دانه‌های کتان و چیا

مهسا گل باز[a]، فاطمه حسینمردی [*b]، علیرضا رحمن[c]

[a]کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[b]مربی گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[c]استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۰۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۱۰
https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1402.20.3.5.7 DOI: 10.30495/jftn.2023.71601.11237

چکیده

مقدمه: علاقه بسیاری از مصرف کنندگان به برخی از چاشنی‌ها از جمله سس فلفل و افزایش مصرف این اقلام خوراکی، محققین را بر آن داشته که ارزش تغذیه‌ای این گروه از فرآورده ها را بهبود بخشند. افزودن دانه کتان به رژیم غذایی روزانه سبب افزایش سلامتی قلب و سیستم گوارش، کنترل وزن و پیشگیری از سرطان می‌شود. دانه‌ی چیا نیز منبعی غنی از آنتی‌اکسیدان‌هایی مثل فلاونول‌ها، توکوفرول‌ها، فیتواسترول‌ها و کاروتنوئیدهاست. در پژوهش حاضر فرمولاسیون سس فلفل قرمز هالوپینو بر پایه آرد دانه‌های کتان و چیا معرفی و بهینه سازی شد.

مواد و روش ها: از باقیمانده پس از پرس سرد دانه‌های چیا و کتان مقادیر۰/۲۵تا ۱ درصد به سس اضافه شدو خواص فیزیکوشیمیایی وکالری تیمارها اندازه گیری شدند. بهینه سازی فرمولاسیون با استفاده از نرم افزار Design Expert، روش سطح پاسخ (RSM) و طرح مرکب مرکزی (CCD) انجام شد و نتایج سنجش pH، رطوبت، ویسکوزیته و کالری برای بهینه سازی فرمولاسیون تحلیل گردید . نمونه‌ی بهینه در سه تکرار، تولید و اعتبار سنجی آن انجام شد.

یافته‌ها: با افزایش میزان آرد کتان و چیا در سس، pH، ویسکوزیته و رطوبت افزایش و میزان کالری کاهش معنی‌داری داشت. در صورت استفاده از ۰/۴۶ درصد آرد چیا ، ۰/۵۹ درصد دانه کتان و صفر درصد زانتان می‌توان به pH برابر با ۴/۰۷، رطوبت ۲۶/۳۴ درصد، کالری برابر با ۳۲۰/۰۶ کیلوژول بر گرم و ویسکوزیته‌ای برابر باcp ۵۰ /۱۳۶۴ رسید که ضریب مطلوبیتی برابر با ۰/۷۹ داشت.

نتیجه گیری: با افزودن آرد دانه چیا و کتان به سس فلفل قرمز هالوپینو می‌توان فرآورده ای با ویژگی‌های عملکردی مناسب و ضریب مطلوبیت قابل قبول تولید نمود.

واژه‌های کلیدی: *آرد دانه کتان، ارزش تغذیه ای ،چیا، سس فلفل قرمز*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: FH5074@yahoo.com

مقدمه

یافته‌های علمی نشان داده‌اند که یک رژیم غذایی مناسب علاوه بر تأمین نیازهای تغذیه‌ای، می‌تواند سبب تحریک و بهبود عملکردهای فیزیولوژیکی مختلف در بدن شود، همچنین ممکن است در کاهش بیماری‌ها نیز موثر باشد (Bigliardi *et al*., 2013).

ضایعات به‌دست‌آمده از صنایع روغن‌های گیاهی فشرده سرد به دلیل داشتن پروتئین و کربوهیدرات بالا بدون هیچ گونه اثر حلال می‌تواند به عنوان منبع بالقوه اجزاء غذایی باارزش تغذیه‌ای مناسب در نظر گرفته شود (Srikaeo *et al*.,2017).

گیاه کتان یا بزرک با نام علمی *Linum Usitatissimum* از دسته گیاهان گلدار، رده دولپه‌ای‌ها، راسته *مالپیگیسانان*، تیره کتانیان، سرده کتان می‌باشد. افزودن دانه تخم کتان به رژیم غذایی روزانه سبب افزایش سلامتی قلب و سلامت سیستم گوارش می‌شود، از طرفی تخم کتان سبب کنترل وزن شده و پیشگیری کننده از سرطان نیز می‌باشند. خوردن تخم کتان ۳۰ دقیقه قبل از خوردن وعده غذایی سبب پُر شدن معده و احساس سیری در افراد شده و در نتیجه موجب کنترل اشتها و کم خوری می‌شود (Qiafeh Davoodi *et al*., 2016). تخم کتان سرشار از چربی‌های سالم، آنتی‌اکسیدان و فیبر می‌باشد و تحقیقات جدید نشان می‌دهند که می‌تواند در کاهش خطر دیابت، سرطان و بیماری‌های قلبی موثرباشد (Ixtaina *et al*., 2011). دانه کتان حاوی مقادیر قابل توجهی پلی‌ساکارید محلول درآب (موسیلاژ) می‌باشد و مشتمل بر مخلوطی از آرابینوکسیلان‌ها و پلی‌ساکاریدهای حاوی رامنوزاسیدی است و بعنوان هیدروکلوئید، قوام دهنده وعامل ایجاد ژل مورد توجه است.بعلاوه مصرف موسیلاژ آن برای کاهش قند خون وکلسترول در افراد دیابتی توصیه می‌شود و باعث افزایش دفع چربی ازطریق مدفوع می‌گردد (Basiri *et al*., 2018; Rosell *et al*., 2001).

چیا با نام علمی *Salvia hispanica* ، گیاهی متعلق به خانواده‌ی نعنائیان است. امروزه دانه‌های چیا به عنوان منبعی غنی از مواد مغذی و افزودنی بیولوژیکی، یکی از دانه‌های مورد علاقه در تکنولوژی صنایع غذایی محسوب می‌شود. به فیبرهای رژیمی محلول در آب دانه‌های چیا، موسیلاژ گفته می‌شود که با روش‌های مختلف اتانولی، اسیدی یا آبی استخراج می‌شود. موسیلاژ چیا حلالیت بسیار زیادی در آب داشته و با جذب آب تا چندین برابر وزن خود و با ایجاد یک ساختار ژل مانند، به عنوان یک جایگزین چربی بر پایه کربوهیدرات، برخی از خصوصیات و نقش‌های چربی را ایفا می‌کند. موسیلاژچیا حاوی پلی‌ساکاریدهای شاخه‌دار است که عمدتاً از D–گزیلوز، D-مانوز، D–آرابینوز، D–گلوکز، اسید گالاکتورونیک و اسید گلوکورونیک تشکیل شده‌اند. پلی ساکاریدهای شاخه دار محلول در آب و پروتئین دانه چیا اثرات امولسیون کنندگی و تثبیت کنندگی دارد و به عنوان یک امولسیفایر و تثبیت کننده طبیعی نیزدر فرمولاسیون‌های مختلف غذایی کاربرد بالقوه دارد (Akcicek *et al*., 2018). میزان پروتئین دانه‌های چیا، بین ۱۵ تا ۲۳ درصد است و شامل اسید آمینه‌های ضروری وغیرضروری مشتمل بر گلوتامیک اسید، آرژنین، آسپارتیک اسید، آلانین، فنیل آلانین، لوسین، سرین است. دانه‌های چیا منبع بسیار خوبی از روغن (۲۵ تا 40 درصد) نیز می‌باشندو روغن چیا به عنوان یک روغن شورتنینگ در خمیر کیک یا شیرینی منجر به هوادهی بیشتر و نرمی محصول می‌گردد (Ixtaina *et al*., 2011). با توجه به محتوای روغن دانه‌های چیا، یک منبع غنی از اسیدهای چرب چند غیر اشباعی[1] نظیر امگا- ۳ لینولنیک اسید (بیشتر از ۶۰ درصد) و امگا 6 - لینولئیک اسید (بیشتر از 20 درصد) می‌باشد. همچنین دانه‌ی چیا منبعی غنی از آنتی‌اکسیدان‌هایی نظیر فلاونول‌ها، کلروژنیک اسید، کافئیک اسید، میرستین، کوئرستین، کامفرول ،توکوفرول‌ها، فیتواسترول‌ها، کاروتنوئیدها بوده که وجود این ترکیبات نقش مهمی در پایین نگهداشتن سطح اتواکسیداسیون روغن چیا و افزایش زمان ماندگاری آن دارند (Moreira *et al*., 2019; Segura-Campos *et al*., 2013).

فلفل قرمز با نام علمی *Capsicum annuum* از خانواده بادمجانیان می‌باشد. این میوه به طور متوسط دارای ۱۱/۲ درصد آب، ۱/۵۵ درصد مواد ازته، ۱/۱۲ درصد اسانس‌های روغنی، ۳۵ درصد مواد غیر ازته قابل استخراج و ۲۰/۷۶ درصد سلولز و مواد دیگر و ۵/۱۷ درصد تا ۸ درصد خاکستر می‌باشد. طعم تند آن مربوط به ماده‌ای به

[1] PUFA (Poly unsaturated fatty acid)

نام *Capsaicine* است که فرمول شیمیایی آن $C_{18}H_{27}NO_3$ است. (Moreira *et al.*, 2019).
مصرف فلفل قرمز تند با کاهش خطر ابتلا به سرطان و بیماری‌های قلبی، کاهش اشتها، پیشگیری از کم خونی، سلامت چشم، تقویت سیستم ایمنی و کاهش کلسترول مرتبط است (Kaur *et al.*, 2022).

سس فلفل قرمز تند فرآورده ای است که به عنوان چاشنی و برای طعم دار کردن غذا کاربرد دارد و از مخلوط شدن قسمت های خوراکی فلفل سالم و مواد اصلی و اختیاری تشکیل دهنده، پس از فرآیند حرارتی مخلوط بدست می‌آید (Iranian National Standard No 5878).

در رابطه با جایگزینی چربی سس ها با موسیلاژ دانه‌های گیاهی مطالعات مختلفی انجام شده است. Akcicekو همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند روغن استخراجی از تفاله پرس سرد دانه چیا یک جایگزین چربی مناسب در فرمولاسیون سس‌های سالاد است (Akcicek *et al.*, 2018). همچنین استفاده از صمغ دانه زدو در غلظت‌های ۳ و۴ درصد بمنظور جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد چربی و استفاده از صمغ زانتان به عنوان امولسیفایر در سس سالاد نشان دادند که نمونه‌های سس رفتار سودوپلاستیک داشتند ولی نمونه‌های حاوی صمغ زدو نسبت به نمونه شاهد پایداری بالاتری نسبت به نمونه شاهد نشان دادند. همچنین جایگزینی ۲۵ درصد چربی سس با صمغ زدو تفاوت معناداری با نمونه‌های تجاری موجود در بازار نداشت (Mozafari *et al.*, 2019). طی بررسی استفاده از موسیلاژ صمغ دانه منداب *(Eruca Sativa Mill)* در دو سطح ۲ و ۴ درصد به عنوان یک جایگزین چربی جدید در تهیه سس‌های سالاد کم کالری،نتایج نشان دادند که نمونه‌ها با جایگزین چربی پایداری بالاتری نسبت به نمونه شاهد داشتند ولی خصوصیات حسی تفاوت معناداری با نمونه شاهد نداشتند (Akgül *et al.*, 2022).

هدف از پژوهش فوق استفاده از آرد دانه چیا و کتان در فرمولاسیون سس فلفل قرمز هالپینو به منظور معرفی یک فرآورده با ارزش تغذیه‌ای ارتقا یافته بود.برای این منظور، سطوح مختلفی از دانه‌های چیا و کتان (۰/۲۵تا ۱ درصد) در فرمولاسیون استفاده شد. سپس خواص فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی فرآورده مورد نظر مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

– مواد اولیه مورد استفاده

در این تحقیق فلفل هالوپینو[1] قرمز تند از مجتمع کشاورزی گل باز و دانه چیا رقم اسپانیایی و دانه کتان رقم بیوندا[2] نیز از موسسه تحقیقات نهال و بذر تهیه شد.

– آماده سازی پودر دانه چیا و کتان

باقیمانده حاصل از پرس سرد دانه چیا و کتان پس از خشک کردن و آسیاب نمودن، توسط الک با مش ۱۰۰ میکرومتر الک شده و در فرمولاسیون سس فلفل قرمز تند استفاده گردید (Akcicek *et al.*, 2018).

– تهیه تیمارهای سس فلفل

پس از تهیه فلفل قرمز تند از مجتمع کشاورزی گلباز نمونه‌های فلفل دمگیری و شستشو شدند. نمونه‌های فلفل پس از پخت از صافی عبور داده و به صورت پوره در آمدند. سپس سایر ترکیبات شامل فلفل ۷۸ درصد، سرکه ۳ درصد، نمک ۵ درصد، نشاسته ۱ درصد، زانتان ۱ درصد، شکر ۳ درصد، سیر ۰/۵ درصد و سبزیجات معطر ۵ درصد جهت تهیه تیمار شاهد به آن اضافه شد. کلیه تیمارها پس از تهیه، تحت فرایند پاستوریزاسیون با آب داغ (۹۰درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه) به روش بن ماری، قرارگرفته و بسته‌بندی آنها در ظروف شیشه‌ای بصورت داغ انجام شد. سپس تا دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد خنک و تا زمان اجرای آزمون در یخچال نگهداری شدند. تیمارهای پیشنهاد شده توسط نرم افزار Design Expert به همراه نتایج آزمون در جدول ۱ نشان داده شده است. تمامی نمونه‌های سس فلفل قرمز مطابق با فرمولاسیون‌های پیشنهاد شده تهیه و مورد آزمون قرار گرفت. متغیرهای مستقل دراین پژوهش شامل درصد آرد کتان ،درصد آرد چیا و درصد زانتان و متغیرهای وابسته شامل pH، درصد رطوبت، مقدار ویسکوزیته و میزان کالری کل تیمارها بودند.

[1] Jalapeño Pepper
[2] Bionda

- **ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی**

- **اندازه‌گیری pH:** برای اندازه‌گیری pH نمونه‌های سس فلفل قرمز تند از دستگاه pH متر مدل ۶۲۲ (شرکت Metrohem) استفاده شد.

- **اندازه‌گیری درصد رطوبت:** اندازه‌گیری درصد رطوبت به روش آون گذاری و مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۸ سال ۱۳۹۵ انجام شد.

- **سنجش میزان کالری کل:** میزان کالری کل با استفاده از بمب کالریمتری با روش اختصاصی دستگاه با استفاده از اکسیژن و آزاد شدن انرژی در اثر سوختن نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت و با واحد کیلوژول بر گرم گزارش گردید. (zeinalzadeh *et al*,2014).

- **اندازه گیری ویسکوزیته:** ویسکوزیته نمونه‌های آماده با استفاده از رئومتر تنش ثابت (Brookfield, LV, II-DV, Viscosimeper, VSA) مجهز به اسپیندل ULA، اندازه‌گیری شد (Juszczak *et al*. 2013).

- **بهینه سازی فرمولاسیون**

بهینه‌سازی فرمولاسیون با استفاده از نرم‌افزار Design Expert، روش سطح پاسخ (RSM) و طرح مرکب مرکزی (CCD) انجام شد و نتایج سنجش pH، رطوبت، ویسکوزیته و کالری برای بهینه سازی فرمولاسیون تحلیل گردید . نمونه‌ی بهینه در سه تکرار، تولید و اعتبار سنجی شد.

یافته‌ها

- **سنجش pH**

جدول ۲ نتایج تجزیه و تحلیل مدل برآورد شده و همچنین تاثیر فاکتورهای ورودی بر pH را نشان داده است، مطابق با نتایج بیان شده در جدول، مدل برآوردشده از تابع درجه دوم پیروی کرده است.

همان گونه که از جدول۲ استنباط می‌شود فاکتورهای میزان آرد دانه چیا، کتان و زانتان به صورت مستقل و در برهمکنش با هم تاثیر معنی داری در سطح اطمینان بیش از ۹۹٪ بر تغییرات pH داشته است.

همان گونه که شکل ۱ نشان می‌دهد، با افزایش آرد دانه چیا و آرد دانه کتان در فرمولاسیون سس قرمز، میزان pH، تا نقاط مرکز کاهش و در ادامه افزایش یافته و بیشترین میزان pH در بالاترین میزان آرد دانه چیا و دانه کتان است که در این شرایط میزان زانتان بر روی ۰/۵ درصد ثابت نگهداشته شده است. تغییرات مشاهده شده مطابق با نتایج آنالیز واریانس معنی‌دار بوده است، در جدول ۳ ضرایب برازش مدل، بیان شده است که حاکی از اعتبار بالای مدل است.

- **ارزیابی درصد رطوبت**

جدول ۴ نتایج تجزیه و تحلیل واریانس مدل برآورد شده برای میزان رطوبت را نشان می‌دهد، مطابق با نتایج گزارش شده، مدل برآورد شده، درجه دوم بوده و تاثیر تمام پارامترها به غیر از برهمکنش کتان و زانتان بر مدل، در سطح اطمینان ۹۹٪ بر میزان رطوبت تاثیر معنی‌دار داشته است.

جدول ۱- فرمول‌های پیشنهاد شده با هدف تولید سس فلفل قرمز هالوپینو بر پایه آرد کتان و چیا و پاسخ‌های حقیقی آزمون

Table 1- Suggested formulas with the aim of producing Jalapeño Pepper Sauce Based on Flaxseed and Chia Powder and the actual answers of the test

Run	Space Type	A:chia (٪)	B:cotten (٪)	C:xantan (٪)	pH	Moisture (٪)	Calorie (kJ/g)	Viscosity (cp)
1	Center	0. 5	0. 5	0. 5	4. 9	30. 7	315. 8	1350
2	Center	0. 5	0. 5	0. 5	4. 99	30. 6	315. 8	1348
3	Center	0. 5	0. 5	0. 5	4. 99	30. 65	315. 8	1357
4	Factorial	0	0	0	3. 00	29	345. 467	1244
5	Factorial	1	1	0	5. 30	33. 5	295. 467	1485
6	Axial	0. 75	0. 5	0. 5	5. 12	33. 8	306. 244	1470
7	Axial	0. 5	0. 75	0. 5	4. 96	33. 5	312. 856	1410
8	Axial	0. 5	0. 25	0. 5	5. 04	31. 8	318. 744	1391
9	Center	0. 5	0. 5	0. 5	4. 99	30. 5	315. 8	1335
10	Factorial	0	1	1	4. 7	31	324. 356	1290
11	Factorial	1	0	1	5. 10	31. 4	297. 911	1405
12	Axial	0. 25	0. 5	0. 5	5. 02	32. 5	325. 356	1320
13	Axial	0. 5	0. 5	0. 75	4. 8	20. 01	313. 467	1350
14	Axial	0. 5	0. 5	0. 25	4. 72	32. 5	318. 133	1320
15	Center	0. 5	0. 5	0. 5	4. 99	30. 8	315. 8	1340

جدول ۲- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس مدل و ضرایب پاسخ pH

Table 2- Results of model Variance Analysis and Response Coefficients-pH

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	3. 97	9	0. 4410	2. 642E+05	< 0. 0001	significant
A-chia (%)	0. 0050	1	0. 0050	2995. 58	< 0. 0001	
B-flaxseed (%)	0. 0032	1	0. 0032	1917. 17	< 0. 0001	
C-xantan (%)	0. 0025	1	0. 0025	1524. 19	< 0. 0001	
AB	0. 0404	1	0. 0404	24195. 17	< 0. 0001	
AC	0. 1358	1	0. 1358	81361. 39	< 0. 0001	
BC	0. 1481	1	0. 1481	88720. 59	< 0. 0001	
A^2	0. 0241	1	0. 0241	14429. 83	< 0. 0001	
B^2	0. 0012	1	0. 0012	709. 67	< 0. 0001	
C^2	0. 1499	1	0. 1499	89800. 40	< 0. 0001	
Residual	8. 346E-06	5	1. 669E-06			
Lack of Fit	8. 346E-06	1	8. 346E-06			
Pure Error	0. 0000	4	0. 0000			
Cor Total	3. 97	14				

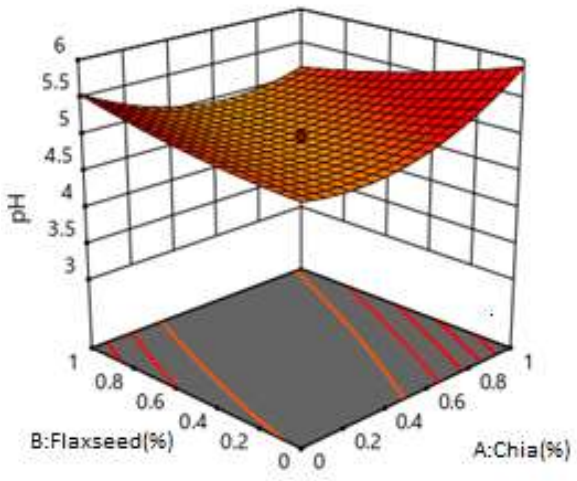

Figure 1- 3D Image of the effect of Flaxseed and Chia Flour percent on pH

شکل ۱- تصویر سه بعدی تاثیر میزان درصدآرد دانه کتان و چیا بر میزان pH

جدول ۳- ضرایب برازش مدل‌های پیشنهاد شده در نرم افزار Design Expert

Table 3- The Fit coefficients of the proposed models in the Design Expert Software

	pH	Moisture (%)	Energy (kj/g)	Viscosity (cp)
R^2	0. 99	0. 99	334	1. 00
Adjusted R^2	0. 98	0. 99	314	0. 98
Predicted R^2	0. 97	0. 98	280	0. 91
Adeq Precision	2180. 3626	168. 04	654. 8	473. 80

با توجه به اطلاعات بدست آمده از جدول تجزیه واریانس، اختلاف معنی دار در میزان pH نمونه‌های سس فلفل قرمز مشاهده گردید. روند تغییرات pH سس فلفل قرمز در شکل ۱ نشان داده شده است. با افزایش درصد دانه کتان و چیا میزان pH تیمارها به طور معنی‌داری افزایش داشتند.

مقدار غیر معنادار lack of fit نیز نشان از کارایی بالای مدل دارد که با توجه به میزان R^2 و Adjusted R^2 اعتبار بالای مدل جهت پیش بینی میزان رطوبت با توجه به مدل نهایی تایید می‌شود.

در شکل ۲ مشخص است که بالاترین میزان رطوبت در بالاترین مقادیر دانه کتان به تنهایی و بالاترین مقادیر دانه چیا به تنهایی می‌باشد و کمترین میزان رطوبت در

پایین‌ترین میزان دانه چیا و دانه کتان است و رطوبت تیمارهای سس فلفل قرمز حاوی دانه کتان و چیا تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند ($p\leq$۰/۰۵).

– ارزیابی سنجش کالری

تاثیر فاکتورهای ورودی فرمولاسیون بر میزان کالری نمونه‌های سس فلفل قرمز در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ٤- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس مدل و ضرایب پاسخ- رطوبت

Table 4- Results of model Variance Analysis and Response Coefficients – Moisture

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	150. 53	9	16. 73	1656. 15	< 0. 0001	significant
A-chia(%)	0. 8450	1	0. 8450	83. 67	0. 0003	
B-flaxseed(%)	1. 45	1	1. 45	143. 08	< 0. 0001	
C-xantan(%)	78. 00	1	78. 00	7723. 41	< 0. 0001	
AB	69. 06	1	69. 06	6837. 80	< 0. 0001	
AC	0. 2025	1	0. 2025	20. 05	0. 0065	
BC	0. 0025	1	0. 0025	0. 2475	0. 6399	
A^2	18. 81	1	18. 81	1862. 18	< 0. 0001	
B^2	12. 07	1	12. 07	1194. 99	< 0. 0001	
C^2	57. 15	1	57. 15	5659. 07	< 0. 0001	
Residual	0. 0505	5	0. 0101			
Lack of Fit	0. 0005	1	0. 0005	0. 0397	0. 8518	not significant
Pure Error	0. 0500	4	0. 0125			
Cor Total	150. 58	14				

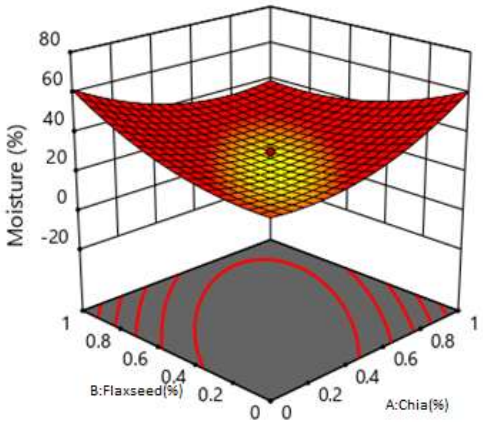

Figure 2- 3D Image of the effect of Flaxseed Flour and Chia Flour percent on Moisture

شکل ۲- تصویر سه بعدی تاثیر میزان درصدآرد دانه کتان و آرد چیا بر میزان رطوبت

جدول ۵- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس مدل و ضرایب پاسخ -کالری(KJ/g)

Table 5- Results of model Variance Analysis and Response Coefficients - Calorie (KJ/g)

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	1892. 23	9	210. 25	12569. 53	< 0. 0001	Significant
A-chia(%)	175. 89	1	175. 89	10515. 18	< 0. 0001	
B-flaxseed(%)	18. 00	1	18. 00	1076. 12	< 0. 0001	
C-xantan(%)	12. 50	1	12. 50	747. 30	< 0. 0001	
AB	0. 0536	1	0. 0536	3. 20	0. 1335	
AC	0. 0029	1	0. 0029	0. 1724	0. 6952	
BC	0. 0519	1	0. 0519	3. 10	0. 1385	
A^2	0. 0194	1	0. 0194	1. 16	0. 3310	
B^2	0. 2628	1	0. 2628	15. 71	0. 0107	
C^2	0. 1225	1	0. 1225	7. 33	0. 0424	
Residual	0. 0836	5	0. 0167			
Lack of Fit	0. 0516	1	0. 0516	6. 45	0. 0639	not significant
Pure Error	0. 0320	4	0. 0080			
Cor Total	1892. 32	14				

با توجه به اطلاعات بدست آمده از جدول تجزیه و تحلیل واریانس مشخص شد که مدل ارائه شده برای تخمین میزان کالری نمونه‌های سس فلفل قرمز در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار بوده و مدل ارائه شده از توابع درجه دوم پیروی کرده است و فاکتورهای ورودی به صورت مستقل و با توان دوم، بر مدل تاثیر معنی‌دار داشته است، Lack of fit غیر معنی‌دار در نتایج تجزیه و تحلیل واریانس، بیانگر کارایی بالای مدل است. چگونگی تاثیر پارامترهای ورودی بر میزان کالری در شکل ۳ نشان داده شده است.

همانطورکه در شکل۳ مشاهده می‌شود، با افزایش میزان دانه کتان و چیا در فرمولاسیون سس فلفل قرمز در مقایسه با تیمار شاهد میزان کالری تیمارها بطور معنی‌داری کاهش یافت ($p\leq ۰/۰۵$). کمترین میزان کالری در بالاترین سطوح آرد دانه چیا و کتان مشاهده شده است.

– سنجش ویسکوزیته

با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۶) مدل ارائه شده برای ارزیابی میزان ویسکوزیته نمونه‌های سس فلفل قرمز در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار بوده است.

مدل پیشنهاد شده خطی بوده است و تنها پارامتر تاثیر گذار، درصدآرد دانه چیا و آرد دانه کتان بود که در شکل ۴، تغییرات میزان ویسکوزیته مشاهده می‌شود.

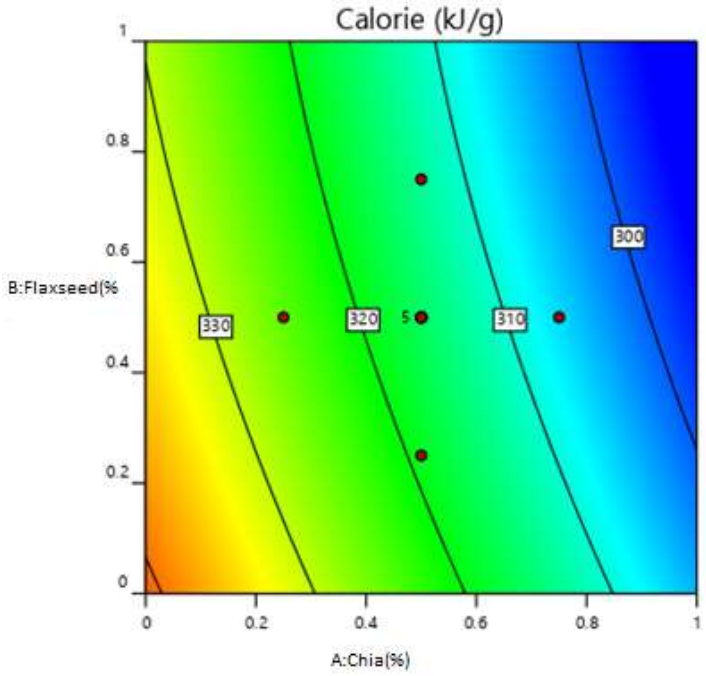

Figure 3- The effect of Flaxseed Flour and Chia Flour percent on the amount of Calorie.

شکل ۳- تاثیر میزان درصد آرد دانه کتان و آرد چیا بر میزان کالری

جدول ٦- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس مدل و ضرایب پاسخ- ویسکوزیته(cp)

Table 6- Results of model Variance Analysis and Response Coefficients - Viscosity (cp)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	45440. 50	3	15146. 83	15. 59	0. 0003	significant
A-chia(%)	41280. 22	1	41280. 22	42. 48	< 0. 0001	
B-cotton(%)	4080. 06	1	4080. 06	4. 20	0. 0651	
C-xantan(%)	80. 22	1	80. 22	0. 0826	0. 7792	
Residual	10689. 50	11	971. 77			
Lack of Fit	10391. 50	7	1484. 50	19. 93	0. 058	Not significant
Pure Error	298. 00	4	74. 50			
Cor Total	56130. 00	14				

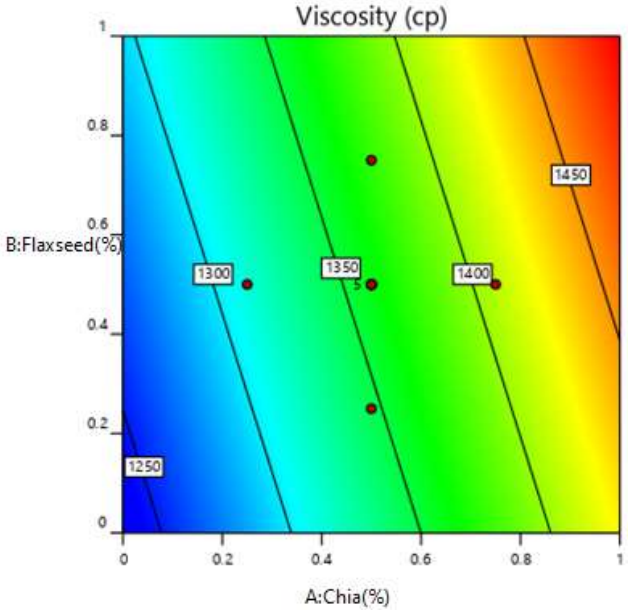

Figure 4- The effect of Flaxseed Flour and Chia Clour percent on viscosity

شکل ٤- تاثیر میزان درصد آرد دانه کتان و آرد چیا بر ویسکوزیته

روند تغییرات ویسکوزیته سس فلفل قرمز در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطورکه در شکل۴ مشاهده می‌شود، استفاده از دانه چیا و کتان به طور معنی‌داری میزان شاخص ویسکوزیته تیمارهای سس فلفل قرمز را افزایش داد ($p\leq$۰/۰۵). بالاترین میزان ویسکوزیته در نمونه‌های تولید شده با بالاترین میزان آرد دانه چیا و دانه کتان مشاهده شد که مطابق با جدول تجزیه و تحلیل واریانس این تغییرات معنی‌دار بوده است.

- بهینه سازی فرمولاسیون

توابع نهایی برای پیش بینی پارامترهای pH، رطوبت، کالری و ویسکوزیته با حذف مقادیر غیر معنادار در جدول ۷ نشان داده شده است.

برای رسیدن به فرمول بهینه سس فلفل قرمز، میزان pH و رطوبت در دامنه در نظر گرفته شد، میزان کالری به صورت حداقل، هدف گذاری شد و میزان ویسکوزیته هم بر روی میانگین ویسکوزیته (۱۲۴۴سانتی پواز) تنظیم شد. در اینصورت با استفاده از ۰/۴۶ درصدآرد چیا، و ۰/۵۹درصددانه کتان و صفر درصد زانتان با ضریب مطلوبیتی برابر با ۰/۷۹ می‌توان به pH برابر با ۴/۰۷، رطوبت ۲۶/۳۴ درصد، کالری برابر با ۳۲۰/۰۶ کیلوژول بر گرم و ویسکوزیته‌ای برابر با ۱۳۶۴/۵۰ سانتی پواز رسید. که در شکل ۵ نشان داده شده است.

برای بررسی فرمول پیشنهادی سس فلفل قرمز، فرمول پیشنهادی تولید و پاسخ‌ها در سه تکرار انجام شد و نتایج پاسخ‌ها نزدیک به پاسخ‌های پیش بینی شده بود که همین امر اعتبار مدل را نشان می‌دهد.

بحث

با افزایش آرد دانه چیا و آرد دانه کتان در فرمولاسیون سس فلفل قرمز، میزان pH، تا نقاط مرکز کاهش و در ادامه افزایش یافته و بیشترین میزان pH در بالاترین میزان آرد دانه چیا و دانه کتان مشاهده شد که در این شرایط میزان زانتان بر روی ۰/۵ درصد ثابت نگهداشته شده است. استفاده از دانه چیا به دلیل محدوده pH آن (در حدود ۶/۵-۷) می‌تواند میزان pH تیمارهای سس فلفل قرمز را به طور معنی‌داری افزایش دهد و با افزایش درصد دانه چیا در فرمولاسیون میزان pH تیمارهای سس فلفل قرمز افزایش یافت. در یک بررسی، نتایج جایگزینی چربی با صمغ دانه ریحان و تاراگاکانت در تهیه سس مایونز کم چرب نشان دادند که تا ۳۰ روز از زمان تولید، تفاوت معنادار در میزان pH نمونه‌ها مشاهده نشد ،سپس تا روز ۹۰ روند افزایش pH در تمامی تیمارها مشاهده شد. (Johary *et al.*, 2015). در پژوهش دیگری افزایش pH سس کچاپ حاوی پودر هسته خرما طی ۶ ماه زمان نگهداری گزارش شد (Alqahtani, 2020). البته در بررسی بهینه‌سازی

فرمولاسیون سس کچاپ تهیه شده با سطوح ۱ و ۲ درصد دانه گوجه فرنگی، نتایج نشان دادند که با افزودن پودر پالپ و دانه گوجه فرنگی تأثیر معناداری در pH تیمارها طی ۵ ماه نگهداری اتفاق نمی‌افتاد (Mesbahi, 2009; Farahnaky *et al*. 2008).

بالاترین میزان رطوبت در بالاترین مقادیر دانه کتان به تنهایی و بالاترین مقادیر دانه چیا به تنهایی مشاهده شد و کمترین میزان رطوبت در پایین‌ترین میزان دانه چیا و دانه کتان بوده و رطوبت تیمارهای سس فلفل قرمز حاوی دانه کتان و چیا تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند ($p\leq$۰/۰۵). به نظر می‌رسد که وجود تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار فیبر از طریق ایجاد پیوندهای هیدروژنی در افزایش جذب آب محصول نقش داشته باشد (Juszczak *et al*., 2013). همچنین این انتظار می‌رفت که با افزایش درصد استفاده از آرد کتان به دلیل افزایش درصد فیبر و گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار فیبر میزان درصد رطوبت تیمارهای سس فلفل قرمز افزایش یابد.

در یک پژوهش، افزودن پودر دانه بزرک در فرمولاسیون سس مایونز کم چرب از ۴ به ۶ درصد، موجب کاهش معنی‌دار رطوبت تیمارها شد (Shirmohammadi *et al*., 2014). تحقیق دیگری نیز نشان داد که افزودن صمغ دانه ریحان و تاراگاکانت سبب کاهش محتوی رطوبتی در تیمارهای سس مایونز کم چرب شد (Johary *et al*., 2015) که با نتایج این تحقیق هم خوانی نداشته است.

جدول ۷- مدل‌های پیشنهادشده توسط نرم افزار Design Expert

Table 7- Suggested models by Design Expert Software

Response	Model
pH	$4.99+0.1A-0.08B+0.07C-0.3AB-0.5BC+0.3A^2+0.07B^2-0.8C^2$
Moisture(%)	$30.64+1.30A+1.70B-12.49C-12.46AB+10.05A^2+8.05B^2-17.53C^2$
Calorie(kJ/g)	$315.77-18.76A-6.0B+5.0C+1.19B^2-0.8C^2$
Viscosity(cp)	$1361.0+95.78A+30.11B$

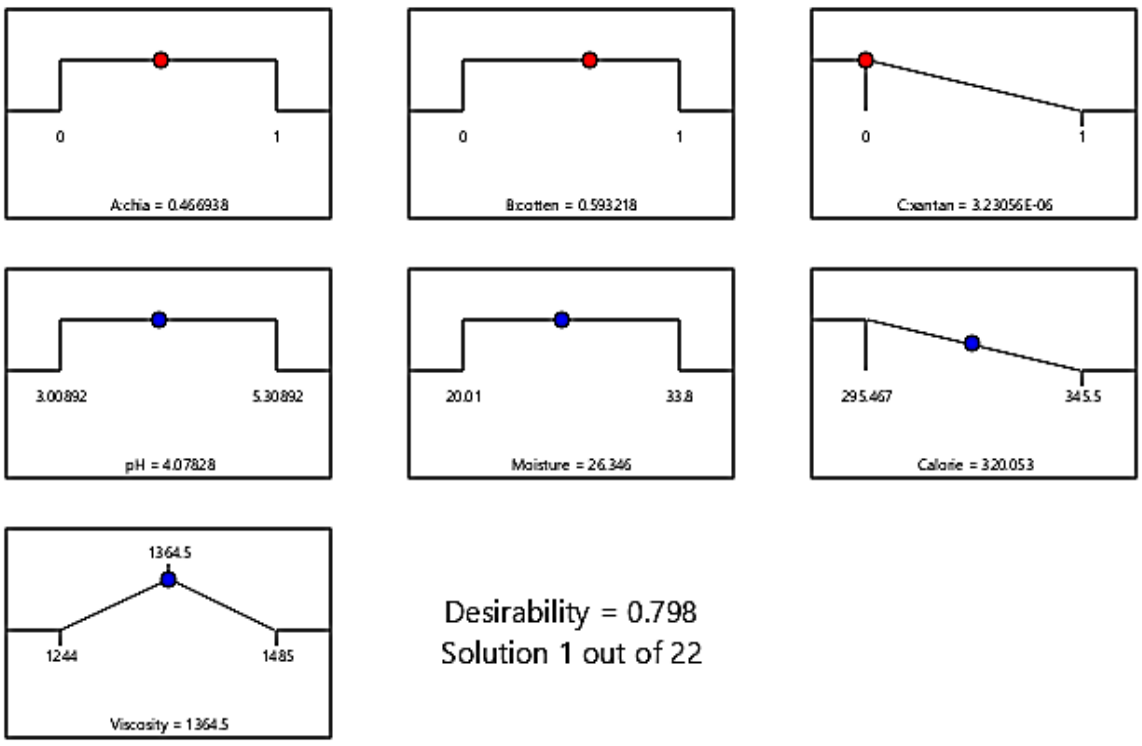

Figure 5- Optimum Formulation of Red Pepper Sauce

شکل ۵- فرمولاسیون بهینه سس فلفل قرمز

میزان کالری تیمارهای سس فلفل قرمز به دلیل وجود ترکیبات دارای فیبر کاهش می‌یابد. زیرا که این ترکیبات توانایی جذب آب بالایی داشته و در محیط آبی با اسیدیته پایین مانند سس فلفل، ترکیبات قندی تدریجا هیدرولیز شده و به ترکیبات اسیدی و اسیدهای آلی تبدیل می‌شوند که علاوه بر تغییرات در اسیدیته محصول می‌تواند میزان کالری تیمارهای سس فلفل را به جهت کاهش میزان قند نمونه کاهش دهد. با افزایش میزان درصد استفاده از این ترکیبات و میزان درصد آب آزاد و تجزیه بیشتر ترکیبات قندی به اسیدهای آلی میزان کالری این ترکیبات بطور معنی‌داری کاهش یافت. در یک پژوهش نیز، تیمارهای سس مایونز کم چرب حاوی پودر صمغ دانه ریحان و صمغ تارگاکانت کالری کمتری نسبت به تیمار شاهد داشتند و با افزایش درصد صمغ در فرمولاسیون سس مایونز میزان کالری تیمارها کاهش بیشتری نشان دادند (Johary *et al*., 2015).

استفاده از دانه چیا و کتان به طور معنی‌داری میزان شاخص ویسکوزیته تیمارهای سس فلفل قرمز را افزایش داد و بالاترین میزان ویسکوزیته در نمونه‌های تولید شده با بالاترین میزان آرد دانه چیا و دانه کتان مشاهده شد که مطابق با جدول تجزیه و تحلیل واریانس این تغییرات معنی‌دار بوده است. از آنجائیکه این ترکیبات توانایی جذب آب را دارند، با افزایش درصد جذب آب به دلیل افزایش میزان حضور چیا و دانه کتان و دارا بودن میزان درصد فیبر بالا میزان ویسکوزیته نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت. با افزایش میزان فیبر، ظرفیت اتصال آب در تیمارها افزایش می‌یابد در نتیجه افزایش ویسکوزیته را به دنبال دارد (Askari, 2019). بطورکلی هیدروکلوئیدهای خنثی مثل موسیلاژ دانه کتان در افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته امولسیون‌ها موثرند (Hansen, 1993). در یک پژوهش که از مخلوط کربوکسی متیل سلولز (۰/۳درصد) و موسیلاژ دانه کتان (۰/۶درصد) درماست همزده استفاده گردید ملاحظه شد که افزودن ترکیبی این دوماده به ماست باعث افزایش معنی دار ویسکوزیته می‌گردد. درحالیکه افزودن هریک از دوماده فوق به تنهایی تاثیر معنی داری بر ویسکوزیته ماست ندارد (Basiri *et al*., 2018). افزایش ویسکوزیته بدلیل اثرات متقابل بین پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌های موجود در فرآورده می‌باشد. (Sodini *et al*., 2002)

در یک پژوهش دیگری نیز نشان داده شد که استفاده از نشاسته اصلاح شده از منابع مختلف در فرمولاسیون سس کچاپ افزایش ویسکوزیته تیمارها را به دنبال داشت. با بررسی ویسکوزیته تیمارها طی ۶۰ روز نگهداری، به دلیل افزایش تبخیر و تبادلات با محیط اطراف، از میزان ویسکوزیته تیمارهای سس فلفل قرمز کاسته شد. اما میزان کاهش ویسکوزیته تیمارهای سس فلفل قرمز که دارای مقادیر بالاتری از چیا و دانه کتان بودند، دارای قابلیت نگهداری آب بالاتری بوده و در طی زمان، به میزان کمتری رطوبت خود را از دست داده و کمترین میزان افت رطوبت در تیمار ۱ درصد سس فلفل قرمز مشاهده شد (Juszczak *et al*., 2013).

تحقیق دیگری نشان داد که با استفاده از پودر هسته خرما در تهیه سس کچاپ، ابتدا ویسکوزیته تیمارها به دلیل افزایش ظرفیت اتصال آب افزایش و سپس کاهش ویسکوزیته تا انتهای دوره نگهداری مشاهده شد (Alqahtani *et al*., 2020).

همچنین در بررسی بهینه‌سازی فرمولاسیون سس کچاپ حاوی تفاله گوجه فرنگی، نتایج نشان دادند که علت افزایش ویسکوزیته در سس، افزایش میزان مواد فیبری، پروتئین و ماده خشک درنتیجه اضافه کردن تفاله گزارش شد (Mesbahi, 2009).

با استفاده از ۰/۴۶ درصدآرد چیا، و ۰/۵۹ درصد دانه کتان و صفر درصد زانتان با ضریب مطلوبیتی برابر با ۰/۷۹ می‌توان به فرمول بهینه با pH برابر با ۴/۰۷، رطوبت ۲۶/۳۴ درصد، کالری برابر با ۳۲۰/۰۶ کیلوژول بر گرم و ویسکوزیته‌ای برابر با ۱۳۶۴/۵۰ سانتی پواز رسید.

نتیجه‌گیری

استفاده از دانه‌های چیا و کتان، علاوه بر تولید محصولاتی با ارزش تغذیه ای بهتر، به نوآوری در تولید سس فلفل کمک شایان توجهی می‌نماید. در این تحقیق مقادیر متفاوت آرد دانه چیا و آرد دانه کتان (پس از جداسازی سرد روغن) در سس فلفل قرمز اضافه شدند. نتایج آزمون با استفاده از نرم افزار Design Expert، روش RSM و طرح CCD مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمون

نشان داد که با افزودن دانه چیا و کتان، درصد رطوبت، ویسکوزیته و pH به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p\leq$۰/۰۵) و میزان کالری کاهش یافت. نمونه بهینه با استفاده از ۰/۴۶ درصد آرد چیا، ۰/۵۹درصد آرد دانه کتان و صفر درصد زانتان خواهد بود که ضریب مطلوبیتی برابر با ۰/۷۹ داشت که قابل قبول می‌باشد بنابراین با افزودن دانه چیا و کتان به سس فلفل قرمز هالوپینو می‌توان فرآورده ای با ارزش تغذیه‌ای ارتقاء یافته مناسب و ضریب مطلوبیت قابل قبول تولید نمود.

منابع

Akcicek, A. & Karasu, S. (2018). Utilization of cold pressed chia seed oil waste in a low-fat salad dressing as natural fat replacer. Journal of Food Process Engineering, 41(5), DOI: 10. 1111/jfpe. 12694.

Akgül, C., Akcicek, A., Karadağ, A. & Karasu, S. (2022). Formulation optimization of low-fat emulsion stabilized by rocket seed (Eruca Sativa Mill) gum as novel natural fat replacer: effect on steady, dynamic and thixotropic behavior. Acta Scientiarum Technology, 44(1) https://doi. org/10. 4025/actascitechnol. v44i1. 56006

Alqahtani, N. K. (2020). Physico-Chemical and Sensorial Properties of Ketchup Enriched with Khalas Date Pits Powder. The Scientific Journal of King Faisal University, 21 (1), 172-176.

Anon. (2017) Chocolate - Specifications and test methods. Iranian National Standardization Organization, No 6 7th. Revision. [In Persian]

Anon. (2016) Hot Papper Sauce Specifications and test methods. Iranian National Standardization Organization, No 5878 1st. Revision. [In Persian]

Askari, M. & Mostaghim, T. (2019). Evaluation of Using Salep and Chitosan Hydrocolloid as Stabilizers and Fat Replacer in Physicochemical and Rheological Features of Low-Fat Mayonnaise. Journal of Food Biosciences and Technology, 9(2), 63-72.

Basiri, S., Haidary, N., Shekarforoush, S. S. & Niakousari, M. (2018). Flaxseed mucilage: A natural stabilizer in stirred yogurt. Carbohydrate Polymers, 187, 59-65.

Bigliardi, B. & Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: the case of functional foods. Trends in Food Science & Technology, 31(2), 118-129.

Farahnaky, A., Abbasi, A., Jamalian, J. & Mesbahi, G. (2008). The use of tomato pulp powder as a thickening agent in the formulation of tomato ketchup. Journal of Texture Studies, 39(2), 169-182.

Hansen, P. M. T. (1993). Food Hydrocolloids in the dairy industry. In K. Nishinari, & E. 438 Doi, Food Hydrocolloids: Structures, properties and functions (pp. 211-224). New439 York: Plenum Press.

Ixtaina, V. Y., Martínez, M. L., Spotorno, V., Mateo, C. M., Maestri, D. M., Diehl, B. W., Nolasco, S. M. & Tomás, M. C. (2011). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. Journal of Food Composition and Analysis, 24(2), 166-174.

Johary, N., Fahimdanesh, M. & Garavand, F. (2015). Effect of basil seed gum and tracaganth gum as fat replacers on physicochemical, antioxidant and sensory properties of low fat mayonnaise. International Journal of Engineering Science Invention, 4, 51-57.

Juszczak, L., Oczadły, Z. & Gałkowska, D. (2013). Effect of modified starches on rheological properties of ketchup. Food and Bioprocess Technology, 6(5), 1251-1260.

Kaur, M., Verma, B. R., Zhou, L., Lak, H. M., Kaur, S. & Sammour, Y. M. (2022). Association of pepper intake with all-cause and specific cause mortality - A systematic review and meta-analysis. American Journal of Preventive Cardiology, 9, 100301. doi:10. 1016/j. ajpc. 2021. 100301

Mesbahi, G., Abasi, A., Jalali, J. & Farahnaki, A. (2009). Addition of Tomato Peel and Seed to Tomato Ketchup for Improving Its Nutritional Value and Rheological Properties. JWSS-Isfahan Univresity of Technology, 13 (47), 69-82. [In Persian]

Moreira, R., Chenlo, F. & Torres, M. D. (2013). Effect of chia (Sativa hispanica L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free doughs based on chestnut flour. LWT-Food Science and Technology, 50(1), 160-166.

Mozafari, H. R., Hojjatoleslamy, M. & Hosseini, E. (2019). Zodo gum exudates from Rosaceae as a fat replacer in reduced-fat salad dressing. International Food Research Journal, 26(3), 1087-1093.

Qiafeh Davoodi, M., Sheikh Al-Salemi, Z. & Jalini, M. (2016). The effect of increasing flax seed on the nutritional properties and shelf life of Barbary bread. Journal of innovation in food science and technology, 9 (3), 1-11.

Rosell, C. M., Rojas, J. A. & De Barber, C. B. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. Food hydrocolloids, 15(1), 75-81.

Segura-Campos, M. R. , Salazar-Vega, I. M., Chel-Guerrero, L. A. & Betancur-Ancona, D. A. (2013). Biological potential of chia (Salvia hispanica L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods. LWT-Food Science and Technology, 50(2), 723-731.

Shirmohammadi, M., Azadmard Damirchi, S., Sowti Khiyabanim M., Zarrin Ghalami, S. & Mortazavi, S. H. (2014). Effect of flaxseed powder incorporating on some physicochemical and sensory properties of fat reduced mayonnaise. Journal of Food Industry Research, 24(3), 387-398. [In Persian]

Sodini, I., Remeuf, F., Haddad, S. & Corrieu, G. (2004). The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture. Critical Reviews of Food Science and Nutrition, 44, 113– 137

Srikaeo, K., Poungsampao, P. & Phuong, N. T. (2017) Utilization of the fine particles obtained from cold pressed vegetable oils: A case study in organic rice bran, sunflower and sesame oils. Journal of Oleo Science, 66(1), 21–29.

Zeinalzadeh, E., Mizani, M., Chamani, M. & Geraami, A. (2014). Presenting a new formulation for low-fat and functional sausage. Food Technology & Nutrition, 11 (2), 13-24. [In Persian]

Optimizing the Formulation of Red Pepper Sauce Based on Flaxseed and Chia Flour

M. Golbaaz [a], F. Hosseinmardi [b*], A. Rahman [c]

[a] MSc of Food Science & Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[b] Lecturer of the Department of Food Science & Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[c] Assistant Professor of the Department of Food Science & Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 29 January 2023 Accepted: 30 April 2023

Abstract

Introduction: The interest of many of consumers in some seasonings, including pepper sauce, and increasing the consumption of them, have prompted researchers to improve the nutritional value of these products. Adding flaxseeds to the daily diet increases the health of the heart and digestive system, controls weight and prevents cancer. Chia seed is a rich source of antioxidants such as flavonols, tocopherols, phytosterols and carotenoids. In the present study, the formulation of jalopino red pepper sauce based on flaxseed and chia flour was optimized.

Materials and Methods: residues of chia and flaxseeds after cold press at 0. 25 to 1% were added to sauce and physicochemical properties and calorie of treatments were measured. Optimization of the Formulation was carried out using Design Expert software, response surface method (RSM) and central composite design (CCD) and the results of measuring pH, moisture, viscosity and calorie were analyzed to optimize the formulation . the optimal sample was produced in three replicates and its validity was estimated.

Results: By increasing the amount of flaxseed and chia flour in sauce, pH, viscosity and moisture content increased and calorie decreased significantly. If 0. 46% of chia flour,0. 59% of flax seed and 0% of xanthan are used, it is possible to achieve a pH of 4. 07, moisture content of 26. 34%, and calorie of 320. 06 kJ/g and viscosity of 1364. 50 cp, which had a desirability factor equal to 0. 79.

Conclusion: By adding chia seeds and flaxseed flour to jalopino red pepper sauce, a product with good functional characteristics and acceptable desirability factor can be produced.

Keywords**:** *Chia, Flaxseed Flour, Hot Red Pepper Sauce, Nutritional Value*.

* Corresponding Author: FH5074@yahoo.com