مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

ویژگی‌های حسی پنیر پروسس غنی شده با اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ

شادی استوار[۱]، محرم وزیری[۲]، فردین تمجیدی[۳]*

۱- دانشجوی دکتریگروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، سنندج، ایران.

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، سنندج، ایران.

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱ /۰۲/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۲

کلمات کلیدی:

پنیر پروسس،

اینولین،

پودر سفیده تخم‌مرغ،

خواص حسی،

روش سطح پاسخ.

DOI: 10.22034/FSCT.19.126.163

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.126.25.6

* مسئول مکاتبات:

f.tamjidi@uok.ac.ir

چکیده

در این مطالعه اثر مقادیر مختلف اینولین (۰تا ۵ درصد) و پودر سفیده تخم‌مرغ (۰تا ۱۰ درصد) بر میزان پروتئین و خواص حسی طعم، بو، نرمی،گسترش‌پذیری و پذیرش کلی پنیر پروسس پخش‌پذیر بررسی شد. نتایج به روش سطح پاسخ (RSM) در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD) مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل شد. برای تمامی متغیرهای پاسخ، مقادیر R^2 مدل‌ها در محدوده ۰/۸۶ تا ۰/۹۹ و مقادیر فاکتور عدم برازش معنی‌دار نبود (P >۰/۰۵)؛ بنابراین، صحت مدل‌ها در برازش داده‌ها تائید گردید. بطورکلی، اینولین باعث کاهش ولی پودر سفیده تخم مرغ باعث افزایش درصد پروتئین پنیر شد. اینولین اثر مطلوبی بر نرمی و گسترش‌پذیری پنیر پروسس داشت، اما به‌ویژه در غلظت بالا (۵ درصد) باعث کاهش امتیازات مزه، آروما و پذیرش کلی شد. در مقابل، پودر سفیده تخم‌مرغ باعث بهبود مزه، آروما و پذیرش کلی پنیر پروسس شد، اما نرمی آن را کاهش داد و نیز اثر چندانی بر گسترش‌پذیری آن نداشت. ترکیب اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ اثرات منفی همدیگر بر خواص حسی پنیر پروسس غنی شده را تعدیل کردند و در نهایت باعث بهبود ویژگی‌های حسی آن در مقایسه با نمونه شاهد شدند.

۱- مقدمه

پنیر پروسس با مخلوط کردن پنیرهای طبیعی با دوره رسیدگی مختلف، آب، نمک‌های امولسیون‌کننده و دیگر اجزاء لبنی و غیرلبنی تحت تاثیر حرارت‌دهی و مخلوط کردن مداوم برای تشکیل محصول یکنواخت در ظرف واکنش تولید می‌شود[۱, ۲]. پنیر پروسسبه‌عنوان یک محصول لبنی نه تنها حاوی پروتئین و چربی بوده، بلکهدارای مقادیر قابل توجهی ریزمغذی‌های مهم مانند کلسیم، فسفر و ریبوفلاوین می‌باشد. پنیر پروسس همچنین ممکن است حاوی ترکیبات سلامتی‌بخش مانند پپتیدهای زیست‌فعال و لینولئیک اسید مزدوج باشد.

فرایند امولسیون کردن مهم‌ترین بخش برای پخش ذرات چربی و ایجاد بافت همگن در پنیر پروسس است[۳, ٤]. نمک‌های امولسیون‌کننده، کلسیم‌فسفات کلوئیدی را که اتصال‌دهنده مولکول‌های کازئین است حل نموده و امکان امولسیونه کردن چربی موجود در ماتریکس پنیر را توسط کازئین فراهم می‌کنند[۵]. طی فراوری پنیر پروسس یک امولسیون روغن در آب پایدار به‌وسیله کازئینات/پارا-کازئینات هیدراته شده روی سطح ذرات چربی تشکیل می‌شود[۵]. تحقیقات مختلفی در مورد اثر ترکیب فرمولاسیون و شرایط فرآوری بر ویژگی‌های عملکردی پنیر پروسس گزارش شده است[٤-۱۰]. ویژگی‌ها و مقدار پنیر پایه مورد استفاده برای ساخت پنیر پروسس تاثیر اصلی بر ویژگی‌های آن دارد. نوع و مقدار پنیر پایه، نمک امولسیون-کننده و دیگر اجزای مورد استفاده در فرمولاسیون نیز بر رئولوژی توده مذاب پنیرپروسس طی فراوری و نیز بر بافت وویژگی‌های عملکردی محصول نهایی اثرگذار است[۱۱, ۱۲]. همچنین، فاکتورهایی مانند درجه رسیدگی و pHپنیر پایه، شرایط فرآوری و نگهداری(دمای و مدت زمان حرارت‌دهی، سرعت همزدن، میزان سرد کردن و دمای نگهداری در انبار)، مقدار ماده خشک، مقدار چربی، حضور و غلظت یون‌ها به‌ویژه کلسیم، سدیم و فسفر و استفاده از هیدروکلوئیدها موثرمی‌باشد[۷, ۸]. پنیر پایه مورد استفاده در فرمولاسیون بر اساس نوع،طعم، رسیدگی، بافت و غیره انتخاب می‌شود[۸].

به علت توسعه صنایع لبنی و تغییرات تقاضای مصرف‌کنندگان اصلاح فرمولاسیون پنیرهای پروسس و آنالوگ مانند بهبود خواص تغذیه‌ای و اثرات سلامت‌بخشی آن‌ها از طریق کاهش مقدار چربی و کلسترول، کاهش کالری و غیره مورد توجه است[٦, ۱۳].

اینولین پلی‌ساکاریدی متشکل ازواحدهای فروکتوز متصل شدهبا پیوندهای گلیکوزیدی $\beta_{2\rightarrow1}$ بوده که در بخش انتهایی به گلوکز ختم می‌شود و در محدوده وسیعی از گیاهان یافت می‌شود اما به‌طور تجاری از ریشه کاسنی استحصال می‌شود و به شکل پودر به بازار عرضه می‌شود[۱٤]. اینولین یک فیبر رژیمی محلول و یکی از مهم‌ترین جایگزین‌های چربی، پری‌بیوتیک‌های رایج و نیز اصلاح‌کننده‌های بافت است که با هدف توسعه غذاهای عملگرا، در فرمولاسیون مواد غذایی استفاده می‌شود[۱۵]. این ماده بی-رنگ، بی‌بو و دارای مزه شیرین ملایم بوده وتاکید براستفادهاز آن در مواد غذایی به ویژگی‌های تکنولوژیکی و نیزسلامتی‌بخشیآن برمی‌گردد[۱٦]. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که اینولین به‌طور موفقیت‌آمیزی به‌عنوان جایگزین چربی قابل استفاده است ودر فرمولاسیون انواع پنیرهای خامه‌ای[۱۷, ۱۸]، کاتیج[۱۹] و تقلیدی[۲۰] استفاده شده است.

سفیده تخم‌مرغ یک منبع عالی پروتئین با ارزش زیستی بالا و دارای خصوصیات عملکردی مناسب از جمله ژل‌دهی، کف‌کنندگی، امولسیفایری و اتصال‌دهندگی می‌باشد؛ این مادهاغلب باخشک‌کن پاششی خشک می‌شود و قابل استفاده در انواع محصولات غذایی فرموله شده می‌باشد. سفیده تخم‌مرغ حاوی بیش از ٤۰ نوع پروتئین است که انواعی که به میزان بیشتر یافت می‌شوند (اووآلبومین ٪٥٤، کُنالبومین ۱۲٪، اوواموکوئید ۱۱٪و لیزوزیم ۳٫٥ ٪) نقش اصلی در خصوصیات عملکردی آن دارند[۱۲]. اثر سفیده تخم‌مرغ بر خصوصیات رئولوژیکی پنیر موزارلا[۲۱]و نیز اثر ضدمیکروبی لیزوزیم آن برماندگاری پنیر نرم عراقی[۲۲] بررسی شده است.موفقیت محصولات غذایی حرارت داده شده تا حد زیادی تابع انعقاد پروتئین‌ها در آن‌ها است. ژل‌های حاصل از سفیده تخم‌مرغ شامل یک شبکه اتصال یافته سه‌بعدی است که در تشکیل ساختار محصول تولیدی نقش دارد. پودر سفیده تخم‌مرغ را می‌توان بدون افزودن آب و بازسازی به همراه سایر ترکیبات پودری در برخی محصولات غذایی مانند پودر سوخاری و غذاهای آماده استفاده نمود و یا می‌توان آن را پس ازافزودن آب و بازسازی مانند سفیده تخم‌مرغ تازه مصرف نمود.

محصولات لبنی، با توجه به پرمصرف بودن، بسترمناسبی برای افزودن اجزای زیست‌فعال سلامتی‌بخش و توسعه غذاهای

فراسودمند هستند. از آنجا که پژوهشی در زمینه غنی‌سازی پنیر پروسس با اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ وجود ندارد و نیز ویژگی‌های بافتی و حسی فرمولاسیون‌های جدید پنیر پروسس بسیار حائز اهمیت است، هدف این تحقیق بررسی تاثیر این اجزا بر ویژگی‌های طعم، بو، نرمی، گسترش‌پذیری و پذیرش کلی پنیر پروسس می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

پنیر آنزیمی تازه از شرکت پاک‌آرا (سنندج، ایران) خریداری شد و به‌عنوان پنیر پایه استفاده شد. پودر سفیده تخم‌مرغ از شرکت گل پودر (گلستان، ایران)، اینولین (Orafti HPX, DP ≥ 23) از شرکت eneo-Orafti(بلژیک) ونمک امولسیون‌کننده سدیم پلی‌فسفات (90SS) از شرکت Corino(تایلند)خریداری شد. در جدول ۱ مشخصات شیمیایی پنیر پایه و پودر سفیده تخم‌مرغ مورد استفاده در فرمولاسیون پنیر پروسس آورده شده است.

Table 1 Proximate chemical analysis of fresh cheese and egg white powder.

Material/Characteristic	pH	Dry matter (%)	Fat (%)	Protein (%)	Ash (%)
Fresh cheese	6.0 ± 0.8	36.3 ± 2.9	14.4 ± 1.7	15.1 ± 1.8	3.5 ± 0.3
Egg white powder	6.90 ± 0.07	93.8 ± 0.4	0.20 ± 0.00	90.0 ± 1.2	3.22 ± 0.04

۲-۲- تولید پنیر پروسس

ابتدا مقادیر پنیر پایه، اینولین (۰تا ۵ درصد)، پودر سفیده تخم‌مرغ (۰تا ۱۰ درصد) و نمک‌های امولسیون کننده در ۱ کیلوگرم پنیر پروسس (۲٫۲ ± ۴۰ درصد ماده خشک) محاسبه و مشخص شد (جدول ۲). سپس اجزای هر فرمولاسیون در دمای محیط مخلوط و یکنواخت شد و وارد دستگاه پخت دوجداره ۵-لیتری با ژاکت آب داغ گردید. توده مخلوط در دستگاه پخت به‌مدت ۵ دقیقه در دمای ۸۰ تا ۸۵ ℃ با سرعت۳۰۰۰ دور در دقیقه هم زده شد. سپس عمل تخلیه و بسته‌بندی در ظروف ۱۵۰ گرمی به‌صورت داغ انجام شد و بعد از خنک شدن تا دمای اتاق، به یخچال (۷-۵℃) منتقل و نگهداری شد[۸، ۱۰]. در عرض ۲ شبانه روز، پروتئین نمونه‌ها با روش کلدال مطابق استاندارد AOAC اندازه‌گیری شد. در روز پنجم نگهداری، ویژگی‌های حسی نمونه‌های پنیر ارزیابی شد.

۲-۴- ارزیابی حسی

۲۵ نفر ارزیاب عادی با سنین وجنسیت مختلف، پسازتوجیه در مورد اهداف ارزیابی، روش انجام و نحوه نمره‌دهی رویفرم ارزیابی،برای ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های پنیر انتخاب شدند. نمونه‌ها قبلاً از یخچال خارج شدند و پس از رسیدن به دمای اتاق، در روشنایی غیرمستقیم آفتاب جداگانه در اختیار ارزیاب‌ها قرار داده شدند و از آن‌ها خواسته شد که مطلوبیت طعم، بو، نرمی وگسترش‌پذیری را بر اساس آزمون هدونیک ۵- نقطه‌ای (دوست نداشتن: زیاد (۱) یاکم (۲)، نظری نداشتن (۳) و دوست داشتن: کم (۴) یازیاد (۵)) نمره‌دهی کنند. ارزیاب‌ها برای شستشوی دهان در بین نمونه‌ها از آب استفاده کردند. امتیاز پذیرش کلی برای هر نمونه از امتیازات طعم، آروما، نرمی و گسترش‌پذیری برای همان نمونه، بر اساس معادله زیر محاسبه شد:

پذیرش کلی=(طعم × ۰/۲۵)+(آروما × ۰/۲۵)+(نرمی × ۰/۲۵)+(گسترش‌پذیری × ۰/۲۵)

۲- ۵- آنالیز آماری

روش سطح پاسخ بر پایه طرح مرکب مرکزی (CCD)[1] برای تعیین الگوهای پاسخ و مدل‌ها استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل مقادیر اینولین (X_1=0, 2.5,5) و پودر سفیده تخم‌مرغ (X2=0, 5 ,10)، هر کدام در ۳ سطح کدگذاری شده (x=-1, 0, +1) بود. طرح آزمایشی (۱۳ تا فرمول با ۵ نقطه مرکزی)و سطوح واقعی (X) و کدشده (x) متغیرهای مستقل و مقادیر اندازه‌گیری شده متغیرهای پاسخ (وابسته) در جدول ۲ نشان داده شده است. طراحی آزمایش، تحلیل آماری، تعیین مدل، رسم منحنی‌ها و بهینه کردن عددی با نرم‌افزار آماری دیزاین اکسپرت[2] انجام شد. در این مطالعه مدل‌های چندجمله‌ای برهمکنش دو- فاکتوری (2FI[3]: معادله ۱) یا درجه دوم[4] (معادله ۲)توسط نرم‌افزار برای متغیرهای پاسخ تعیین شد.

$$Eq.1: y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2$$

$$Eq.2: y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2$$

1. Central Composite Design (CCD)
2. Design-Expert® (Ver. 13, Stat-Ease, Inc., Minneapolis, MN)
3. Two Factor Interaction (2FI)
4. Second-order polynomial model

در این معادله‌ها، yمتغیر پاسخ و X_1 و X_2 به‌ترتیب درصداینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ می‌باشد. β_0 (عبارت ثابت)، β_1 (اثر خطی اینولین)، β_2 (اثر خطی پودر سفیده تخم‌مرغ)، β_{11} (اثر درجه دوم اینولین)، β_{22} (اثر درجه دوم پودر سفیده تخم‌مرغ) و β_{12} (اثر متقابل اینولین–پودر سفیده تخم‌مرغ)، ضرایب چندجمله‌ای هستند.

Table 2 Experimental design and actual values of the dependent variables for the processed cheese samples containing different levels of inulin and egg white powder.

Run	Actual (*wt%*) (coded) levels of independent variables		Dependent variables					
	Inulin	Egg white powder	Protein (%)	Taste	Aroma	Softness	Spreadability	Overall acceptability
1	2.5(0)	5(0)	14.6	4.21	3.90	3.97	3.43	3.86
2	5(+1)	5(0)	14.46	4.09	3.89	4.40	3.57	3.75
3	0(-1)	5(0)	16.51	3.93	3.91	3.95	3.36	3.84
4	5(+1)	0(-1)	14.27	3.72	3.80	4.27	3.24	3.40
5	2.5(0)	0(-1)	14.01	3.90	3.82	4.11	3.48	3.74
6	0(-1)	10(+1)	19.42	4.16	3.93	3.36	2.98	3.75
7	2.5(0)	10(+1)	17.17	4.55	3.90	3.80	3.38	4.01
8	5(+1)	10(+1)	16.63	4.61	3.91	4.34	3.86	4.13
9	0(-1)	0(-1)	15.56	3.81	3.85	4.16	3.32	3.84
10	2.5(0)	5(0)	14.6	4.01	3.90	3.85	3.43	3.78
11	2.5(0)	5(0)	14.55	4.08	3.90	4.06	3.39	3.85
12	2.5(0)	5(0)	14.62	4.15	3.89	3.95	3.33	3.81
13	2.5(0)	5(0)	14.61	4.18	3.89	4.06	3.33	3.86

۳- نتایج و بحث

۳-۱- برازش مدل‌ها

مقادیر آزمایشی درصد پروتئین و امتیازات طعم، بو، نرمی، گسترش‌پذیری و پذیرش کلیبرای فرمول‌های پنیر پروسس غنی شده با مقادیر مختلفی از اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ در جدول ۲ آورده شده است. نتایج تحلیل برازش خطی چندگانه[5] داده‌های آزمایشی، نشان داد که مدل چندجمله‌ای درجه دوم برای درصد پروتئین، طعم، بو و پذیرش کلی و مدل برهمکنش دو–فاکتوری برای نرمی و گسترش‌پذیری مناسب است. نتایج تحلیل واریانس برای متغیرهای پاسخ و ضرایب مربوط به مدل‌های پیش‌گویی کننده در جدول ۳ آورده شده است. تحلیل آماری نشان داد که مدل‌ها برای متغیرهای وابسته معنی‌دار بوده($P<$۰/۰۱) و مقادیر R^2 مناسب و خطای عدم برازش[6] غیرمعنی‌دار دارند (جدول ۳)؛ برای برازش خوب یک مدل، ضریب همبستگی باید حداقل ۰/۸۰ باشد[۲۳]. همچنین مقادیر R^2 به اندازه کافی بالا بوده (۰/۸۶ تا ۰/۹۹) و اختلاف اساسی با ضرایب R^2 تعدیل شده نداشتند که نشان دهنده معنی‌داری قابل ملاحظه مدل‌ها می‌باشد. ضریب تغییرات که نشان‌دهنده میزان پراکندگی داده‌ها است، برای متغیرهای وابسته ۰/۱۵ تا ۲/۶۲ درصد بود (جدول ۳). نهایتاً، نسبت‌های "کفایت دقت[7]" مدل‌ها به‌طور مطلوبی بسیار بیشتر از ٤ بود (جدول ۳) که این دلالت بر وجود سیگنال‌های کافی برای مدل‌ها است[۲٤]. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌ها به‌طور مطلوبی اثر متغیرهای مستقل را بر متغیرهای پاسخ را پیشگویی می‌کنند.

به غیر از اثرات خطی اینولین بر پذیرش کلی (X_1) و سفیده تخم‌مرغ بر گسترش‌پذیری (X_2) ونیز اثرات درجه دوم اینولین بر آروما (X_1^2) و سفیده تخم‌مرغ بر طعم و پذیرش کلی(X_2^2)، بقیه اثرات، از جمله اثر متقابل اینولین – سفیده تخم‌مرغ (X_1X_2) معنی‌دار شدند (جدول ۳).

5. Multiple linear regression analysis
6. Lack of fit
7. Adequate precision

Table 3 Regression coefficients of the response variables and ANOVA of the polynomial models.

Coefficients	Response variables (y^a)					
	Protein	Taste	Aroma	Softness	Spreadability	Overall acceptability
β_0	+15.555	+3.813	+3.851	+4.16	+3.432	+3.872
β_1	-0.966***	+0.088*	-0.016***	+0.02***	-0.028***	-0.038ns
β_2	-0.008***	+0.004***	+0.019***	-0.08**	-0.041ns	-0.018***
β_{12}	-0.030***	+0.011**	+0.001*	+0.02**	+0.019***	+0.016***
β_{11}	+0.141***	-0.021**	+0.001ns	-	-	-0.011*
β_{22}	+0.040***	+0.003ns	-0.001***	-	-	+0.001ns
P-value of model	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0002	0.0003	< 0.0001
R^{2b}	0.99	0.96	0.98	0.88	0.86	0.97
Adjusted- R^2	0.99	0.94	0.97	0.84	0.82	0.95
Lack of fit	0.75	0.97	0.06	0.29	0.08	0.39
Coefficient of variation (%)	0.15	1.54	0.16	2.62	2.45	0.97
Adequate precision	339.76	20.94	28.49	16.07	17.52	28.08

[a] $y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2$; X_1 and X_2 represent the actual levels (wt%) of inulin and egg white powder, respectively.
[b] Coefficient of determination.
*$P < 0.05$
**$P< 0.01$
***$P< 0.001$
ns Non-significant ($P > 0.05$)

۳-۲- درصد پروتئین

شکل ۱ اثرات اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ را بر مقدار پروتئین پنیر پروسس نشان می‌دهد؛

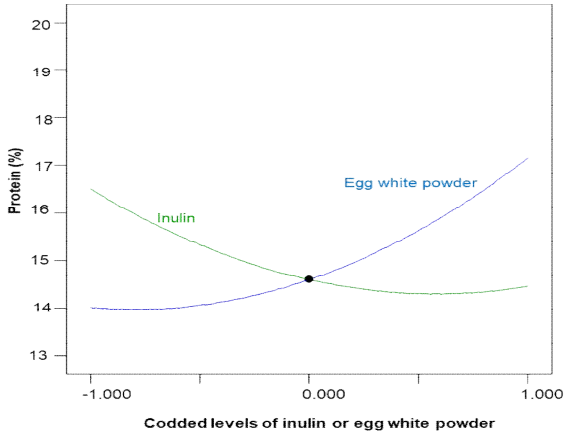

Fig 1 Effects of different levels of inulin (0-5%) and egg white powder (0-10%) on protein content of processed cheese samples.

افزایش مقدار اینولین باعث کاهش میزان پروتئین نمونه‌های پنیر به دلیل ماهیت غیرپروتئینی آن شد و از طرف دیگر با افزایش درصد پودر سفیده تخم‌مرغ، مقدار پروتئین پنیر پروسس افزایش یافت که ناشی از ماهیت پروتئینی پودر سفیده تخم‌مرغ و نیزدرصد بالاتر پروتئین آن نسبت به پنیر پایه می‌باشد. نمونه حاوی ۱۰ درصد پودر سفیده تخم‌مرغ و فاقد اینولین دارای بیشترین مقدار پروتئین (۱۹/۴۲) بود.

۳- ۳- خواص حسی

نظر مشتریان مهم‌ترین عامل در توسعه محصولات غذایی عملگرای جدید بوده و خوشایند بودن آن‌ها برای مصرف‌کننده کلید موفقیت برای یافتن جایگاه این محصولات در بازار می‌باشد[۲۵]. خوشایند بودن طعم محصولی مانند پنیر پروسس در صدر قرار دارد و سپس مالش‌پذیری، نرمی و آرومای آن مورد توجه می‌باشد. به همین دلیل در این مطالعه ویژگی‌های مزه، آروما، گسترش‌پذیری و نرمی پنیر پروسس غنی شده با اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ موارد ارزیابی قرار گرفت.

۳-۳-۱- مزه

شکل ۲ اثرات اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ را برامتیاز مزه پنیر پروسس نشان می‌دهد؛ هم اینولین و هم سفیده تخم‌مرغمزه پنیر را بهبود بخشیدند ($P < 0.05$)، ولیاثر پودر سفیده تخم‌مرغ به‌ویژه در حضور اینولین بیشتر بود. بطور کلی، بیشترین امتیاز مزه مربوط به پنیرهای حاویمقادیر بالای اینولین و پودر سفیده

تخم‌مرغ بود که این پدیده را می‌توان به قابلیت مطلوب اینولین در کم کردنمزه نامطلوب ترکیبات گوگردی آزاد شده از سفیده تخم‌مرغ در حین حرارت‌دهی مربوط به تولید پنیر پروسس، نسبت داد. اینولین، باواکنش دادن با پروتئین‌های آب‌پنیر و کازئینات‌ها، ویژگی احساس دهانی را در محصولات لبنی بهبود می‌بخشد [۲۶, ۲۷].

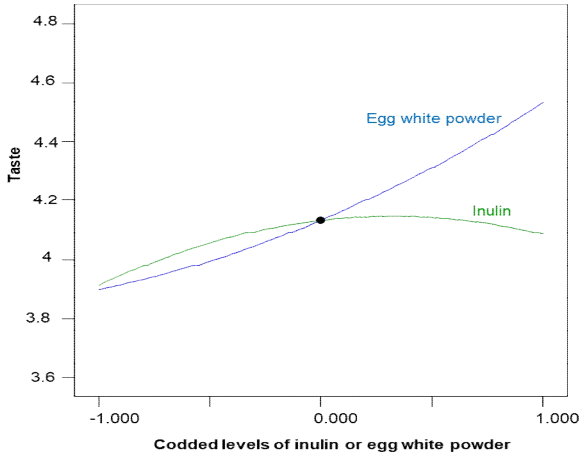

Fig 2 Effects of different levels of inulin (0-5%) and egg white powder (0-10%) on taste of processed cheese samples.

۳- ۳- ۲- آروما

شکل ۳ اثرات اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ را بر امتیاز آرومای پنیر پروسس نشان می‌دهد؛

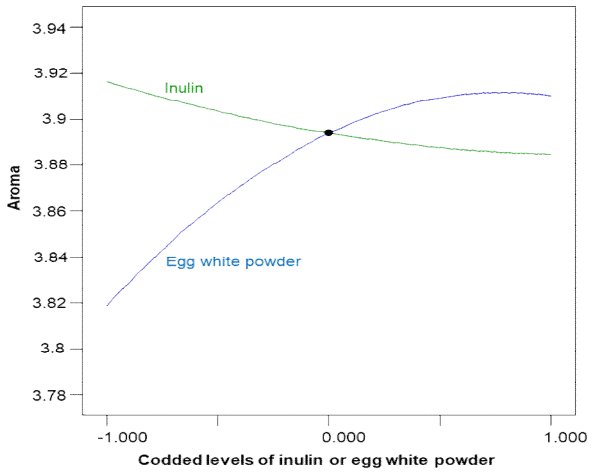

Fig 3 Effects of different levels of inulin (0-5%) and egg white powder (0-10%) on aroma of processed cheese samples.

با افزایش میزان اینولین در پنیر پروسس،آروما با شیب ملایم، کاهش یافت و از طرف دیگر با افزایش میزان پودر سفیده تخم‌مرغ ،شدت آرومای پنیر افزایش یافت. بیشترین شدت آروما مربوط به نمونه فاقد اینولین و حاوی ۱۰ درصد پودر سفیده تخم‌مرغ بود. اینولین احتمالاً با متصل شدن به ترکیبات عامل آروما و بلوکه کردن آن‌ها، باعث کاهش عطر پنیر می‌شود؛ محققین دیگر گزارش کرده‌اند که کربوهیدرات‌ها (مانند الیگوفروکتوز، ساکارز و غیره) باعث کاهش رهایش ترکیبات آروما می‌شوند [۲۸, ۲۹].

۳- ۳- ۳- نرمی بافت

شکل ٤ اثرات اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ را بر امتیاز نرمی پنیر پروسس نشان می‌دهد؛ با افزایش مقدار اینولین در پنیر پروسس، نرمی بافت آن افزایش یافت اما با افزایش میزان پودر سفیده تخم‌مرغ، پنیر تولیدی سفت‌تر شد. اینولین پلی‌ساکاریدی آب‌دوست است که از طریق پیوندهای هیدروژنی میزان زیادی آب را جذب خود می‌کند و قابلیت ایجاد برهمکنش‌های هیدروفوب و دی‌سولفیدی با پروتئین‌های شیرندارد، در نتیجه از شکل‌گیری شبکه ژلی فشرده در پنیر جلوگیری کرده و باعث نرمی آن می‌شود؛ در مقابل پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ در حین تولید پنیر پروسس واسرشت شده و پیوندهای هیدروفوب و یا دی‌سولفیدی را با پرتئین‌های پنیر (کازئین‌ها) تشکیل می‌دهند که به موجب آن شبکه ژلی متراکم و سفت در پنیر حاصل می‌شود. محققین دیگر نیز به نقش برهمکنش‌های دی‌سولفیدی بین پروتئین‌های تخم‌مرغ و آب‌پنیر (بتالاکتوگلوبولین) در ایجاد ساختار ژل مانند و مستحکم در پنیر پروسس اشاره کرده‌اند[۳۰].

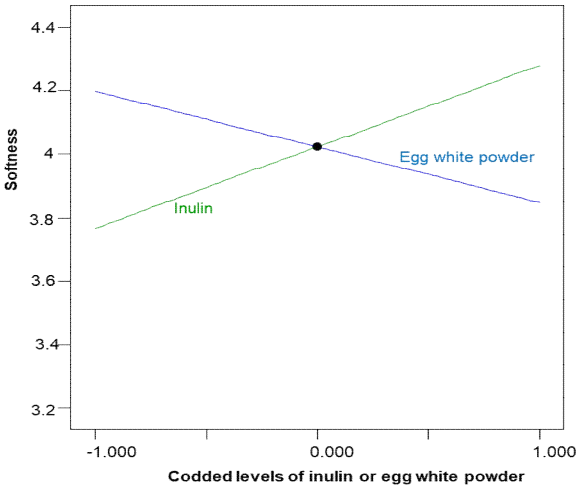

Fig 4 Effects of different levels of inulin (0-5%) and egg white powder (0-10%) on softness of processed cheese samples.

۳-۳-٤- گسترش‌پذیری

شکل ۵ اثرات اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ را بر امتیاز گسترش‌پذیری پنیر پروسس نشان می‌دهد؛ اثر خطی پودر سفیده تخم‌مرغ بر گسترش‌پذیری معنی‌دار نبود ($P > 0.05$)، اما با افزایش مقدار اینولین امتیاز گسترش‌پذیری با شیب ملایمی افزایش یافت.

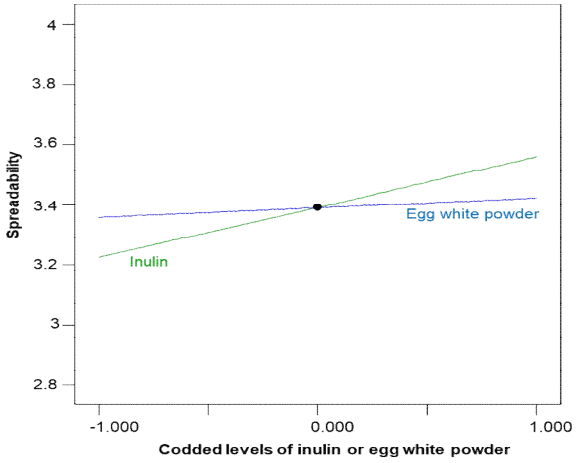

Fig 5 Effects of different levels of inulin (0-5%) and egg white powder (0-10%) on spreadability of processed cheese samples.

زنجیره‌های بلند اینولین به‌دلیل داشتن گروه‌های هیدروفیل فراوان، میزان آب زیادی جذب نموده و متورم می‌شوندکه به موجب آن سیالیت و گسترش‌پذیری پنیرافزایش می‌یابد[۳۱]. اینولین با ورود به ساختار پروتئینی فشرده و ایجاد فاصله و فضا در آن می‌تواند گسترش‌پذیری پنیر پروسس را افزایش دهد[۳۱]. بیشترین میزان گسترش‌پذیری در نمونه حاوی حداکثر اینولین (۵ درصد) و فاقد سفیده تخم‌مرغ مشاهده شد (شکل ٦، نمونه ٤). همزدن و حرارت‌دهی مخلوط اولیه پنیر پروسس، باعث واسرشت شدن پروتئین سفیده تخم‌مرغ و برهمکنش (هیدروفوبی و یا دی‌سولفیدی) آن با کازئین شده و در نتیجه هر دو با هم ایجاد یک شبکه ژل متراکم و الاستیک می‌کنند که سیالیت و جریان‌پذیری پنیر پروسس تولیدی را کاهش داده و آن را در مقابل هر گونه تنش برشی آرام و نیروی گسترش‌پذیری مقاوم می‌سازد. کمترین میزان گسترش‌پذیری در نمونه حاوی حداکثر پودر سفیده تخم‌مرغ (۱۰ درصد) و فاقد اینولین مشاهده شد (شکل ٦، نمونه ٦). در غلظت کم پودر سفیده تخم‌مرغ، اینولین اثر منفی آن را در کاهش گسترش‌پذیری تا حدودی تعدیل می‌کند.

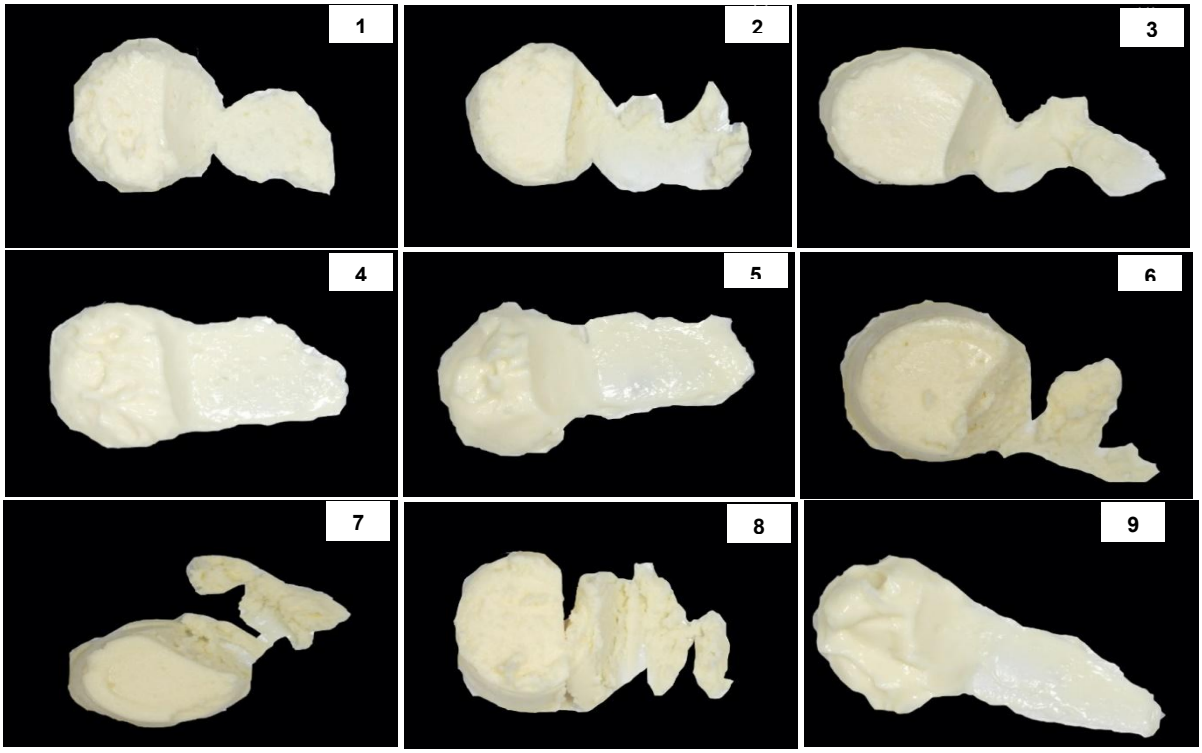

Fig 6 Spreadability of processed cheese samples containing different levels of inulin (I) and egg white powder (EWP); 1: 2.5%I+5%EWP, 2: 5%I+5%EWP, 3: 0%I+5%EWP, 4: 5%I+0%EWP, 5: 2.5%I+0%EWP, 6: 0%I+10%EWP,7: 2.5%I+10%EWP, 8: 5%I+10%EWP, 9 (blank): 0%I+0%EWP.

۳-۳-۵- پذیرش کلی

امتیاز پذیرش کلی برای هر نمونه پنیر پروسس، با میانگین‌گیری از امتیازات مزه، بو، نرمی و گسترش‌پذیری برای همان نمونه محاسبه شد. شکل ۷ اثر اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ را بر امتیاز پذیرش کلی نمونه‌های پنیر نشان می‌دهد؛ با افزایش غلظت پودر سفیده تخم‌مرغ، امتیاز پذیرش کلی پنیر پروسس با شیب نسبتاً تندی افزایش یافت اما با افزایش غلظت اینولین تا ۲٫۵ درصد پذیرش کلی به‌طور جزئی افزایش و بعد از آن کاهش یافت؛ زیرا اینولین با این‌که باعث بهبود نرمی و گسترش‌پذیری پنیر پروسس می‌شود اما در غلظت بالا اثر منفی بر مزه و آروما دارد. محققین دیگر گزارش کرده‌اند که اینولین در حین انحلال، باعث ایجاد حالت خامه‌ای و بهبود احساس دهانی، احتمالاً به‌دلیل تشکیل میکروکریسال‌ها می‌شود[۳۲]، اما در غلظت بالا موجب کاهش امتیاز حسی پنیر می‌شود[۹]. به‌طور کلی، امتیازات خواص حسی پنیر شاهد نسبت به بقیه نمونه‌ها کمتر بود؛ نتایج مشابهی توسط محققین دیگر در مورد اثر اینولین (به‌تنهایی یا همراه با پروبیوتیک‌ها) بر خواص حسی پنیر خامه‌ای گزارش شده است[۱۸, ۳۳].

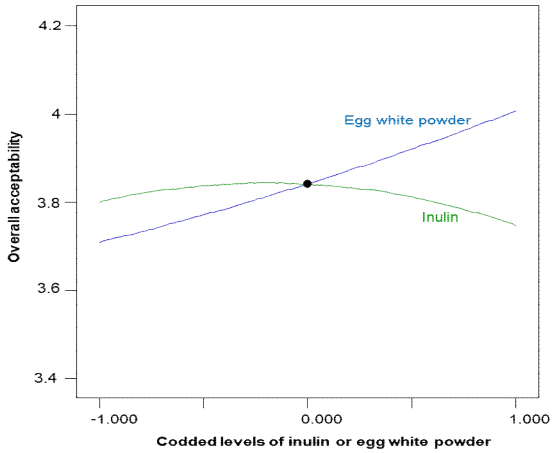

Fig 7 Effects of different levels ofinulin (0-5%) and egg white powder (0-10%) on overall acceptability of processed cheese samples.

٤- نتیجه‌گیری

در این مطالعه اثر غنی‌سازی پنیر پروسس با اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ بر ویژگی‌های حسی آن بررسی شد. اینولین به‌دلیل قابلیت بالا در جذب آب اثر مطلوبی بر نرمی و گسترش‌پذیری پنیر پروسس داشت، اما به‌ویژه در غلظت بالا (۵ درصد) باعث کاهش امتیازات مزه، آروما و پذیرش کلی شد. در مقابل، پودر سفیده تخم‌مرغ باعث بهبود مزه، بو و پذیرش کلی پنیر پروسس شد، ولی به دلیل ایجاد پیوند (هیدروفوبی و یا دی‌سولفیدی) با پروتئین‌های کازئین ومشارکت با آن‌ها در ایجاد شبکه ژل فشرده، نرمی پنیر را کاهش داد و نیز اثر چندانی بر گسترش‌پذیری آنداشت. بنابراین، اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ مکمل‌های خوبی برای کاهش اثرات منفی همدیگر بر خواص حسی پنیر پروسس غنی شده هستندو استفاده همزمان این دو در پنیر پروسس در نهایت باعث بهبود ویژگی‌های حسی آن در مقایسه با نمونه شاهد شد. نتایج این مطالعه برای توسعه پنیر و محصولات لبنی فراسودمند حاوی اینولین و پودر سفیده تخم‌مرغ مطلوب است.

٥- منابع

[1] Kapoor, R. , Metzger, L.E. 2008. Process cheese: Scientific and technological aspects—A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 7 (2), 194-214.
[2] Guinee, T., Carić, M. , Kalab, M. 2004. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology (Fox, P.F. et al. eds), pp. 349-394, Elsevier.
[3] Talbot-Walsh, G., Kannar, D. , Selomulya, C. 2018. A review on technological parameters and recent advances in the fortification of processed cheese. Trends in Food Science & Technology, 81, 193-202.
[4] Weiserová, E., Doudová, L., Galiová, L., Žák, L., Michálek, J., Janiš, R. , Buňka, F. 2011. The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. International Dairy Journal, 21 (12), 979-986.
[5] Kelimu, A., da Silva, D.F., Geng, X., Ipsen, R. , Hougaard, A.B. 2017. Effects of different dairy ingredients on the rheological behaviour and stability of hot cheese emulsions. International Dairy Journal, 71, 35-42.
[6] Nastaj, M., Terpiłowski, K. , Sołowiej, B.G. 2020. The effect of native and polymerised whey protein isolate addition on surface and

microstructural properties of processed cheeses and their meltability determined by Turbiscan. International Journal of Food Science & Technology, 55 (5), 2179-2187.

[7] Černíková, M., Buňka, F., Pavlínek, V., Březina, P., Hrabě, J. , Valášek, P. 2008. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. Food Hydrocolloids, 22 (6), 1054-1061.

[8] Piska, I. , Štětina, J. 2004. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. Journal of Food Engineering, 61 (4), 551-555.

[9] Giri, A., Kanawjia, S.K. , Singh, M.P. 2017. Effect of inulin on physico-chemical, sensory, fatty acid profile and microstructure of processed cheese spread. Journal of Food Science and Technology, 54 (8), 2443-2451.

[10] Hladká, K., Randulová, Z., Tremlová, B., Ponížil, P., Mančík, P., Černíková, M. , Buňka, F. 2014. The effect of cheese maturity on selected properties of processed cheese without traditional emulsifying agents. LWT-Food Science and Technology, 55 (2), 650-656.

[11] Mine, Y. 1995. Recent advances in the understanding of egg white protein functionality. Trends in Food Science & Technology, 6(7), 225-232.

[12] Li-Chan, E.C., Powrie, W.D. , Nakai, S. 1995. The chemistry of eggs and egg products. In Egg Science and Technology (4th edn) (Stadelman, W.J. and Cotterill, O.J. eds), pp. 105-175, Food Products Press (an Imprint of The Haworth Press, Inc.,).

[13] Aljewicz, M., Cichosz, G. , Kowalska, M. 2011. Cheese-like products, analogs of processed and ripened cheeses. Zywnosc-Nauka Technologia Jakosc, 18 (5), 16-25.

[14] Franck, A. 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose. British journal of Nutrition, 87 (S2), S287-S291.

[15] Shoaib, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H.R., Shakeel, A., Ansari, A. , Niazi, S. 2016. Inulin: Properties, health benefits and food applications. Carbohydrate Polymers, 147, 444-454.

[16] Karimi, R., Azizi, M.H., Ghasemlou, M. , Vaziri, M. 2015. Application of inulin in cheese as prebiotic, fat replacer and texturizer: A review. Carbohydrate Polymers, 119, 85-100.

[17] Alves, L.L., Richards, N.S., Mattanna, P., Andrade, D.F., S Rezer, A.P., Milani, L.I., Cruz, A.G. , Faria, J.A. 2013. Cream cheese as a symbiotic food carrier using *Bifidobacterium animalis* Bb‐12 and *Lactobacillus acidophilus* La‐5 and inulin. International Journal of Dairy Technology, 66 (1), 63-69.

[18] Fadaei, V., Poursharif, K., Daneshi, M. , Honarvar, M. 2012. Chemical characteristics of low-fat wheyless cream cheese containing inulin as fat replacer. European Journal of Experimental Biology, 2 (3), 690-694.

[19] Araújo, E.A., de Carvalho, A.F., Leandro, E.S., Furtado, M.M. , de Moraes, C.A. 2010. Development of a symbiotic cottage cheese added with *Lactobacillus delbrueckii* UFV H2b20 and inulin. Journal of Functional Foods, 2 (1), 85-89.

[20] Hennelly, P., Dunne, P., O'sullivan, M. , O'riordan, E. 2006. Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. Journal of Food Engineering, 75 (3), 388-395.

[21] Hsieh, Y.L., Yun, J.J. , Rao, M.A. 1993. Rheological properties of Mozzarella cheese filled with dairy, egg, soy proteins, and gelatin. Journal of Food Science, 58 (5), 1001-1004.

[22] Doosh, K.S. , Abdul-Rahman, S.M. 2014. Effect of lysozyme isolated from hen egg white in elongation the shelf life of Iraqi soft cheese made from buffalo milk. Pakistan Journal of Nutrition, 13 (11), 635.

[23] Joglekar, A.M. , May, A.T. 1987. Product excellence through design of experiments. Cereal Foods World, 32 (12), 857-868.

[24] Tamjidi, F., Shahedi, M., Varshosaz, J. , Nasirpour, A. 2014. Design and characterization of astaxanthin-loaded nanostructured lipid carriers. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 26, 366-374.

[25] Bolenz, S., Thiessenhusen, T. , Schäpe, R. 2003. Influence of milk components on properties and consumer acceptance of milk chocolate. European Food Research and Technology, 216 (1), 28-33.

[26] Karaca, O.B., Güven, M., Yasar, K., Kaya, S. , Kahyaoglu, T. 2009. The functional,

rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. International Journal of Dairy Technology, 62 (1), 93-99.
[27] Krishna, A., Krishna, K.N. , Patel, S.S. 2009. Inulin-benefits and scope of use in dairy products. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9 (8), 1911-1921.
[28] Siefarth, C., Tyapkova, O., Beauchamp, J., Schweiggert, U., Buettner, A. , Bader, S. 2011. Influence of polyols and bulking agents on flavour release from low-viscosity solutions. Food Chemistry, 129 (4), 1462-1468.
[29] Hansson, A., Andersson, J. , Leufvén, A. 2001. The effect of sugars and pectin on flavour release from a soft drink-related model system. Food Chemistry, 72 (3), 363-368.
[30] Mleko, S. , Foegeding, E.A. 2000. Physical properties of rennet casein gels and processed cheese analogs containing whey proteins. Milchwissenschaft, 55 (9), 513-516.
[31] Paseephol, T., Small, D.M. , Sherkat, F. 2008. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. Journal of Texture Studies, 39 (6), 617-634.
[32] Guggisberg, D., Cuthbert-Steven, J., Piccinali, P., Bütikofer, U. , Eberhard, P. 2009. Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition. International Dairy Journal, 19 (2), 107-115.
[33] Buriti, F.C., Cardarelli, H.R., Filisetti, T.M. , Saad, S.M. 2007. Synbiotic potential of fresh cream cheese supplemented with inulin and *Lactobacillus paracasei* in co-culture with *Streptococcus thermophilus*. Food Chemistry, 104 (4), 1605-1610.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Sensory properties of processed cheese enriched with inulin and egg white powder

Ostowar, Sh. [1], Vaziri, M. [2], Tamjidi, F. [3*]

1. PhD Student, Department of Food Science& Technology, College of Agriculture, Islamic Azad University-Sanandaj Branch, Sanandaj, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science&Technology, College of Agriculture, Islamic Azad University-Sanandaj Branch, Sanandaj, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Food Science & Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

ABSTRACT

In this study, the effect of different levels of inulin (0 to 5%) and egg white powder (0 to 10%) on protein content and sensory characteristics of taste, aroma, softness, spreadability and overall acceptability of spreadable processed cheese was investigated. The results were modeled and analyzed by the response surface methodology (RSM)based on a central composite design (CCD). For all response variables, the R^2 values of the models ranged from 0.86 to 0.99, and the values of lack-of-fit factors were not significant ($P > 0.05$); Therefore, the accuracy of the models for fitting the data was confirmed. In general, inulin decreased, but egg white powder increased the protein percentage of processedcheese. Inulin had a favorable effect on the softness and spreadabilityof processed cheese, but reduced the scores of taste, aroma and overall acceptability,especially at high concentration (5%). In contrast, egg white powder improved the taste, aroma, and overall acceptabilityof processed cheese, but reduced its softness and had little effect on its spreadability. The combination ofinulin and egg white powder moderated each other's negative effects on the sensory properties of the fortified processed cheese, and ultimately improved its sensory properties compared to the control sample.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 05/ 07
Accepted 2022/ 06/ 12

Keywords:

Processed cheese,
Inulin, Egg white powder,
Sensory properties,
RSM.

DOI: 10.22034/FSCT.19.126.163
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.126.25.6

*Corresponding Author E-Mail:
f.tamjidi@uok.ac.ir