نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 10، شماره 2، تابستان 1393، ص. 121-107

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 10, No. 2, Suumer 2014, p. 107-121

بررسی و بهینه‌سازی ویژگی‌های شیمیایی و حسی فرمولاسیون‌های مختلف پنیر فتای فراپالایش آنالوگ بازساخته به روش سطح پاسخ

علی غلامحسین‌پور[1]- مصطفی مظاهری تهرانی[2*]- سید محمد علی رضوی[3]- حسن رشیدی[4]

تاریخ دریافت:1391/7/28
تاریخ پذیرش:1391/12/9

چکیده

در این پژوهش از مخلوط MPC، WPC، SMP، شیر سویا، مارگارین، کره و آب برای تولید پنیر فتای فراپالایش استفاده شد. متغیرها عبارت بودند از MPC در سه سطح 8، 9 و 10 درصد، WPC در سه سطح صفر، 1/5 و 3 درصد، شیر سویا در سه سطح 5، 10 و 15 درصد و مارگارین در سه سطح صفر، 5 و 10 درصد. نمونه‌ها از نظر ویژگی‌های شیمیایی (مواد جامد کل، پروتئین و اسیدیته) و خصوصیات حسی (رنگ و ظاهر، آروما، بافت، طعم و پذیرش کلی) پس از 3 روز مورد آنالیز قرار گرفتند. نتایج در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD) بررسی و به روش سطح پاسخ (RSM) مدل سازی و تجزیه و تحلیل شد. ضریب تبیین مدلهای رگرسیون برازش شده برای صفات مختلف بین 84/94 تا 99/99 متغیر بوده و فاکتور عدم برازش تمامی صفات در سطح اطمینان 95 درصد معنی دار نبود، از این رو صحت مدل برای برازش اطلاعات تایید گردید. با توجه به نتایج، نقطه بهینه به دست آمده برای تولید پنیری که دارای ماده خشک و پروتئینی در محدوده استاندارد باشد و تا حد امکان بالاترین امتیاز صفات حسی را نیز داشته باشد عبارت بود از: 9/13 درصد MPC، 3 درصد WPC، 15درصد شیر سویا و 7/65 درصد مارگارین.

واژه‌های کلیدی: MPC، WPC، شیر سویا، مارگارین، کره، پنیر فتای فراپالایش

مقدمه

پنیر نام عمومی گروهی از فراورده‌های لبنی است که در سراسر جهان در طعم، بافت و شکل‌های بسیار متنوعی تولید می‌شود (Fox *et al*., 2000). پیدایش پنیر به حدود 8000 سال پیش در منطقه هلال حاصلخیز[5] میان دو رودخانه دجله و فرات واقع در عراق کنونی بر می‌گردد (Fuquay *et al*., 2011). در حال حاضر تنوع پنیرهای موجود بالغ بر 2000 نوع برآورد شده که این تعداد نیز رو به افزایش می‌باشد (Gunasekaran & Mehmet, 2003).

پنیر فتای فراپالایش[6] پنیری است با بافت نرم و مالش پذیر که در نتیجه فراپالایش شیر تا ماده خشک 35 درصد و سپس انعقاد آنزیمی ناتراوه به دست می آید. پنیر حاصله حاوی 18 تا 20 درصد (40 تا 45 درصد بر پایه ماده خشک) چربی است، pHنهایی آن پس از 72 ساعت 4/8 بوده ودارای 1 تا 3 درصد نمک می باشد. این پنیر فاقد دوره رسیدگی است و ماندگاری آن نیز حداکثر 2ماه می‌باشد (رشیدی و همکاران، 1390).

پنیرهای آنالوگ[7]، جایگزین‌ها[8] یا تقلیدهایی[9] از پنیر می‌باشند که در آنها چربی یا پروتئین لبنی یا هر دو بطور کامل یا جزئی توسط اجزای غیر لبنی، بویژه با منشاء گیاهی، نظیر چربی یا روغن‌های گیاهی و پروتئین‌های گیاهی جایگزین می‌شوند (Fox *et al*., 2004). پنیرهای آنالوگ در اوایل دهه 1970 به بازار ایالات متحده آمریکا وارد شدند. انگیزه و عامل اصلی تولید این محصولات نیاز واحدهای

1- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد و عضو هیات علمی دانشگاه جهرم
2 و 3- دانشیار و استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: mmtehrani@um.ac.ir
4- استادیار موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی
5- Fertile Crescent

6- UF-Feta cheese
7- Analogues cheese
8- Substitutes
9- Imitations

صنعتی و بخش‌های پوشش‌دهنده سفارشات غذایی به جایگزین‌های ارزان قیمت برای پنیر بود (McSweeney, 2007). از مزایای پنیرهای آنالوگ در مقایسه با پنیرهای معمولی قیمت کمتر آنها می‌باشد. این پنیرها را می‌توان بر اساس شرایط تغذیه‌ای ویژه (کاهش نمک، چربی اشباع و کلسترول و غنی‌سازی با املاح) به راحتی تولید نمود (Chavan & Jana, 2007).

پودرهای پروتئینی لبنی (MPC[1]، WPC[2]، SMP[3] و انواع کازئین‌ها) و غیر لبنی (مخصوصاً انواع پروتئین سویا)، منابع مختلف چربی و روغن، منابع کربوهیدراتی بویژه نشاسته، انواع پایدارکننده‌ها و امولسیون کننده‌ها، عوامل طعم زا و اسیدی کننده و غیره مهمترین اجزای مورد استفاده در تولید پنیرهای آنالوگ می باشند (McSweeney, 2007).

Shakeel-ur-Rehman و همکاران (2003) از MPC در تولید پنیر پیتزا در دو حالت اسیدی‌سازی مستقیم و غیرمستقیم استفاده کرده و مشاهده نمودند که در هر دو حالت راندمان تولید افزایش نشان می‌دهد.

از WPC و SMP نیز در تولید انواع پنیر پروسس و آنالوگ استفاده می شود (Fox *et al.*, 2004). Neshawy و همکاران در سال 1979 نشان دادند که افزایش WPC موجب بهبود طعم پنیر پروسس آنالوگ می‌گردد. El-Sheikh و همکاران (2010) مشخص کردند که افزایش WPC باعث افزایش راندمان تولید پنیر ریکوتای حاصل از WPC فراپالایش گردیده و بافت و طعم را بهبود می‌دهد. Fox (2004) عنوان کرده که جایگزین نمودن کازئین باWPC در مقادیر بالاتر از 10 تا 15 درصد بدطعمی را در پنیرهای اسیدی افزایش می‌دهد.

شیر سویا از جمله فراورده‌هایی است که علی رغم وجود برخی از مشکلات تکنولوژیکی از آن در صنعت پنیرسازی و به عنوان جایگزین قسمتی از شیر مصرفی استفاده می شود (Rani & Verma, 1995).Brander و همکاران (1985) با استفاده از مخلوط شیر سویا، آب پنیر و کازئینات، به عنوان منابع پروتئینی، پنیر آنالوگی تولید نمودند که احساس دهانی مطلوبی داشت.

از اجزای مورد استفاده در فرمولاسیون پنیر روغن و چربی می‌باشد که طعم محصول را تحت تاثیر قرار می دهند. معمولاً برای کاهش قیمت تمام شده محصول از چربی یا روغن گیاهی استفاده می‌گردد (Mounsey and O'Riordan, 2001, Chavan and Jana, 2007 andKiziloz *et al.*, 2009). Tamime (2011) عنوان نمود که استفاده از انواع مختلف چربی و روغن در ترکیب پنیر آنالوگ باید بتواند ترکیب و بافت مناسبی را در پنیر ایجاد نماید. روغن کره نیز می‌تواند طعم لبنی محصول را ارتقاء دهد.

با توجه به اینکه عمده پنیر تولیدی در کشور از نوع پنیر فتای فراپالایش می باشد و برخی از مناطق نیز پتانسیل تولید شیر بالایی ندارند لذا تولید پنیر فتای فراپالایش بازساخته مبنای کار قرار گرفت. در واقع هدف از این تحقیق رسیدن به ترکیبی است که تا حد امکان مشخصات ناتراوه[4] مورد استفاده برای تولید پنیر فتای فراپالایش را داشته باشد و پس از افزودن آنزیم، آغازگر و نمک نیز پنیری تولید شود که با خصوصیات پنیر فتای فراپالایش مطابقت نماید.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

پودرMPC (دارای 75درصد پروتئین، 1/5درصد چربی و 5 درصد رطوبت) از شرکت MILEI آلمان، پودرهای WPC (دارای 35 درصد پروتئین، 3 درصد چربی و 4/6 درصد رطوبت) و SMP (دارای 31 درصد پروتئین، 1 درصد چربی و 4 درصد رطوبت)، کره (دارای 0/5 درصد پروتئین و87درصدچربی)، مارگارین (دارای 0/5 درصد پروتئین و 82 درصد چربی)، نمک طعام تصفیه شده بدون ید و لیوان100 گرمی پنیر از شرکت فراورده‌های لبنی پگاه مشهد، آرد کامل سویا (دارای 37 درصد پروتئین، 22 درصد چربی و 6 درصد رطوبت) از شرکت توس سویا وکلرید کلسیم درجه خوراکی از شرکت KEMIRA فنلاند تهیه گردید. رنت نوع Fromase 2200 TL Granulate از شرکت DSM هلند و آغازگر SafeIT 2 دارای مخلوطی از باکتری‌های مزوفیل و ترموفیل (استرپتوکوکوس ترموفیلوس، لاکتو باسیلوس بولگاریکوس و لاکتوباسیلوس هلوتیکوس) نیز ازشرکت CHR HANSEN دانمارک تهیه شد.

تولید پنیر

برای تهیه شیر سویا، آرد کامل سویا با آب جوش و به نسبت 1 به 6 در یک مخلوط کن به مدت 10 دقیقه مخلوط گردید (قدس روحانی، 1388) و به طور کامل مورد استفاده قرار گرفت. برای باز شدن ماتریکس پروتئینی بهتر است دما طی فرایند آماده‌سازی بالاتر از 80 درجه سانتی‌گراد نگه داشته شود (قدس روحانی، 1388). درهرنوبتاز تولید، 1کیلوگرم ناتراوه بازسازی شد، بدین صورت که ابتدا در یک مخلوط کن آزمایشگاهی پودرهای MPC، WPC و SMPبا آب گرم 60 درجه سانتی گراد به مدت 5 دقیقه مخلوط گردید تا بافت هموژن و یکنواختی به دست آید. پس از آن شیر سویای از پیش آماده شده اضافه شده و کاملاً مخلوط گردید. پس از رساندن دما به حدود

1- Milk protein concentrate (MPC)
2- Whey protein concentrate (WPC)
3- Skim milk protein (SMP)

4- Retentate

40 درجه سانتی‌گراد، کره و چربی گیاهی افزوده شد و بطور کامل مخلوط گردید. جهت هموژنیزاسیون و جلوگیری از جدا شدن گلبولهای چربی در زمان فرایند، مخلوط حاصل به مدت 90 ثانیه و با سرعت 20000 توسط دستگاه T 25 digital ULTRA-TURRAX® هموژن گردید (Day *et al.*, 2007). پس از هموژنیزاسیون، مخلوط در دمای 63 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه پاستوریزه شد. در ادامه مقدار 1/4 درصد نمک نیز اضافه شد و پس از انحلال کامل نمک، مخلوط تا دمای 34 درجه سانتی‌گراد خنک گردید. پس از کاهش دما ابتدا 0/02 درصد کلرید کلسیم و سپس 3 درصد مخلوط آنزیم و آغازگری که پیشتر در آب استریل با دمای 30 درجه سانتی گراد حل شده بودند به ناتراوه اضافه گردید (Bylund, 1995). پس از افزودن موارد مذکور، مخلوط درون ظروف 100 گرمی مخصوص ریخته شد و پس از درب بندی به گرمخانه‌ای با دمای 34 درجه سانتی‌گراد منتقل شد تا طی حدود 25 دقیقه عمل انعقاد صورت گیرد. پس از تکمیل عمل انعقاد، نمونه‌ها به مدت 19 ساعت در دمای 27 درجه‌سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شد و سپس به مدت 72 ساعت در دمای 5 درجه سانتی‌گراد نگه داری گردید. پس از طی مدت زمان مذکور آزمون‌های شیمیایی، مکانیکی و حسی بر روی نمونه‌ها انجام شد (رشیدی و همکاران، 1390).

آزمایشات

آزمایشات شیمیایی

مواد جامد کل به روش وزنی (AOAC,1995)، پروتئین کل به روش میکروکلدال (AOAC,1995)، و اسیدیته به روش تیتراسیون (AOAC,1995) اندازه گیری شد.

آزمایشات حسی

ارزیابی حسی با آزمون چشایی توسط 10 نفر از دانشجویان تحصیلات تکمیلی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد صورت گرفت. ارزیابان بر اساس علاقه و دقت انتخاب شدند و درخصوص امتیازدهی به رنگ و ظاهر، آروما، بافت، طعم و پذیرش کلی به روش هدونیک 5 نقطه ای[1] (از 1 تا 5) آموزش داده شدند. حداقل و حداکثر رضایتمندی به ترتیب با امتیاز 1 تا 5 مشخص گردید. نمونه‌های مکعبی 20 گرمی در اختیار ارزیابان قرار گرفت و از آنان خواسته شد تا قبل از انجام هر آزمون دهان خود را با آب بشویند (Meilgaard *et al.*, 1999).

طرح آزمایش و آنالیز آماری

تیمارهای تولید به روش کاملاً تصادفی در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD)[2]، با شش تکرار در نقطه مرکزی، برای چهار متغیر و در سه سطح بسته شدند به صورتی که تعداد کل تیمارها 30 تیمار گردید (جدول 1 و 2). نتایج پژوهش با استفاده از نرم افزار آماری Design-Expert, Version 8.0.7.1 به روش سطح پاسخ آنالیز شد و هر یک از متغیرهای پاسخ در قالب مدل رگرسیون چندجمله ای زیر به صورت تابعی از متغیرهای مستقل ارائه شدند:

$$Y=K+AX_1+BX_2+CX_3+DX_4+ABX_1X_2+ACX_1X_3+ADX_1X_4+BCX_2X_3+BDX_2X_4+CDX_3X_4+A^2X_1^2+B^2X_2^2+C^2X_3^2+D^2X_4^2$$

که در آن Y عبارت است از متغیر تابع یا پاسخ، X_1، X_2، X_3 و X_4 سطوح کدبندی شده متغیرهای مستقل، K مقدار ثابت (مقدار پاسخ در حالتی که متغیرهای مستقل در نقطه مرکزی قرار دارند)، A، B، C و D به ترتیب اثرات خطی MPC، WPC، شیر سویا و مارگارین، A^2، B^2، C^2 و D^2 اثرات درجه دوم و سایر ضرایب اثرات متقابل می‌باشند. با استفاده از جدول آنالیز واریانس معنی دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل ضرایب مدل رگرسیون برای هر پاسخ در سطوح 0/05، 0/01 و 0/001 بررسی گردید (جدول 3 و 4).

جدول 1- متغیرهای مستقل و سطوح مربوطه در فرایند تولید پنیر فتای فراپالایش آنالوگ

متغیر	نماد	سطوح کدبندی شده متغیر		
		+1	0	-1
MPC (درصد)	X_1	10	9	8
WPC (درصد)	X_2	3	1/5	0
شیر سویا (درصد)	X_3	15	10	5
مارگارین (درصد)	X_4	10	5	0

نتایج و بحث

صفات شیمیایی

مواد جامد کل

طبق استاندارد 12736 حداقل مقدار ماده جامد کل برای پنیر فتای فراپالایش آنالوگ 35 درصد می‌باشد که در محدوده تعریف شده برای فرمولاسیون قرار دارد. شکل 1- الف اثر MPC و WPC را بر مواد جامد کل در شرایطی که شیر سویا و مارگارین به ترتیب در نقاط مرکزی10 و 5 درصد قرار دارند نشان می‌دهد. همان طور که در این شکل مشخص است با افزایش میزان MPC و WPC مقدار مواد جامد کل افزایش می‌یابد. در مقادیر ثابت هر یک از دو متغیر مذکور نیز افزایش دیگری باعث افزایش مواد جامد کل می‌گردد که این افزایش در مقادیر بالاتر هر یک از متغیرها بیشتر است به طوریکه بالاترین مقدار مواد جامد کل در نقطه 10 درصد MPC و 3 درصد WPC می‌باشد.

1- Five-points hedonic scale

2- Central Composite Design

جدول 2- سطوح کدبندی شده و واقعی متغیرهای مستقل

تیمار	سطوح کدبندی شده				سطوح واقعی (درصد)				پاسخ		
	X_1	X_2	X_3	X_4	MPC	WPC	شیر سویا	مارگارین	مواد جامد کل (درصد)	پروتئین(درصد)	اسیدیته
1	-1	-1	1	-1	8	0	15	0	32/48	8/73	0/84
2	-1	1	-1	-1	8	3	5	0	34/22	9/25	0/95
3	-1	-1	-1	1	8	0	5	10	31/07	8/2	0/79
4	-1	0	0	0	8	1/5	10	5	33/16	8/99	0/88
5	-1	-1	1	1	8	0	15	10	32/09	8/73	0/84
6	-1	1	1	-1	8	3	15	0	35/25	9/77	0/95
7	-1	-1	-1	-1	8	0	5	0	31/45	8/2	0/8
8	-1	1	-1	1	8	3	5	10	33/84	9/25	0/93
9	-1	1	1	1	8	3	15	10	34/86	9/78	0/93
10	0	1	0	0	9	3	10	5	35/48	10/26	0/96
11	0	0	0	0	9	1/5	10	5	34/02	9/7	0/9
12	0	0	0	0	9	1/5	10	5	34/05	9/71	0/93
13	0	0	0	1	9	1/5	10	10	33/9	9/74	0/92
14	0	0	-1	0	9	1/5	5	5	33/58	9/47	0/92
15	0	0	0	0	9	1/5	10	5	34/08	9/72	0/93
16	0	0	0	0	9	1/5	10	5	34/09	9/74	0/92
17	0	-1	0	0	9	0	10	5	32/71	9/21	0/87
18	0	0	0	-1	9	1/5	10	0	34/29	9/74	0/95
19	0	0	0	0	9	1/5	10	5	34/12	9/76	0/95
20	0	0	0	0	9	1/5	10	5	34/1	9/75	0/92
21	0	0	1	0	9	1/5	15	5	34/6	10	0/95
22	1	1	-1	1	10	3	5	10	35/71	10/75	0/99
23	1	-1	-1	1	10	0	5	10	32/94	9/7	0/89
24	1	1	1	-1	10	3	15	0	37/12	11/27	0/99
25	1	-1	1	-1	10	0	15	0	34/35	10/22	0/88
26	1	-1	-1	-1	10	0	5	0	33/32	9/7	0/88
27	1	-1	1	1	10	0	15	10	33/96	10/23	0/88
28	1	1	-1	-1	10	3	5	0	36/09	10/75	0/99
29	1	1	1	1	10	3	15	10	36/73	11/28	1
30	1	0	0	0	10	1/5	10	5	35/03	10/49	0/96

علاوه بر این تاثیر WPC در افزایش میزان مواد جامد کل در مقایسه با MPC بیشتر است که می‌تواند به دلیل رطوبت کمتر WPC مصرفی باشد (Tamime, 2009). Fox و همکاران (2004) نیز عنوان کرده اند که افزایش MPC و WPC میزان مواد جامد و سختی دلمه اسیدی را افزایش می‌دهند.

افزایش شیر سویا نیز میزان مواد جامد کل را افزایش می‌دهد اما در مقایسه با متغیرهای MPC و WPC این افزایش به مراتب کمتر می‌باشد که دلیل آن ماده خشک کمتر شیر سویا می‌باشد (شکل 1- ب).

در مورد اثر مارگارین نیز همانگونه که در شکل 1- پ مشخص است افزایش آن باعث کاهش مواد جامد کل گردید. دلیل این مساله آنست که با توجه به ثابت بودن درصد چربی پنیر (16 درصد) و تامین شدن آن با دو منبع گیاهی و حیوانی، افزایش مقدار مارگارین به معنای کاهش میزان کره در فرمول می‌باشد و با توجه به اینکه میزان ماده جامد مارگارین کمتر از کرهبود لذا با افزایش درصد مارگارین مقدار مواد جامد کل در تقابل با افزایش سایر متغیرها تا حدودی کاهش یافت.

جدول 3- ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس برای متغیرهای پاسخ (آزمون شیمیایی)

منبع	مواد جامد کل		پروتئین		اسیدیته	
	ضرایب	مجموع مربعات	ضرایب	مجموع مربعات	ضرایب	مجموع مربعات
مدل	$34/08^{***}$	55/66	$9/73^{***}$	16/31	$0/93^{***}$	0/08
A	$0/93^{***}$	15/74	$0/75^{***}$	10/11	$0/031^{***}$	0/017
B	$1/38^{***}$	34/53	$0/52^{***}$	4/95	$0/057^{***}$	0/058
C	$0/51^{***}$	4/72	$0/26^{***}$	1/25	$6/67\times10^{-3ns}$	8×10^{-4}
D	$-0/19^{***}$	0/67	$1/67\times10^{-3ns}$	5×10^{-5}	$-3/33\times10^{-3ns}$	2×10^{-4}
AB	0^{ns}	0	$6/25\times10^{-4ns}$	$6/25\times10^{-6}$	$-3/12\times10^{-3ns}$	$1/56\times10^{-4}$
AC	0^{ns}	0	$-6/25\times10^{-4ns}$	$6/25\times10^{-6}$	$-5/62\times10^{-3ns}$	$5/06\times10^{-4}$
AD	0^{ns}	0	$6/25\times10^{-4ns}$	$6/25\times10^{-6}$	$4/37\times10^{-3ns}$	$3/06\times10^{-4}$
BC	0^{ns}	0	$-6/25\times10^{-4ns}$	$6/25\times10^{-6}$	$-4/37\times10^{-3ns}$	$3/06\times10^{-4}$
BD	0^{ns}	0	$6/25\times10^{-4ns}$	$6/25\times10^{-6}$	$-1/87\times10^{-3ns}$	$5/62\times10^{-5}$
CD	$-2/5\times10^{-3ns}$	1×10^{-4}	$1/87\times10^{-3ns}$	$6/25\times10^{-5}$	$6/25\times10^{-4ns}$	$6/25\times10^{-6}$
A^2	$3/6\times10^{-3ns}$	$3/35\times10^{-5}$	$3/86\times10^{-3ns}$	$3/86\times10^{-5}$	$-0/011^{ns}$	$3/22\times10^{-4}$
B^2	$3/6\times10^{-3ns}$	$3/35\times10^{-5}$	$-1/14\times10^{-3ns}$	$3/37\times10^{-6}$	$-0/016^{ns}$	$6/75\times10^{-4}$
C^2	$-1/41\times10^{-3ns}$	$5/1\times10^{-6}$	$-1/14\times10^{-3ns}$	$3/37\times10^{-6}$	$3/86\times10^{-3ns}$	$3/86\times10^{-5}$
D^2	$3/6\times10^{-3ns}$	$3/35\times10^{-5}$	$3/86\times10^{-3ns}$	$3/86\times10^{-5}$	$3/86\times10^{-3ns}$	$3/86\times10^{-5}$
باقی مانده	-	$7/32\times10^{-3}$	-	$2/98\times10^{-3}$	-	$3/33\times10^{-3}$
عدم برازش	-	$7/96\times10^{-4ns}$	-	$1/79\times10^{-4ns}$	-	$1/98\times10^{-3ns}$
خطای خالص	-	$6/53\times10^{-3}$	-	$2/80\times10^{-3}$	-	$1/35\times10^{-3}$
کل	-	55/66	-	16/31	-	0/083
ضریب تبیین (R^2)		99/99	-	99/98		0/96

پروتئین

بر اساس استاندارد 12736 حداقل مقدار پروتئین تعریف شده برای پنیر فتای فراپالایش آنالوگ 10 درصد است که محدوده در نظر گرفته شده برای فرمولاسیون، آن را پوشش می‌دهد. همان طور که در شکل 2- الف مشخص است با افزایش میزان MPC و WPC مقدار پروتئین به طور معنی داری افزایش می‌یابد. در مقادیر ثابت هر یک از دو متغیر مذکور نیز افزایش دیگری باعث افزایش پروتئین می‌گردد که این افزایش در مقادیر بالاتر هر یک از متغیرها بیشتر است. علاوه بر این، تاثیر MPC در افزایش میزان پروتئین در مقایسه با WPC بیشتر است که دلیل آن محتوای پروتئینی بالاتر و مصرف بیشتر MPC می‌باشد.

در مورد اثر شیر سویا بر میزان پروتئین نیز همانگونه که از شکل (2- ب) بر می‌آید افزایش شیر سویا میزان پروتئین را در تمام سطوح MPC افزایش می‌دهد که این افزایش در سطوح بالاتر MPC مشهودتر است. کمتر بودن درصد پروتئین شیر سویا نسبت به متغیرهایی همچون MPC و WPC باعث شده تا تاثیر این متغیر بر میزان پروتئین به اندازه اثر متغیرهای مذکور چشمگیر نباشد.

اسیدیته

مطابق استاندارد 12736، میزان اسیدیته پنیر فتای فراپالایش آنالوگ باید در محدوده 0/5 تا 2 درصد باشد که اسیدیته پنیرهای تولیدی نیز در این محدوده قرار دارند. مطابق شکل 3 با افزایش میزان MPC و WPC مقدار اسیدیته به طور معنی داری افزایش می‌یابد. در مقادیر ثابت هر یک از دو متغیر مذکور نیز افزایش دیگری باعث افزایش اسیدیته می‌گردد که این افزایش در مقادیر بالاتر هر یک از متغیرها بیشتر است. علاوه بر این تاثیر WPC در افزایش میزان اسیدیته در مقایسه با MPCبیشتر است که دلیل این امر میزان به مراتب بالاتر لاکتوز در مقایسه با MPC می‌باشد (Tamime, 2009) که به عنوان سوبسترای کشت‌های آغازگر عمل کرده و اسیدیته را افزایش می‌دهد (Fox *et al*., 2004, 2000).

صفات حسی

رنگ و ظاهر

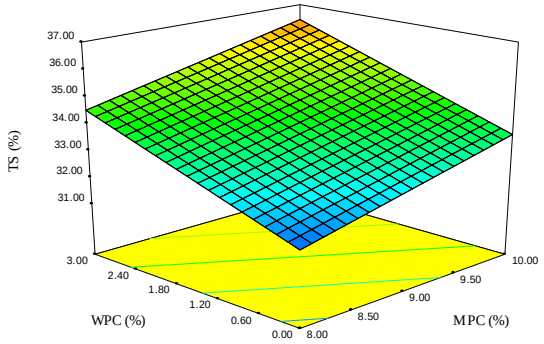
طبق استاندارد 12736، رنگ پنیر تازه آنالوگ باید بین سفید شیری تا سفید متمایل به زرد باشد که تمام پنیرهای تولیدی با توجه به امتیازات مربوطه، که بالاتر از متوسط بودند، این مهم را پوشش دادند.

جدول 4- ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس برای متغیرهای پاسخ (ارزیابی حسی)

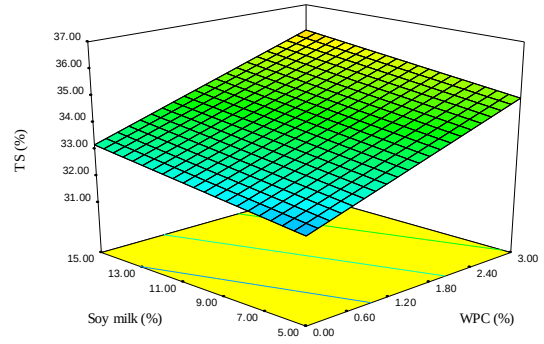
منبع	رنگ و ظاهر		آروما		بافت		طعم		پذیرش کلی	
	ضرایب	مجموع مربعات	ضرایب	مجموع مربعات	ضرایب	مجموع مربعات	ضرایب	مجموع مربعات	ضرایب	مجموع مربعات
مدل	$3/95^{***}$	1/38	$3/84^{***}$	0/59	$3/86^{***}$	0/45	$3/95^{***}$	1/58	$3/88^{***}$	1/26
A	$0/14^{***}$	0/38	0^{ns}	0	$0/078^{***}$	0/11	0^{ns}	$2/22\times10^{-2}$	$-0/022^{ns}$	$8/89\times10^{-3}$
B	$-0/061^{*}$	0/067	$-0/011^{ns}$	$2/22\times10^{-3}$	$0/089^{***}$	0/14	$0/12^{***}$	0/24	$0/16^{***}$	0/44
C	$-0/19^{***}$	0/64	$-0/12^{***}$	0/25	$0/061^{**}$	0/067	$-0/067^{*}$	0/080	$-0/089^{**}$	0/14
D	$-0/011^{ns}$	$2/22\times10^{-3}$	$-0/056^{*}$	0/056	$-0/017^{ns}$	5×10^{-3}	$-0/13^{***}$	0/32	$-0/13^{***}$	0/32
AB	$-0/037^{ns}$	0/022	$-0/094^{***}$	0/14	$0/044^{*}$	0/031	$-0/069^{*}$	0/076	$-0/044^{ns}$	0/031
AC	$0/075^{*}$	0/090	$6/25\times10^{-3ns}$	$6/25\times10^{-4}$	$-6/25\times10^{-3ns}$	$6/25\times10^{-4}$	$-0/056^{*}$	0/051	$-0/019^{ns}$	$5/62\times10^{-3}$
AD	$-0/012^{ns}$	$2/5\times10^{-3}$	$-6/25\times10^{-3ns}$	$6/25\times10^{-4}$	$-6/25\times10^{-3ns}$	$6/25\times10^{-4}$	$0/044^{ns}$	0/031	$-0/044^{ns}$	0/031
BC	$0/038^{ns}$	0/023	$0/019^{ns}$	$5/625\times10^{-3}$	$0/019^{ns}$	$5/62\times10^{-3}$	$-6/25\times10^{-3ns}$	$6/25\times10^{-4}$	$0/031^{ns}$	0/016
BD	0^{ns}	0	$6/25\times10^{-3ns}$	$6/25\times10^{-4}$	$-6/25\times10^{-3ns}$	$6/25\times10^{-4}$	$-0/056^{*}$	0/051	$0/056^{*}$	0/051
CD	$0/013^{ns}$	$2/5\times10^{-3}$	$6/25\times10^{-3ns}$	$6/25\times10^{-4}$	$-6/25\times10^{-3ns}$	$6/25\times10^{-4}$	$6/25\times10^{-3ns}$	$6/25\times10^{-4}$	$6/25\times10^{-3ns}$	$6/25\times10^{-4}$
A^2	$-0/098^{ns}$	0/025	$0/14^{*}$	0/054	$0/054^{ns}$	$7/66\times10^{-3}$	$-0/32^{***}$	0/26	$-0/12^{ns}$	0/036
B^2	$-0/15^{ns}$	0/057	$0/045^{ns}$	$5/18\times10^{-3}$	$0/054^{ns}$	$7/66\times10^{-3}$	$0/033^{ns}$	$2/88\times10^{-3}$	$0/082^{ns}$	0/018
C^2	$-6/25\times10^{-3ns}$	$7/97\times10^{-6}$	$-5/26\times10^{-3ns}$	$7/18\times10^{-5}$	$4/39\times10^{-3ns}$	$4/98\times10^{-5}$	$-0/017^{ns}$	$7/2\times10^{-4}$	$-0/018^{ns}$	$7/97\times10^{-4}$
D^2	$0/20^{*}$	0/11	$-0/055^{ns}$	$7/91\times10^{-3}$	$4/39\times10^{-3ns}$	$4/98\times10^{-5}$	$-0/017^{ns}$	$7/2\times10^{-4}$	$-0/12^{ns}$	0/036
باقی مانده	-	0/21	-	0/1	-	0/073	-	0/15	-	0/16
عدم برازش	-	$0/11^{ns}$	-	$0/031^{ns}$	-	$0/044^{ns}$	-	$0/10^{ns}$	-	$0/13^{ns}$
خطای خالص	-	0/10	-	0/073	-	0/028	-	0/053	-	0/028
کل	-	1/59	-	0/69	-	0/52	-	1/73	-	1/42
ضریب تبیین (R^2)	-	86/69	-	84/94	-	85/96	-	91/17	-	88/85

*- معنی دار بودن در سطح 0/05، **- معنی دار بودن در سطح 0/01، ***- معنی دار بودن در سطح 0/001.
ns- غیر معنی دار.

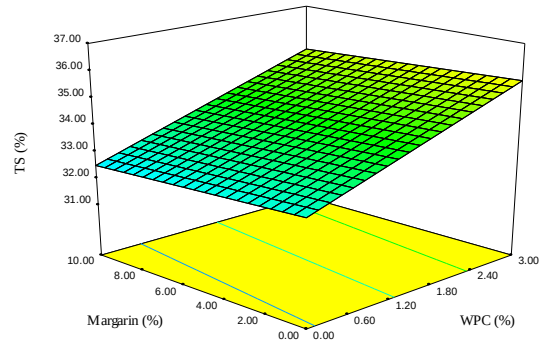
همان طور که در شکل 4- الف مشخص است با افـزایش مقـدار MPC امتیاز رنگ و ظاهر در تمام سطوح WPC افزایش می‌یابد که این افزایش در مقادیر بالاتر MPC شیب ملایم تری به خود می‌گیرد. همچنین در تمام سطوح MPC، با افزایش مقدار WPC امتیاز رنگ و ظاهر در ابتدا افزایش یافته و سپس روند کاهشی را دنبال می‌کند بـه طوری که پایین ترین امتیاز رنگ و ظاهر مربوط به نقطـه 8 درصـد MPC و 3 درصد WPC می‌باشد. رنگ زرد WPC باعث می‌شود تـا زمان افزایش مقدار آن در فرمول سفیدی رنگ پنیر تولیـدی کـاهش یابد در حالیکه MPC رنگ سفید شیری داشته و رنگ سفید را در پنیر تقویت می‌کند. بالا بـودن لاکتـوز و پـروتئین پودرهـای آب پنیـر و استفاده از دماهای بالا طی فرایند تبخیر، بروز واکنش‌های مـیلارد و افزایش شدت رنگ را در آن‌ها تقویت می‌کند (Tamime, 2009).



(الف)



(ب)



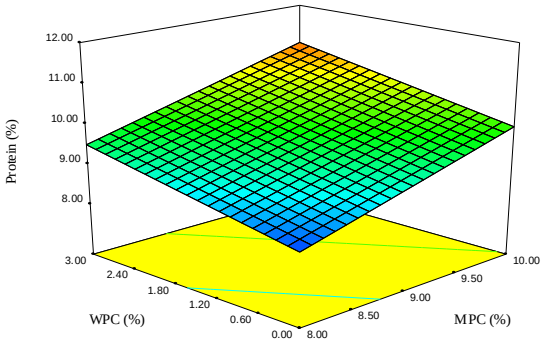
(پ)

شکل 1- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغیرها بر درصد مواد جامد کل

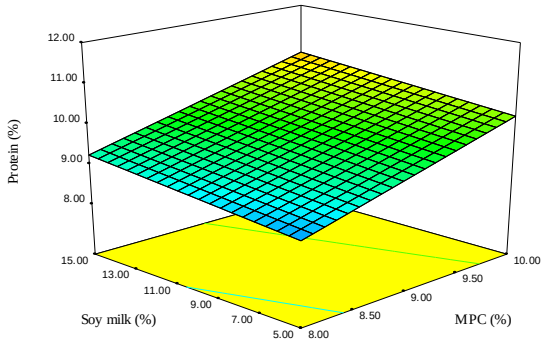
در ارتباط با تاثیر شیر سویا بر امتیاز رنگ و ظاهر نیز مطابق شکل 4- ب، افزایش شیر سویا امتیاز رنگ و ظاهر را کاهش می‌دهد که این کاهش در سطوح پایین تر MPC به مراتب بیشتر است. با توجه به اینکه شیر سویا از سویای حرارت دیده یا آرد حاصل از آن تهیه می‌شود، لذا رنگ شیر سویای حاصل از آن زرد مایل به قهوه ای بوده که پس از استفاده در فرمول باعث کاهش سفیدی رنگ پنیر تولیدی می‌گردد. اثر حرارت و بروز واکنش‌های میلارد باعث تغییر رنگ آرد سویا و شیر سویای حاصل از آن می‌شود (Liu, 2004). همچنین با توجه به استفاده از دمای حدود 100 درجه سانتی گراد در تولید شیر سویا بروز واکنش‌های میلارد و افزایش شدت رنگ نیز دور از انتظار نمی‌باشد (Johnson, *et al*. 2008).

بافت

پنیر تازه آنالوگ باید دارای بافتی یکنواخت با گسترش‌پذیری مناسب بوده و فاقد قطرات آزاد روغن گیاهی باشد (استاندارد 12736) که این مهم در فرمولاسیون‌های تولیدی تامین گردید. مطابق شکل 5- الف با افزایش میزان MPC و WPC امتیاز بافت به طور معنی داری افزایش می‌یابد. میزان افزایش امتیاز بافت در مقادیر بالاتر MPC و WPC نسبت به مقادیر پایین تر به مراتب مشهودتر است.Abou El Nour و همکاران (1998) نیز با جایگزین کردن MPC در فرمول پنیر تقلیدی مشاهده کردند که استحکام بافتی افزایش می‌یابد (Bachmann, 2001) که می‌تواند به خاطر افزایش میزان پروتئین‌های باند کننده آب باشد. همچنین مشخص شده که افزودن WPC دناتوره شده به دلیل خاصیت جذب آبی که دارد باعث بهبود بافت پنیرهای کم‌چرب می‌گردد (McSweeney, 2007).

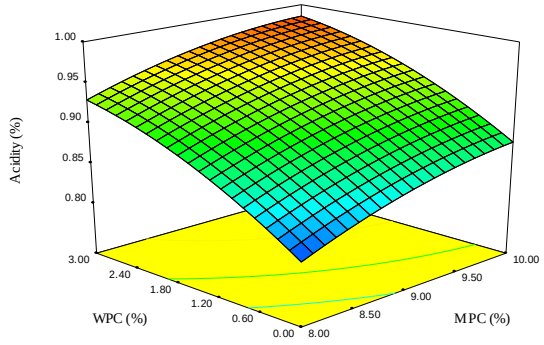


(الف)

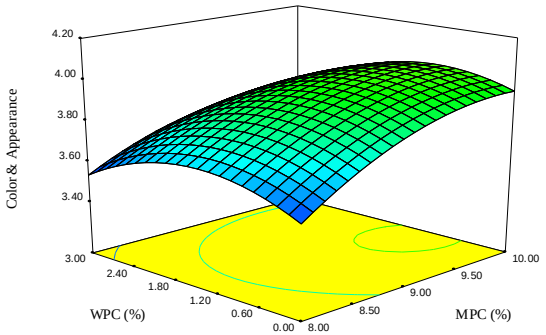


(ب)

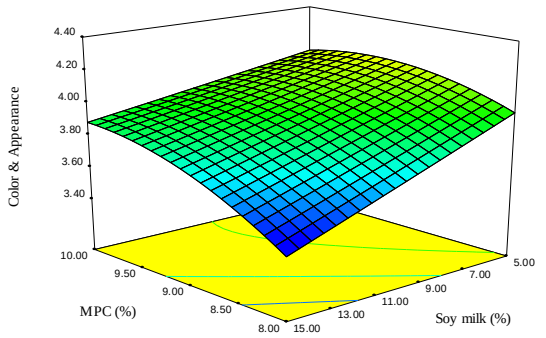
شکل 2- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغیرها بر درصد پروتئین



شکل 3- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغیرها بر اسیدیته



(الف)



(ب)

شکل 4- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغیرها بر امتیاز رنگ و ظاهر

در شکل 5- ب نیز تاثیر شیر سویا بر امتیاز بافت نشان داده شده است. افزایش شیر سویا امتیاز بافت را در تمام سطوح WPC افزایش می‌دهد که این افزایش در سطوح بالاتر WPC بیشتر می‌باشد. افزایش ماده جامد ناشی از افزودن شیر سویا و همچنین حضور پروتئین‌های جاذب آب سویا عامل اصلی افزایش امتیاز بافت می‌باشد. استفاده از حرارت بالا در تولید شیر سویا باعث دناتوره شدن پروتئین‌ها شده و نقش پرکنندگی آنها را بهبود می‌بخشد (Johnson *et al.*, 2008). افزودن شیر سویا باعث افزایش میزان پروتئین‌های جاذب آب می‌گردد (Belitz, 2009).

آروما

پنیر تازه آنالوگ باید دارای آروما و طعم مناسب و مخصوص به خود بوده و فاقد هرگونه آروما و طعم نامطلوب و غیر طبیعی و بدطعمی‌های ناشی از چربی گیاهی باشد (استاندارد 12736) که امتیازات بالاتر از حد متوسط پنیرهای تولید شده موید این مطلب می‌باشد. با افزایش مقدار MPC امتیاز آروما در سطوح پایین WPC افزایش و در سطوح بالای آن کاهش می‌یابد. اما در مورد WPC با افزایش آن در سطوح پایین MPC امتیاز آروما افزایش و در سطوح بالای آن کاهش می‌یابد (شکل 6-الف).

در مورد اثر شیر سویا و مارگارین بر امتیاز آروما نیز همان گونه که در شکل 6- ب مشاهده می‌شود افزایش هر دو باعث کاهش امتیاز آروما می‌گردد. تاثیر شیر سویا در کاهش آروما از مارگارین بیشتر است به گونه ای که شیب منحنی آن از شیب منحنی مربوط به تغییرات مارگارین بیشتر می‌باشد.

آروما‌ی خاص شیر سویا عامل اصلی کاهش آروما‌ی پنیر تولیدی می‌باشد. اثر منفی مارگارین بر آروما نیز بدین خاطر است که در مقادیر بالای مارگارین مقدار کره کمتری جهت تنظیم چربی مورد استفاده قرار می‌گیرد و از آنجا که عوامل موثر در ایجاد آروما‌ی لبنی در کره بیشتر از مارگارین است لذا افزایش مقدار مارگارین آروما‌ی پنیر را کاهش می‌دهد.

طعم

با توجه به شکل 7- الف، با افزایش مقدار MPC امتیاز طعم در سطوح مختلف WPC ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد در صورتی که با افزایش مقدار WPC امتیاز طعم در تمام سطوح MPC همواره روند صعودی خود را حفظ می‌کند به گونه ای که بالاترین امتیاز طعم

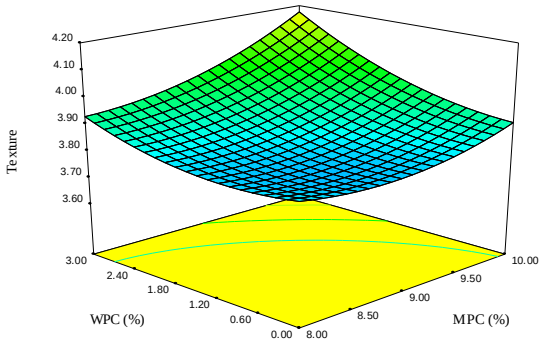
مربوط به 9 درصد MPC و 3 درصد WPC می‌باشد. Muirو همکاران (1999) اعلام کردند که افزودن پودرهای با پروتئین بالا طعم پنیرهای آنالوگ را احتمالا به دلیل فعالیت پلاسمین باقی مانده و پروتئاز خارج سلولی تحت تاثیر قرار می‌دهند.

در ارتباط با اثر شیر سویا بر امتیاز طعم نیز همان طور که در شکل 7- ب نشان داده شده است، افزایش شیر سویا باعث کاهش امتیاز طعم می‌گردد که این کاهش در سطوح بالاتر MPC فاحش تر می‌باشد. اگر چه با افزایش مقدار شیر سویا امتیاز طعم کاهش می‌یابد اما در بدترین حالت هم امتیاز طعم همچنان از متوسط امتیازها بالاتر است. تاثیر منفی شیر سویا در ایجاد بد طعمی به خاطر آزاد شدن آلدهیدها و کتون‌ها در اثر تجزیه هیدروپراکسیدها می‌باشد (Fennema, 1996).

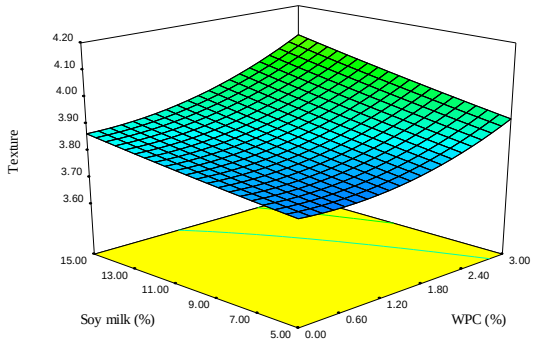
مارگارین نیز بر امتیاز طعم تاثیر گذار می‌باشد. همان گونه که در شکل 7- پ مشاهده می‌شود افزایش مقدار مارگارین در تمام سطوح WPC امتیاز طعم را کاهش می‌دهد. افزایش WPC نیز در سطوح مختلف مارگارین سبب افزایش امتیاز طعم می‌گردد که این افزایش در مقادیر پایین تر مارگارین مشهود تر است. افزایش مصرف کره در سطوح پایین تر مارگارین عامل اصلی افزایش امتیاز طعم می‌باشد. Muirو همکاران (1999) در بررسی اثر جایگزین‌ها بر طعم پنیر پروسس آنالوگ اعلام کردند که پنیرهای حاوی چربی بدون آب شیر بخاطر گسترش طعم خامه ای یا کره ای از امتیاز بالاتری برخوردار بودند.

پذیرش کلی

همان طور که در این شکل8- الف مشخص است با افزایش مقدار WPC امتیاز پذیرش کلی در تمام سطوح شیر سویا افزایش می‌یابد که میزان این افزایش در مقادیر پایین تر شیر سویا بیشتر می‌باشد. همچنین در تمام سطوح WPC، با افزایش مقدار شیر سویا امتیاز پذیرش کلی کاهش می‌یابد که این کاهش در مقادیر پایین تر WPC مشخص تر می‌باشد.

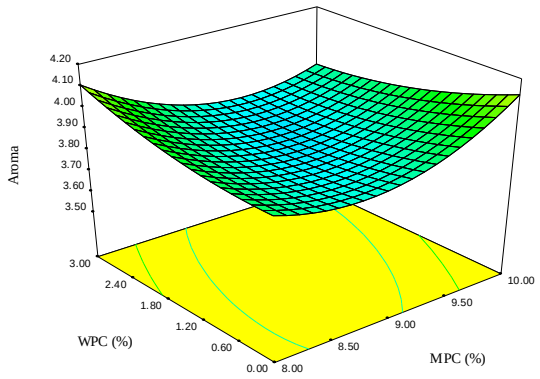


(الف)

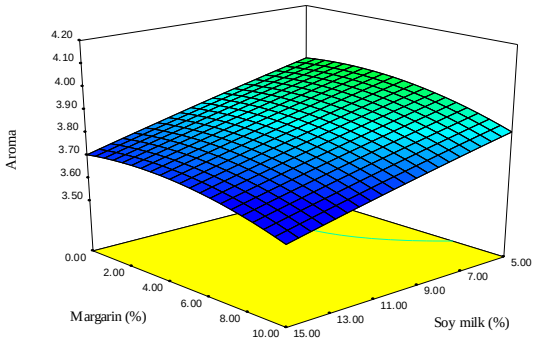


(ب)

شکل 5- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغیرها بر امتیاز بافت



(الف)



(ب)

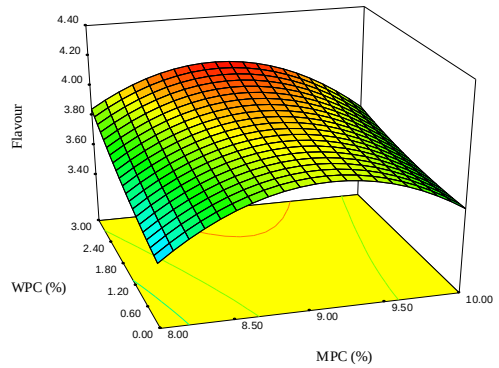
شکل 6- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغیرها بر امتیاز آروما

در شکل 8- ب نیز تاثیر WPC و مارگارین بر امتیاز پذیرش کلی نشان داده شده است. مطابق شکل با افزایش مقدار WPC امتیاز پذیرش کلی در تمام سطوح مارگارین افزایش می‌یابد که میزان این افزایش در مقادیر پایین تر مارگارین بیشتر می‌باشد. همچنین در تمام سطوح WPC، با افزایش مقدار مارگارین امتیاز پذیرش کلی پس از یک افزایش جزیی در ادامه کاهش می‌یابد. کاهش نسبت کره در سطوح بالای مارگارین و ماده خشک کمتر مارگارین نسبت به کره عامل اصلی کاهش امتیاز پذیرش کلی می‌باشد.

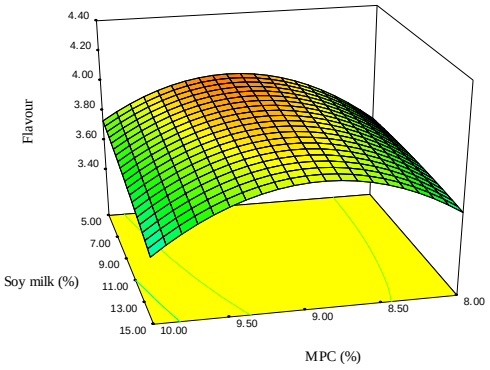
بهینه‌سازی

بهینه‌سازی متغیرهای تولید از جمله کاربردهای مهم روش سطح پاسخ می‌باشد. بهینه‌سازی متغیرها به گونه ای صورت می‌گیرد که مجموع پاسخ‌ها بیشترین امتیاز ممکن را دریافت نمایند (قدس روحانی و همکاران، 1388). در این پژوهش میزان MPC در دامنه 8 تا 9 درصد، میزان WPC در دامنه صفر تا 3 درصد، میزان شیر سویا در دامنه 5 تا 15 درصد و میزان مارگارین در دامنه صفر تا 10 درصد به گونه‌ای به دست آمد تا پنیر حاصله دارای ماده خشک و پروتئینی در محدوده استاندارد بوده و تا حد امکان بالاترین امتیاز صفات حسی را داشته باشد. بدین ترتیب نقطه بهینه به دست آمده عبارت بود از: 9/13 درصد MPC، 3 درصد WPC، 15درصد شیر سویا و 7/65 درصد مارگارین.

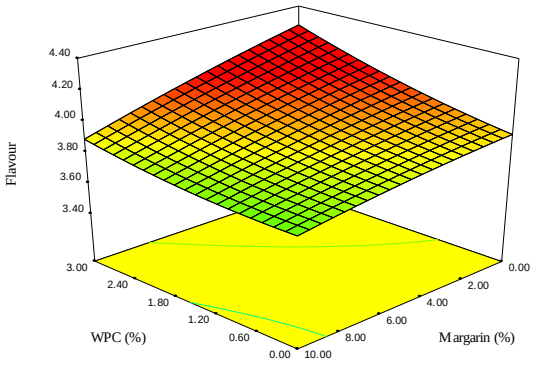
برای هر یک از متغیرهای تولید نیز می‌توان دامنه بهینه را به دست آورد بدین ترتیب که با روی هم قرار دادن نمودارهای سطح پاسخ برای کلیه پاسخ ها در محدوده مورد نظر و رسم نمودار کانتور به دست می‌آید. به عنوان مثال، شکل 9دامنه بهینه فرآیند تولید را برای دو متغیر غلظت MPC و WPC درشرایطی که مقادیر دو متغیر شیر سویا و مارگارین به ترتیب در نقاط بهینه 15 درصد و 7/65 درصد ثابت می‌باشند، نشان می‌دهد.



(الف)

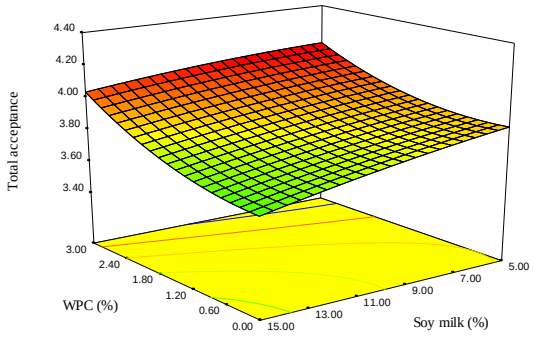


(ب)

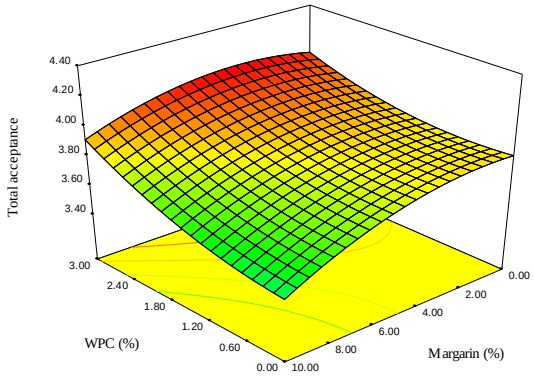


(پ)

شکل 7- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغیرها بر امتیاز طعم

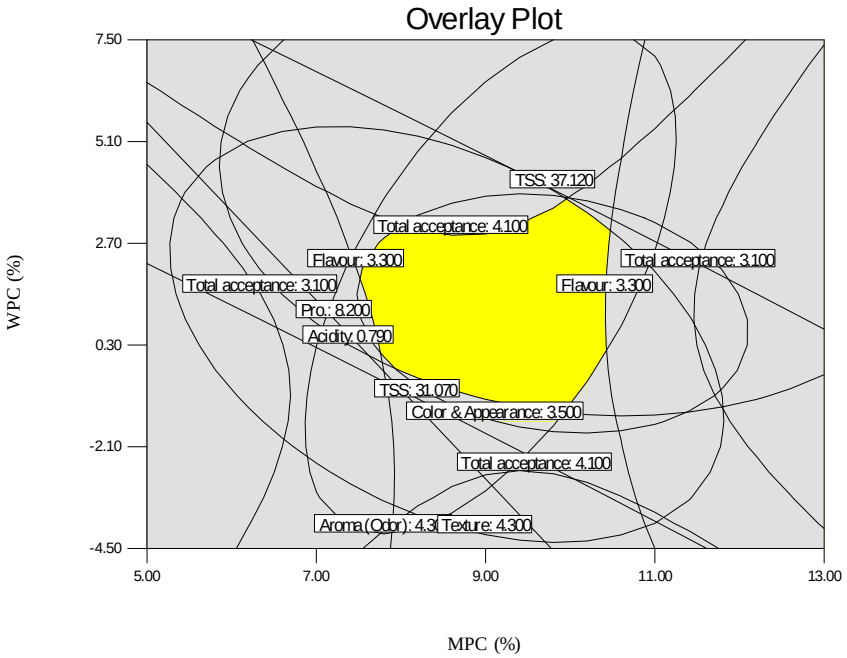


(الف)



(ب)

شکل 8- نمودار سطح پاسخ تاثیر متغیرها بر امتیاز پذیرش کلی



شکل 9- نمودار کانتور دو متغیر MPC و WPC در شرایطی که شیر سویا و مارگارین در نقاط بهینه 15 درصد و 7/65 درصد قرار دارند.

نتیجه‌گیری

هر چند تولید پنیر بازساخته آنالوگ با مشکلات تکنولوژیکی خاصی نظیر عدم سهولت اختلاط پودرها روبروست و بکارگیری اجزای غیر لبنی همچون سویا نیز می‌توانند بر برخی ویژگی‌ها به ویژه ویژگی‌های حسی تاثیر منفی داشته باشند اما با اصلاح فرایند تولید و فرمولاسیون و به دست آوردن نقاط بهینه آنها می‌توان مشکلات موجود را به حداقل رسانده و محصولی را تولید نمود که ضمن ارتقای سطح سلامتی از خصوصیات شیمیایی و حسی مطلوب و منطبق بر استانداردهای موجود نیز برخوردار باشد. همانگونه که پیشتر عنوان گردید نقطه بهینه فرمولاسیون عبارت بود از: 9/13 درصد MPC، 3 درصد WPC، 15درصد شیر سویا و 7/65 درصد مارگارین که چنین محصولی ویژگی‌های حسی مناسبی داشته و میزان ماده خشک (36 درصد)، چربی (16 درصد) و پروتئین (10/62) آن نیز در محدوده استاندارد تعریف شده برای پنیر فتای فراپالایش می‌باشد (استاندارد 12736).

تشکر و قدردانی

در پایان لازم است از مدیریت و پرسنل محترم شرکت فراورده‌های لبنی پگاه خراسان به ویژه جناب آقای دکتر فربود و آقای مهندس رحیمی که همکاری صمیمانه‌ای در راستای اجرای این طرح داشته اند کمال تشکر و قدردانی به عمل آید.

منابع

اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. 1389. پنیر تازه با چربی گیاهی (پنیر تازه آنالوگ)؛ ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. شماره 12736. چاپ اول.

رشیدی، ح.، مظاهری تهرانی، م.، رضوی، س. م. ع.، قدس روحانی، م.، 1390، تاثیر کاهش درصد چربی و مقدار کلرید کلسیم بر ویژگیهای حسی و بافتی پنیر فتای فراپالایش حاصل از پودر ناتراوه اولترافیلتراسیون شیر، نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، 7(3)، ص. 218-226.

قدس روحانی، م. مرتضوی، س. ع.، مظاهری تهرانی، م. و رضوی، س.م. ع.، 1388، بررسی اثر شرایط فرآیند بر ویژگی‌های شیمیایی و حسی پنیر فتای فراپالایش شده تولیدی از مخلوط شیر گاو و شیر سویا. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. 6(1)، 85-96.

قدس روحانی، م.، 1388، بررسی اثر شرایط مختلف فرآیند بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و حسی پنیر فتای فراپالایش شده تولیدی از مخلوط شیر گاو و شیر سویا. پایان‌نامه دکتری علوم و صنایع غذایی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد. ص. 28-30.

AOAC .1995. Official methods of analysis. Washington, DC: Association of Official and Analytical Chemists. Methods: 920.123, 920. 124, 948.12.

Bachmann, H. P., 2001, Cheese analogues: a review. International Dairy Journal. 11(4-7), 505–515.

Belitz, H. D., Grosch, W. and Schieberle, P., 2009, Food Chemistry. 4th edn, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 765.

Brander, R. W., Raap, T. A., and Gessler, J. F., 1985, Soy milkcontaining cheese analog. United States Patent, 4556569. pp. 1-4.

Bylund, G., 1995, Dairy Processing Handbook. Tetra Pak Processing Systems AB, Lund, Sweden. pp. 300.

Chavan, R. S. and Jana, A., 2007, Cheese Substitutes: An Alternative to Natural Cheese- A Review. International Journal of Food Science, Technology & Nutrition. 2(2), 25-39.

Day, L., Xu, M., Hoobin, P., Burgar, I. and Augustin, M. A., 2007, Characterisation of fish oil emulsions stabilised by sodium caseinate. Food Chemistry. 105(2), 469-479.

El-Neshawy., A. A., Farahat, S. M. and Wahbah, H. A., 1988, Production of Processed Cheese Food Enriched with Vegetable and Whey Proteins. Food Chemistry. 28(4), 245-255.

El-Sheikh, M., Farrag, A. and Zaghloul, A., 2010, Ricotta Cheese from Whey Protein Concentrate. Journal of American Science. 6(8), 321-325.

Fennema, O. R., 1996, Food Chemistry. 3rd edn. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 402.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M. and McSweeney, P. L. H., 2000, Fundamentals of Cheese Science. Aspen Publishers, Inc., Gaithesburg, MD. pp. 1, 14.

Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M. and Guinee, T. P., 2004, Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1, 3rd edn, Elsevier Academic Press, Amsterdam. pp. 117-118, 123.

Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M. and Guinee, T. P., 2004, Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 2, 3rd edn, Elsevier Academic Press, Amsterdam. pp. 376, 379-380.

Fuquay, J. W., Fox, P. F. and McSweeney, P. L. H., 2011, Encyclopedia of Dairy Sciences. 2nd edn, Elsevier Academic Press,San Diego. p. 534.

Gunasekaran, S. and Mehmet, M., 2003, Cheese rheology and texture. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 12.

Johnson, L. A., White, P. J. and Gallowa, R., 2008, Soybeans; Chemistry, Production, Processing, and Utilization. AOCS Press, Urbana, Illinois. p. 450.

Kiziloz, M. B., Cumhur, O. and Kilic, M., 2009, Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. Food Hydrocolloids. 23(6), 1596-1601.

Liu, K., 2004, Soybeans as Functional Foodsand Ingredients. AOCS Press, Urbana, Illinois. pp. 260.

McSweeney, P. L. H., 2007, Cheese problems solved. Woodhead Publishing, Cambridge, UK. pp. 207, 384-385.

Meilgaard, M., Civille, G. V. and Carr, B. T., 1999, Sensory Evaluation Techniques. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp. 279.

Mounsey, J. S. and O'Riordan, E. D., 2001, Characteristics of Imitation Cheese Containing Native Starches. Journal of Food Science. 66(4), 586-591.

Muir, D. D., Tamime, A. Y., Shenana, M. E. and Dawood, A. H., 1999, Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes 1. Composition, Microbiological Quality and Flavour Changes During Storage at 5°C. LWT - Food Science and Technology, 32(1), 41-49.

Rani, M. and Verma, N. S., 1995, Changes in organoleptic quality during ripening of cheese made from cows and soya milk blends, using microbial rennet. Food Chemistry. 54(4), 369-375.

Rehman, S., Farkye, N. Y. and Yim, B., 2003, Use of dry milk protein concentrate in pizza cheesemanufactured by culture or direct acidification. Journal of Dairy Science. 86(12), 3841-3848.

Tamime, A. Y., 2009, Dairy Powders and Concentrated Products. Blackwell Publishing Ltd, Chichester, UK. pp. 2, 263.

Tamime, A. Y., 2011, Processed Cheese and Analogues. Blackwell Publishing Ltd, Chichester, UK.pp. 225-226, 232-233, 237.