



بهینه یابی فرمولاسیون ماست چکیده حاوی شیرخشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیرو آرد سویا با

استفاده از طرح آزمایشی مخلوط

حسن رشیدی<sup>۱\*</sup> مرتضی کاشانی نژاد<sup>۲</sup>، هما بقایی<sup>۳</sup>، علیرضا قادری<sup>۴</sup>

۱-دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۲-دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده ی کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

۳-استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران.

۴- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، مهندسی کشاورزی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، ایران

#### چکیده

#### اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۱۴

کلمات کلیدی:

آرد سویا،

شیرخشک کم چرب،

طرح آزمایشی مخلوط،

کنسانتره پروتئین شیر،

ماست چکیده.

DOI: 10.29252/fsct.18.03.26

\* مسئول مکاتبات:

ha\_rashidi@yahoo.com

در این تحقیق اثر مقادیر مختلف شیرخشک کم چرب (۵ تا ۱۱/۵ درصد)، کنسانتره پروتئینی شیر (۱ تا ۵ درصد) و آرد سویا (۰ تا ۵ درصد) بر اسیدیته، pH، ویسکوزیته و ویژگی های حسی (امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ و پذیرش کلی) ماست چکیده با استفاده از طرح آزمایشی مخلوط مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی اسیدیته و pH نشان داد که افزایش کنسانتره پروتئینی شیر و شیرخشک کم چرب به طور معنی دار منجر به کاهش اسیدیته و افزایش pH نمونه شدند در حالی که افزایش آرد سویا سبب افزایش اسیدیته و کاهش pH نمونه ها گردید. نتایج بررسی ویسکوزیته نمونه ها نیز نشان داد که تنها اثر خطی شیرخشک کم چرب و کنسانتره پروتئینی شیر بر روی ویسکوزیته نمونه ها معنی دار بودند و افزایش شیرخشک کم چرب و کنسانتره پروتئینی شیر منجر به افزایش ویسکوزیته نمونه ها شد ولی آرد سویا هیچگونه اثر معنی داری بر ویسکوزیته نمونه ها نداشت. نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی های حسی اندازه گیری شده نیز حاکی از آن بود که با افزایش شیرخشک کم چرب و کنسانتره پروتئینی شیر امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ و پذیرش کلی نمونه ها به طور معنی دار افزایش یافت ولی افزایش آرد سویا منجر به کاهش امتیازات ارزیابی حسی نمونه ها گردید. نتایج بررسی ضریب اهمیت در رگرسیون PLS نیز نشان داد که شیرخشک کم چرب بالاترین اهمیت مثبت و آرد سویا بالاترین اهمیت منفی را در خصوص pH، ویسکوزیته، امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ و پذیرش کلی داشتند. فرمولاسیون بهینه با استفاده از قابلیت بهینه یابی عددی در نرم افزار Design Expert شامل شیرخشک کم چرب ۹/۸ درصد، کنسانتره پروتئینی شیر ۱/۷۲ درصد و آرد سویا ۱ درصد به دست آمد.

## ۱- مقدمه

خواص قابل توجه ماست چکیده نسبت به ماست معمولی از قبیل بهبود کیفیت نگهداری، پروتئین و مواد معدنی بالاتر، محتوای لاکتوز پایینتر و چربی قابل تنظیم، موجب افزایش تقاضا برای تولید و مصرف آن شده است [۱]. از طرفی با توجه به معایب بسیار زیاد تولید سنتی ماست چکیده با استفاده از کیسه های پارچه ای که مستلزم صرف زمان طولانی بوده، همچنین موجب افزایش آلودگی و کاهش ارزش تغذیه ای فرآورده حاصل می شود [۲]، استفاده از روشهای مناسب تر تولید ماست چکیده از جمله روش فرآیند بدون آبیگری<sup>۱</sup> توسط پودرهای پروتئینی مانند، شیر خشک، کنسانتره های پروتئینی شیر، پودر آب پنیر را ضروری میسازد. در سال های اخیر نیز با توجه به نیاز مصرف کنندگان و استقبال زیاد از ماست های چکیده کم چرب و یا بدون چربی تلاشهای زیادی در زمینه تولید این محصولات انجام گرفته است [۳]. با این وجود، محصولات تولید شده تا حدودی فاقد بافت و ویژگی های حسی مناسب در مقایسه با نمونه ماست چکیده با چربی کامل هستند. به همین دلیل تحقیقات زیادی برای بهبود ویژگی های تغذیه ای، رئولوژیکی و حسی ماست چکیده به وسیله اضافه کردن پایدار کننده ها، انواع پروتئین ها و پلی ساکارید ها صورت پذیرفته است [۴]. معمولا در صنعت برای تولید ماست چکیده از شیرخشک، کنسانتره های پروتئینی شیر و پودر آب پنیر استفاده می شود که این ترکیبات عموما دارای قیمت بسیار بالایی هستند. لذا به نظر می رسد آرد سویا با توجه به قیمت مناسب و ویژگی های منحصر به فرد خود به شرط برآورده کردن ویژگی های رئولوژیکی و حسی مد نظر مصرف کنندگان گزینه بسیار مناسبی برای استفاده در فرمولاسیون ماست چکیده باشد. سویا یکی از بزرگترین منابع پروتئین غذایی بوده و عملکرد پروبیوتیک فرآورده های آن اهمیت زیادی را برای تولید کنندگان فرآورده های تخمیری و پروبیوتیکی دارد. این فرآورده ها می توانند تامین کننده ماده جامد در فرمولاسیون بسیاری از غذاها باشند [۵]. استفاده از آرد سویا نیز در انواع محصولات غذایی علاوه بر افزایش خصوصیات سلامت بخشی و عمل کنندگی، باعث غنی شدن آنها از نظر میزان پروتئین می شود.

1. wheyless

چربی و پروتئین های موجود در آرد سویا نیز خواص امولسیون کنندگی و تثبیت کنندگی دارند به طوریکه پروتئین های آن باعث اتصال چربی و آب می شوند و در نتیجه بر خصوصیات رئولوژیکی محصول اثر مطلوب دارند [۶]. در تولید ماست، ساختار، خصوصیات رئولوژیکی و حسی پارامترهای مهم در تعیین پذیرش آن توسط مصرف کنندگان می باشد که این خواص خود وابسته به عواملی همچون میزان مواد جامد ماست، میزان چربی، میزان پروتئینهای موجود، نوع و نسبت پروتئینها، نوع و غلظت ثبات دهنده ها و یا قوام دهنده های مورد استفاده و شرایط فرآیندی نظیر عملیات حرارتی میباشد [۷]. لذا ترکیب اجزاء شیرمورد استفاده برای تولید ماست یکپارچه مهم ترین پارامترهاست. همچنین تحقیقات مختلفی روی موضوع استفاده از فرآورده های سویا از جمله شیر سویا بر خصوصیات ماست همزده انجام شده است. در مطالعات اولیه انجام شده در ایران در این زمینه، امکان تولید ماست سویا با استفاده از آب پنیر مطابق با ذائقه ایرانی توسط جوینده و همکاران (۱۹۹۵) بررسی گردید [۸]. آنها در پژوهش خود نشان دادند که اختلاف آماری معنی داری میان ماست لبنی با ماست سویا ساده وجود نداشت. فارنورث و همکاران (۲۰۰۷) خصوصیات ماست سویا را به کمک استراتر استرپتوکوکوس ترموفیلوسولاکتوباسیلوس دلبروکی به بود دادند [۹]. فرگوت و همکاران (۲۰۰۹) نیز تأثیر هموژنیزاسیون با فشار بالا در شیر سویا جهت تولید ماست سویا و ویژگیهای آن طی ذخیره سازی در دمای ۴ درجه سانتیگراد به مدت ۲۸ روز را مورد بررسی قرار دادند [۱۰]. محمدی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که نسبت مساوی شیرگاو به شیر سویا بالاترین سرعت تغییرات بیوشیمیایی را داشت و با افزایش میزان شیر سویا، قابلیت زیستی پروبیوتیکها به دلیل حضور ترکیبات پروبیوتیکی سویا کاهش فعالیت پروتولیتیکی باکترهای آغازگر ماست، افزایش یافت [۱۱]. پیتون و همکاران (۱۹۸۰) نشان دادند که تخمیر اسید لاکتیکی طعم لوبیایی محصولات سویا را کاهش می دهد [۱۲]. بنابراین به طور کلی با بررسی دقیق منابع می توان دریافت که در اغلب مطالعات انتشار یافته در مورد ماست سویا اغلب به اثر جایگزینی شیر آن با شیر گاو و اثر و شرایط استراتر های آن بر خصوصیات شیمیایی مورد توجه قرار گرفته است. ایندراچالیاستکهاثر مستقیم افزودن آرد سویا به ویژه در ماست

منتقل شد و بعد از ۲۴ ساعت  
آزمون های مورد نظر بر روی آن انجام شد [۱۳].

### ۲-۳- اندازه گیری pH

اندازه گیری pH طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ و با استفاده از pH متر متروم مدل ۶۹۱ ساخت سویس انجام گرفت.

### ۲-۴- اندازه گیری اسیدیته

اسیدیته نمونه ها بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۵۲ اندازه گیری شد.

### ۲-۵- اندازه گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته نمونه ها توسط ویسکومتر بروکفیلد (مدل DV-II pro، ساخت آمریکا) توسط اسپندل شماره ۵ در ۳۰ rpm به مدت ۳۰ ثانیه و در دمای ثابت ۵ درجه سانتیگراد اندازه گیری شدند [۱۴].

### ۲-۶- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه های ماست چکیده با استفاده از آزمون چشایی به روش هدونیک به صورت آزمون پنج نقطه ای (از خیلی بد: ۱، تا خیلی خوب: ۵) در دمای ۷°C و از نظر ویژگی های ارگانولپتیکی طعم و مزه، رنگ و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند [۱۵].

### ۲-۷- طراحی آزمایش و آنالیز آماری

در این تحقیق، طرح مخلوط اپتیمال (Optimal mixture design) به منظور مشاهده تاثیرات شیر خشک کم چرب (X1)، کنسانتره پروتئینی شیر (X2) و آرد سویا (X3) بر ویژگی های فیزیکی شیمیایی و حسی ماست چکیده به کار گرفته شد. در طرح آزمایش مخلوط، میزان کل ترکیبات ثابت نگه داشته می شود (۱۲/۵٪) و با تغییر در نسبت ترکیبات ویژگی های مورد ارزیابی تغییر می کند. از این رو هدف این روش مشخص کردن چگونگی تغییر ویژگی های مورد نظر با تغییر ترکیب در مخلوط است [۱۶]. ترکیب چندگانه از این متغیرها با در نظر گرفتن نسبت ترکیبات منجر به یک طرح آزمایشی ۱۸۱ تیمار گردید (جدول ۱). برای طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل نتایج، از نرم افزار Design Expert (نسخه ۱۲) استفاده شد. به این منظور از معادلات مناسب برای نشان دادن رابطه هریک از متغیرهای

چکیده و بر روی خصوصیات بافتی و حسی آن چندان مورد توجه قرار نگرفته است. لذا به منظور درک صحیح از شرایط تولید صنعتی در تحقیقات لازم است این نوع فرمولاسیون با استفاده از این روش تولید (فرآیند بدون آبگیری) بررسی گردد. از اینرو، در این تحقیق با توجه به اهمیت تولید ماست چکیده با ویژگی های فیزیکی شیمیایی و بافتی مناسب اثر شیر خشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیر و آرد سویا بر اسیدیته، pH، ویسکوزیته و ویژگی های حسی (امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ و پذیرش کلی) ماست چکیده با استفاده از طرح آزمایشی مخلوط مورد ارزیابی قرار گرفت و سپس با استفاده از مدل های به دست آمده از طرح این خصوصیات بهینه گردید.

## ۲- مواد و روشها

### ۲-۱- انتخاب مواد اولیه

شیر مورد استفاده در این تحقیق از شرکت ستاره شرق باخرز تهیه شد. استارتر (freez-dried DVS) YC-380, CH) از شرکت کریستین هانسن دانمارک (Chr. Hansen, Denmark)، شیر خشک کم چرب (۳۰٪ پروتئین) از شرکت پالود پارسیان نیشابور، کنسانتره پروتئینی شیر (۸۵٪ پروتئین) از شرکت میلینی آلمان (Milini, german) و آرد کامل سویا از شرکت توس سویان مشهد تهیه شدند.

### ۲-۲- روش تهیه ماست چکیده

به منظور تهیه نمونه های ماست چکیده، شیر خشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیر و آرد سویا به نسبت های مطابق طرح آزمایشی (جدول ۱) بهشیر اضافه شدند به طوری که ماده خشک نهایی همه نمونه ها ۲۵ درصد ثابت بود. سپس نمونه ها در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد هموزن گردیده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد پاستوریزه سپس تا دمای ۴۵- ۴۳ درجه سانتیگراد سرد شدند. باکتری های آغازگر در نظر گرفته شده به فرمولاسیون تهیه شده اضافه شد و به مدت ۳-۴ ساعت در دمای ۴۵-۴۳°C نگهداری شدند. پس از رسیدن به اسیدیته مورد نظر مجدداً به آرامی همزده شدند و سپس در ظرف درب دار پلاستیکی ۲۰۰ گرمی بسته بندی شدند. ماست چکیده تولید شده به سردخانه جهت خنک شدن و نگهداری

مقادیر و رنگ آبی کمترین مقادیر را نشان می‌دهد. همچنین با استفاده از آنالیز واریانس (ANOVA) معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل ضرایب مدل رگرسیون برای هر پاسخ در سطوح ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۰۵ بررسی شد.

وابسته در مدل رگرسیون با متغیرهای مستقل استفاده و نمودارهای کانتور مخلوط آن‌ها به وسیله این نرم افزار ترسیم شدند. در این نمودارها سه متغیر فرمولاسیون در سه ضلع مثلث مشخص شده و مقادیر به دست آمده برای هر پاسخ روی اضلاع مثلث نشان داده می‌شوند، به این ترتیب که رنگ قرمز بیشترین

**Table 1** Actual levels of independent variables

Sample codes	Skim milk powder (%) (X1)	Milk protein concentrate (%) (X1)	Soy flour (%) (X1)
1	9.5	3	0
2	6.8	1.95	3.75
3	6.25	5	1.25
4	9.3	1.95	1.25
5	6.05	2.7	3.75
6	7.3	3.95	1.25
7	7.1	2.9	2.5
8	9	1	2.5
9	5	3.75	3.75
10	7.1	2.9	2.5
11	5.75	1.75	5
12	7.5	5	0
13	11.5	1	0
14	6.05	3.95	2.5
15	5	5	2.5
16	7.1	2.9	2.5
17	5	2.5	5
18	6.5	1	5

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- اسیدیته و pH

با توجه به اینکه اسیدیته و pH بر کم و کیف جاذبه‌ها و پیوندهای میان مولکول‌ها از جمله پیوندهای پروتئین-پروتئین یا کلسیم-پروتئین اثر می‌گذارد، می‌تواند خواص بافتی و رئولوژیک ژل را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد [۱۸] لذا بررسی آنها در فرآیند تولید از فاکتورهای کلیدی می‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد که اسیدیته و pH نمونه‌های مورد آزمون به ترتیب بین ۱/۳۰ و ۱/۵۷ درصد اسید لاکتیک و ۴/۳۸ تا ۴/۴۰ متغیر بودند و با یکدیگر رابطه متقابل داشتند به طوری که نمونه ۱۷ (حاوی ۵٪ شیرخشک کم چرب، ۲/۵٪ کنسانتره پروتئینی شیرو ۵٪ آرد سویا) حائز بیشترین اسیدیته و کمترین pH و نمونه ۱۳ (حاوی ۱۱/۵٪ شیرخشک کم چرب، ۱٪ کنسانتره پروتئینی شیرو ۰٪ آرد سویا) حائز کمترین اسیدیته و بیشترین pH شدند. والسترا و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که در طول زمان تولید ماست، باکتری‌های

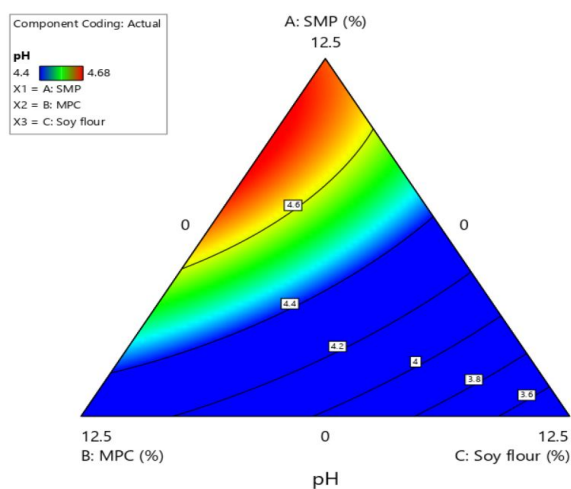
#### ۲-۸- به کارگیری روش رگرسیون کمترین

#### مربعات جزئی (PLS)

یکی از ابزارهای مهم برای پیش بینی متغیرهای وابسته از روی متغیرهای مستقل، استفاده از معادلات رگرسیون می‌باشد. محققان روشهای جدیدی برای بنا کردن معادلات پیش بینی ارائه داده اند که روش رگرسیونی موسوم به کمترین مربعات جزئی از مهمترین این معادلات میباشد. در این روش مؤلفه‌های جدیدی که ترکیب خطی از متغیرهای اولیه هستند، ایجاد شده سپس از این مؤلفه‌ها برای ساختن معادله رگرسیونی استفاده می‌شود. در این پژوهش نیز با استفاده از نرم افزار مینی تب (Minitab 18) و محاسبه مدل رگرسیون PLS و تعیین ضرایب استاندارد (Variable Importance in Projection) VIP، مؤثرترین متغیرها و درجه اهمیت آنها مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۷].

کنسانتره پروتئینی شیر و شیرخشک کم چرب منجر به افزایش اسیدیته و افزایش آرد سویا منجر به کاهش اسیدیته نمونه ها گردیده است.

شکل ۲ نیز نشان می دهد که افزایش کنسانتره پروتئینی شیر و شیرخشک کم چرب منجر به افزایش pH نمونه می گردد در حالی که افزایش آرد سویا در فرمولاسیون ماست چکیده سبب کاهش pH نمونه ها می شود. ظرفیت بافری ماست گسترش اسیدیته و pH را تحت تاثیر قرار می دهد به طوری که هر چه ظرفیت بافری ماست بالاتر باشد، pH فرآورده دیرتر افت می کند اما اسیدیته با شدت بیشتر افزایش می یابد که البته این ظرفیت بافری به مقدار پروتئین ها به ویژه کازئین، نمک های فسفات، لاکتات و سیترات موجود در شیر بستگی دارد [۱۹].



**Fig 2** Mixture triangular contour plot of the effects of the skim milk powder, milk protein concentrate and soy flour on the pH of the concentrated yoghurt

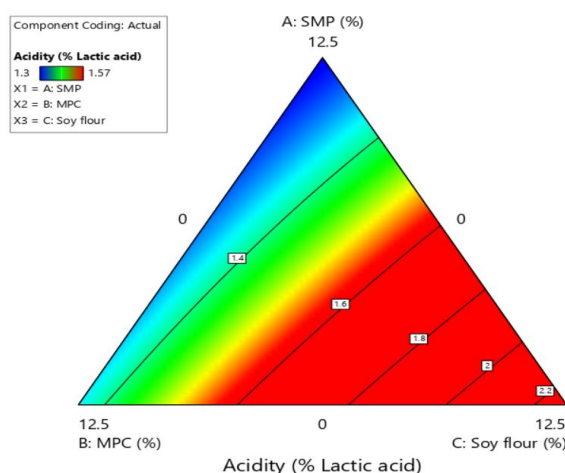
بنابراین به نظر می رسد که افزودن آرد سویا منجر به کاهش ظرفیت بافری نمونه ها و در نتیجه سبب افزایش اسیدیته و کاهش pH نمونه ها شده است. فان ورت و همکاران (۲۰۰۷) با پژوهش و بررسی رشد بیفیدوباکتریوم ها و پروبیوتیک همراه با آغازگر ماست در ماست سویا به این نتیجه رسیدند که به دلیل پایین تر بودن ظرفیت بافری شیر سویا نسبت به شیر گاو pH سریعتر افت می کند [۲۰]. از دلایل دیگر افزایش اسیدیته و کاهش pH با افزایش آرد سویا می تواند به علت رشد بهتر باکتری ها و مصرف لاکتوز و الیگوساکاریدها در ماست حاوی آرد سویا باشد

ماست اسیدهای آلی تولید می کنند و در طول تخمیر وقتی که میزان اسید لاکتیک افزایش می یابد، متقابلاً و به همان نسبت سطح pH کاهش می یابد [۱۸]. مدل های چندجمله ای ۱ و ۲ به دلیل ضریب تبیین ۰/۹۹ و ۰/۹۹ و معنی دار نبودن فاکتور عدم برآزش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را بر داده ای پاسخ های اسیدیته و pH داشتند.

$$\text{Acidity} = 0.10 \text{ SMP} + 0.10 \text{ MPC} + 0.182 \text{ Soy flour} + 9.86e-05 \text{ SMP} \times \text{MPC} + 0.001 \text{ MPC} \times \text{Soy flour} \quad (1)$$

$$\text{pH} = 0.37 \text{ SMP} + 0.34 \text{ MPC} + 0.27 \text{ Soy flour} + 0.004 \text{ SMP} \times \text{MPC} + 0.007 \text{ SMP} \times \text{Soy flour} + 0.003 \text{ MPC} \times \text{Soy flour} \quad (2)$$

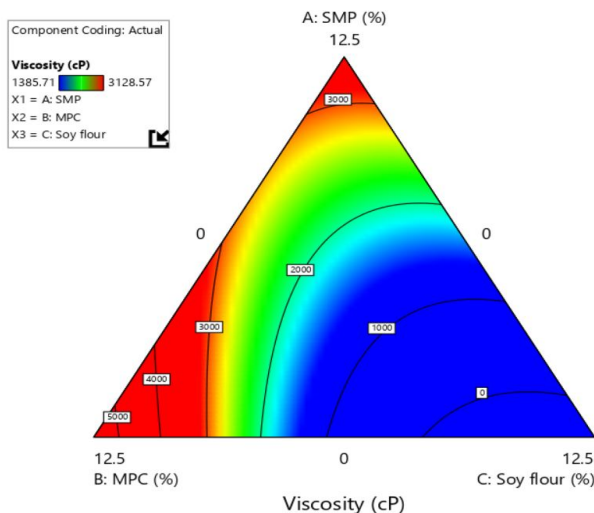
همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که اثرات خطی شیرخشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیر و آرد سویا در سطح ۹۹ درصد و اثر متقابل شیرخشک کم چرب-آرد سویا بر روی هر دو پاسخ اسیدیته و pH نمونه ها معنی دار بودند. شکل های ۱ و ۲ نمودار کانتور تأثیر افزودن شیرخشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیر و آرد سویا را به ترتیب بر اسیدیته و pH نمونه های ماست چکیده را با توجه به معادلات ۱ و ۲ نشان می دهند.



**Fig 1** Mixture triangular contour plot of the effects of the skim milk powder, milk protein concentrate and soy flour on the acidity of the concentrated yoghurt

همانطور که در شکل ۱ قابل مشاهده است رنگ آبی (مقادیر پایین اسیدیته) تقریباً نزدیک به راس B، کنسانتره پروتئینی شیر و راس A، شیرخشک کم چرب استورنگ قرمز (مقادیر پایین اسیدیته) در نزدیکی راس C، آرد سویا می باشد. به عبارتی افزایش

کاهش آرد سویا بر ویسکوزیته نمونه ها معنی دار نبود. بافت اندازه گیری شده در ماست از جمله ویسکوزیته وابسته به عوامل مختلف از جمله محتوای کازئین شیر، مقدار چربی، تیمار حرارتی، نوع کشت، دمای گرمخانه گزاری، درجه حرارت نمونه در زمان اندازه گیری بافت می باشد [۲۳].



**Fig 3** Mixture triangular contour plot of the effects of the skim milk powder, milk protein concentrate and soy flour on the viscosity of the concentrated yoghurt

میسلهای کازئین و گلوبولهای چربی نقش اصلی را در ویسکوزیته شیر دارند و هرگونه تغییر در مقدار و ماهیت فیزیکی پروتئینها و چربیها باعث تغییر در ویسکوزیته می شود. به عقیده کرازمینسکی و همکاران (۲۰۱۱) پیوند های اصلی در زلهای کازئین و کازئین-پروتئین سرم، سختی ژل را تحت تاثیر قرار می دهد و در این زمینه پیوند های کووالان دارای تاثیر بیشتری بر سختی ژل نسبت به پیوند های غیر کووالان هستند [۲۴]. کاشانی نژاد و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان دادند که افزایش کنسانتره پروتئینی شیر در مقادیر پایین صمغ منجر به افزایش ضریب قوام (ویسکوزیته) ماست چکیده تهیه شده به روش فرایند بدون آب گیری شد [۲۵]. استیج پیک (۲۰۱۳) نشان داد که ویسکوزیته ماست تهیه شده از شیر گاو بالاتر از ماست تهیه شده از شیر سویا است [۲۶]. کولار و همکاران (۱۹۷۹) پس از بررسی بر کاربرد ایزوله پروتئین سویا به عنوان جایگزین مواد جامد غیر چربی در تولید ماست بیان کردند که این جایگزینی سبب افزایش ویسکوزیته و استحکام ژل شد [۲۷].

[۲۱]. محمدی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که با جایگزینی شیر سویا با شیر معمولیه دلیل حضور ترکیبات پری بیوتیکی سویا، رشد و بقاء باکترهای آغازگر ماست افزایش پیدا کرد [۱۱].

### ۳-۲- ویسکوزیته

ویسکوزیته عامل بسیار مهمی در مطلوبیت و در نتیجه بازاریابی فرآورده های شیری از جمله ماست می باشد [۲۲]. نتایج تحقیق نشان داد که ویسکوزیته نمونه های مورد آزمون بین ۱۳۸۵/۷۱ و ۳۱۲۸/۵۷ سانتی پویز متغیر بود به طوری که نمونه ۱۷ (حاوی ۵٪ شیرخشک کم چرب، ۲/۵٪ کنسانتره پروتئینی شیرو ۵٪ آرد سویا) حائز کمترین ویسکوزیته (۳۸۵/۷۱ سانتی پویز) و نمونه ۱۳ (حاوی ۱۱/۵٪ شیرخشک کم چرب، ۱٪ کنسانتره پروتئینی شیرو ۰٪ آرد سویا) حائز بیشترین ویسکوزیته (۳۱۲۸/۵۷ سانتی پویز) شدند. مدل چند جمله ای ۳ به دلیل ضریب تبیین ۰/۹۹ و معنی دار نبودن فاکتور عدم بر ارزش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را بر داده های پاسخ ویسکوزیته داشت.

(۳)

$$\text{Viscosity} = 275.94\text{SMP} + 452.57\text{MPC} - 36.37\text{Soy flour} - 39.06\text{SMP} \times \text{MPC} + 1.729\text{SMP} \times \text{Soy flour} - 46.654\text{MPC} \times \text{Soy flour}$$

همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که تنها اثر خطی شیرخشک کم چرب و کنسانتره پروتئینی شیر در سطح ۹۹ درصد بر روی ویسکوزیته نمونه ها معنی دار بودند در حالیکه که آرد سویا هیچگونه اثر معنی داری بر ویسکوزیته نمونه ها نداشت. شکل ۳ نمودار کانتور تاثیر افزودن شیرخشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیرو و آرد سویا بر روی ویسکوزیته نمونه های ماست چکیده را با توجه به معادله ۳ نشان می دهد.

همانطور که در شکل ۳ قابل مشاهده است رنگرزم (مقادیر بالای ویسکوزیته) تقریباً نزدیک به راس B، کنسانتره پروتئینی شیر و راس A، شیرخشک کم چرب استورنگابی (مقادیر پایین ویسکوزیته) در نزدیکی راس C، آرد سویامی باشد. به عبارتی افزایش کنسانتره پروتئینی شیر و شیرخشک کم چرب منجر به افزایش ویسکوزیته و افزایش آرد سویا منجر به کاهش ویسکوزیته نمونه ها گردید، اگر چه همانطور که بیان شد اثر

## ۳-۳- امتیاز طعم و مزه

نتایج تحقیق نشان داد که امتیاز طعم و مزه نمونه های مورد آزمون بین ۲ تا ۵ متغیر بود به طوریکه نمونه ۱۷ (حاوی ۵٪ شیرخشک کم چرب، ۲/۵٪ کنسانتره پروتئینی شیرو ۵/۰٪ آرد سویا) حائز کمترین امتیاز طعم و مزه و نمونه ۱۳ (حاوی ۱۱/۵٪ شیرخشک کم چرب، ۱٪ کنسانتره پروتئینی شیرو ۰٪ آرد سویا) حائز بیشترین امتیاز طعم و مزه شدند. مدل چند جمله‌ای ۴ به دلیل ضریب تبیین ۰/۹۹ و معنی دار نبودن فاکتور عدم برارزش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش داده‌های پاسخ امتیاز طعم و مزه داشت.

(۴)

$$\text{Flavour} = 0.40 \text{ SMP} + 0.29 \text{ MPC} - 0.20 \text{ Soy flour}$$

همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که اثرات خطی شیرخشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیرو آرد سویا در سطح ۹۹ درصد بر روی امتیاز طعم و مزه نمونه ها معنی دار بود. شکل ۴ نمودار تأثیر افزودن شیرخشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیرو آرد سویا بر روی امتیاز طعم و مزه نمونه های ماست چکیده را با توجه به معادله ۴ نشان می‌دهد.

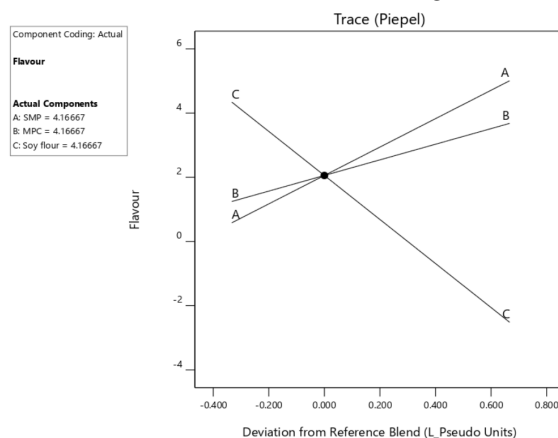


Fig 4 the effects of the skim milk powder, milk protein concentrate and soy flour on the flavour of the concentrated yoghurt

همانطورکه در شکل ۴ قابل مشاهده است با افزایش شیرخشک کم چرب و کنسانتره پروتئینی شیر امتیاز طعم و مزه افزایش می یابد ولی افزایش آرد سویا منجر به کاهش امتیاز طعم و مزه نمونه ها گردیده است. کاهش امتیاز طعم و مزه ناشی از افزایش آرد سویا در نمونه ها می تواند به علت افزایش طعم لویایی و

نامطلوب آرد سویا باشد. ایوبیو همکاران (۲۰۱۵) امکان استفاده از آرد کامل سویا در فرمولاسیون خامه را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که افزودن آرد سویا به خامه منجر به کاهش طعم و مزه نمونه ها شد [۲۸]. یاسائی مهرجردیو همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که با افزایش میزان شیر سویا، امتیاز طعم و مزه نمونه های پنیر فراسودمند تهیه شده از مخلوط شیر گاو و شیر سویا کاهش یافت [۲۹]. قدس روحانی (۲۰۰۹) بیان کرد که افزایش امتیاز طعم نمونه های پنیر فرایالایش شده تولیدی از مخلوط شیر گاو و شیر سویا ناشی از افزایش شیر سویا تا حدود ۱۲/۵ درصد بیانگر موفقیت روش تولید در ممانعت از طعم لویایی می باشد [۳۰]. همچنین اکثر محققین معتقدند که طعم و آروما ماست اساسا مربوط به تولید اسید لاکتیک و ترکیبات کربونیل و ویتامین است [۳۱]. بنابراین با توجه به بالاتر بودن میزان اسیدیته نمونه های حاوی آرد سویای بالاتر اگرچه ترکیبات کربونیل و استالید بیشتر است اما طعم نامطلوب آرد سویا غالب بوده است.

## ۳-۴- امتیاز رنگ

نتایج تحقیق نشان داد که امتیاز رنگ نمونه های مورد آزمون بین ۲ تا ۵ متغیر بود به طوری که نمونه ۱۷ (حاوی ۵٪ شیرخشک کم چرب، ۲/۵٪ کنسانتره پروتئینی شیرو ۵/۰٪ آرد سویا) حائز کمترین امتیاز رنگ و نمونه ۱۳ (حاوی ۱۱/۵٪ شیرخشک کم چرب، ۱٪ کنسانتره پروتئینی شیرو ۰٪ آرد سویا) حائز بیشترین امتیاز رنگ شدند. مدل چند جمله ای ۵ به دلیل ضریب تبیین ۰/۹۹ و معنی دار نبودن فاکتور عدم برارزش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را بر داده های پاسخ امتیاز رنگ داشت.

(۵)

$$\text{Colour} = 0.41 \text{ SMP} + 0.33 \text{ MPC} - 0.19 \text{ Soy flour}$$

همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که اثرات خطی شیرخشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیرو آرد سویا در سطح ۹۹ درصد بر روی امتیاز رنگ نمونه ها معنی دار بود. شکل ۵ نمودار کانتور تأثیر افزودن شیرخشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیرو آرد سویا بر روی امتیاز رنگ نمونه های ماست چکیده را با توجه به معادله ۵ نشان می‌دهد.

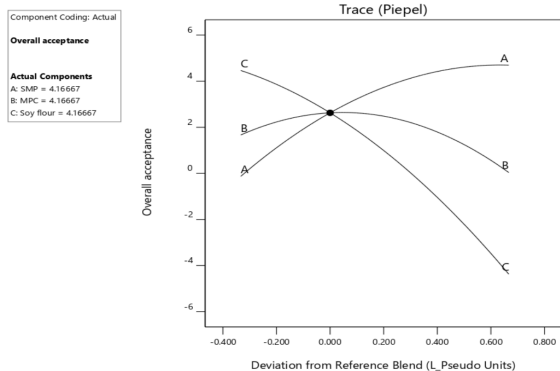


۱۲ و ۱۳ (حاوی ۰٪ آرد سویا) حائز بیشترین پذیرش کلی شدند. مدل چند جمله ای ۶ به دلیل ضریب تبیین ۰/۹۹ و معنی دار نبودن فاکتور عدم برارزش در سطح اطمینان ۹۵٪، بهترین برازش را بر داده های پاسخ پذیرش کلی داشت.

(۶)

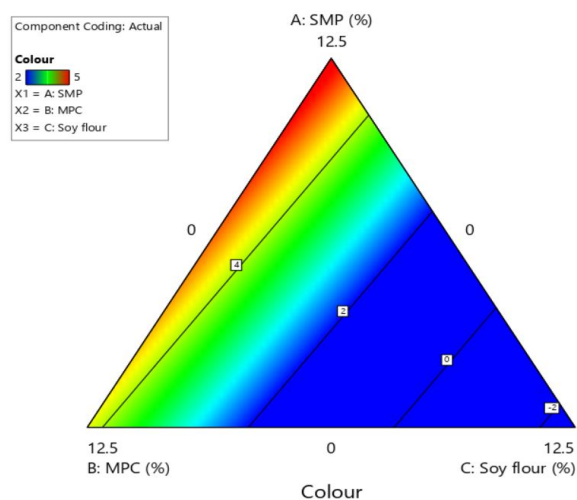
$$\text{Overall acceptance} = 0.37 \text{ SMP} + 0.002 \text{ MPC} - 0.34 \text{ Soy flour} + 0.05 \text{ SMP} \times \text{MPC} + 0.038 \text{ SMP} \times \text{Soy flour} + 0.052 \text{ MPC} \times \text{Soy flour}$$

همچنین نتایج بررسی ها نشان داد که اثرات خطی شیرخشک کم چرب و آرد سویا و اثرات متقابل شیرخشک کم چرب - کنسانتره پروتئینی شیرو شیرخشک کم چرب - آرد سویا در سطح ۹۹ درصد بر روی پذیرش کلی نمونه ها معنی دار بود. شکل ۶ نمودار تأثیر افزودن شیرخشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیرو آرد سویا بر روی پذیرش کلی نمونه های ماست چکیده را با توجه به معادله ۶ نشان می دهد.



**Fig 6** the effects of the skim milk powder, milk protein concentrate and soy flour on the overall acceptance of the concentrated yoghurt

همانطور که در شکل ۶ قابل مشاهده است با افزایش شیرخشک کم چرب پذیرش کلی افزایش می یابد. افزایش کنسانتره پروتئینی شیرو نیز از ۱ تا ۲/۵ درصد باعث افزایش پذیرش کلی نمونه ها می شود ولی با افزایش بیشتر آن از ۲/۵ تا ۵ درصد پذیرش کلی نمونه ها کاهش می یابد. همچنین مطابق شکل ۳ افزایش آرد سویا نیز منجر به کاهش پذیرش کلی نمونه ها می گردد. ایوبیو همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان دادند که افزودن آرد سویا به خامه منجر به کاهش پذیرش کلی نمونه ها شد [۲۸]. محمدی و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که ظهور بد طعمی لوبیایی در فرآورده های با پایه سویا (ناشی از ترکیباتی هم چون هگزانال و پنتانال که در اثر شکست اسیدهای چرب غیراشباع پدید می آید)



**Fig 5** Mixture triangular contour plot of the effects of the skim milk powder, milk protein concentrate and soy flour on the colour of the concentrated yoghurt

همانطور که در شکل ۵ قابل مشاهده است رنگ قرمز (مقادیر بالای امتیاز رنگ) نزدیک به راس A، شیرخشک کم چرب و تقریباً راس B، کنسانتره پروتئینی شیر استورنگابی (مقادیر پایین امتیاز رنگ) در نزدیکی راس C، آرد سویا می باشد. به عبارتی افزایش آرد سویا منجر به کاهش امتیاز رنگ نمونه ها گردیده است. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که شیرخشک کم چرب اثر بیشتری بر افزایش امتیاز رنگ نمونه ها نسبت به کنسانتره پروتئینی شیر داشت. کاهش امتیاز رنگ ناشی از افزایش آرد سویا در نمونه ها می تواند به علت افزایش میزان رنگ زرد در محصول ناشی از رنگ آرد سویا دانست. یاسائی مهرجردیو همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که با افزایش میزان شیر سویا، امتیاز رنگ در ارزیابی حسی نمونه های پنیر فراسودمند تهیه شده از مخلوط شیر گاو و شیر سویا کاهش یافت [۲۹]. رنگ زرد آرد سویا نیز به علت وجود فلاونوئیدها که یک گروه از ترکیباتی هستند که شامل پیگمانتهای آنتوسیانین آبی و قرمز می باشند در حد وسیعی مسئول رنگهای زرد، آبی تند و قرمز در میوه ها و گل ها هستند، می باشد [۳۲].

### ۳-۵- پذیرش کلی

نتایج تحقیق نشان داد که پذیرش کلی نمونه های موردآزمون بین ۲/۵ تا ۵ متغیر بود. به طوریکه نمونه های ۱۷، ۱۱ و ۱۸ (حاوی ۵٪ آرد سویا) حائز کمترین پذیرش کلی و نمونه های ۱،



است و به این ترتیب مؤثرترین متغیرها و درجه اهمیت آنها به سرعت شناسایی و تشخیص داده میشوند [۳۳]. بنابراین برای مشخص نمودن ضریب اهمیت و تأثیر متغیرهای وابسته مورد بررسی در این مطالعه، صفات مورد ارزیابی ماست چکیده از جمله اسیدیته، pH، ویسکوزیته، امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ و پذیرش کلی نمونه ها با تک تک متغیرهای مستقل (شیرخشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیروآرد سویا) نمودار ضرایب استاندارد شده برای متغیرهای وابسته در رگرسیون در شکل ۷ نشان داده شد. در این اشکال هرچه فاصله اثر به عدد یک نزدیکتر و یا بیشتر باشد اهمیت بالاتری پیدا می کند.

باعث پذیرش کم بین مصرف کننده می شود [۱۱]. کاشانی نژاد و همکاران (۲۰۱۹) نیز بیان کردند که در مقادیر کم صمغ کنجاک با افزایش میزان کنسانتره پروتئینی شیر پذیرش کلی نمونه های ماست چکیده افزایش یافت اما در مقادیر بالای صمغ کنجاک، افزایش میزان کنسانتره پروتئینی شیر منجر به کاهش پذیرش کلی همان نمونه ها شد [۲۵].

### ۳-۶- ضریب اهمیت در رگرسیون PLS

در مدل رگرسیون PLS ضرایب استاندارد (VIP Variable Importance in Projection) منعکس کننده اثر تک تک xها بر روی yها میباشد و به آسانی در نمودار PLS قابل مشاهده

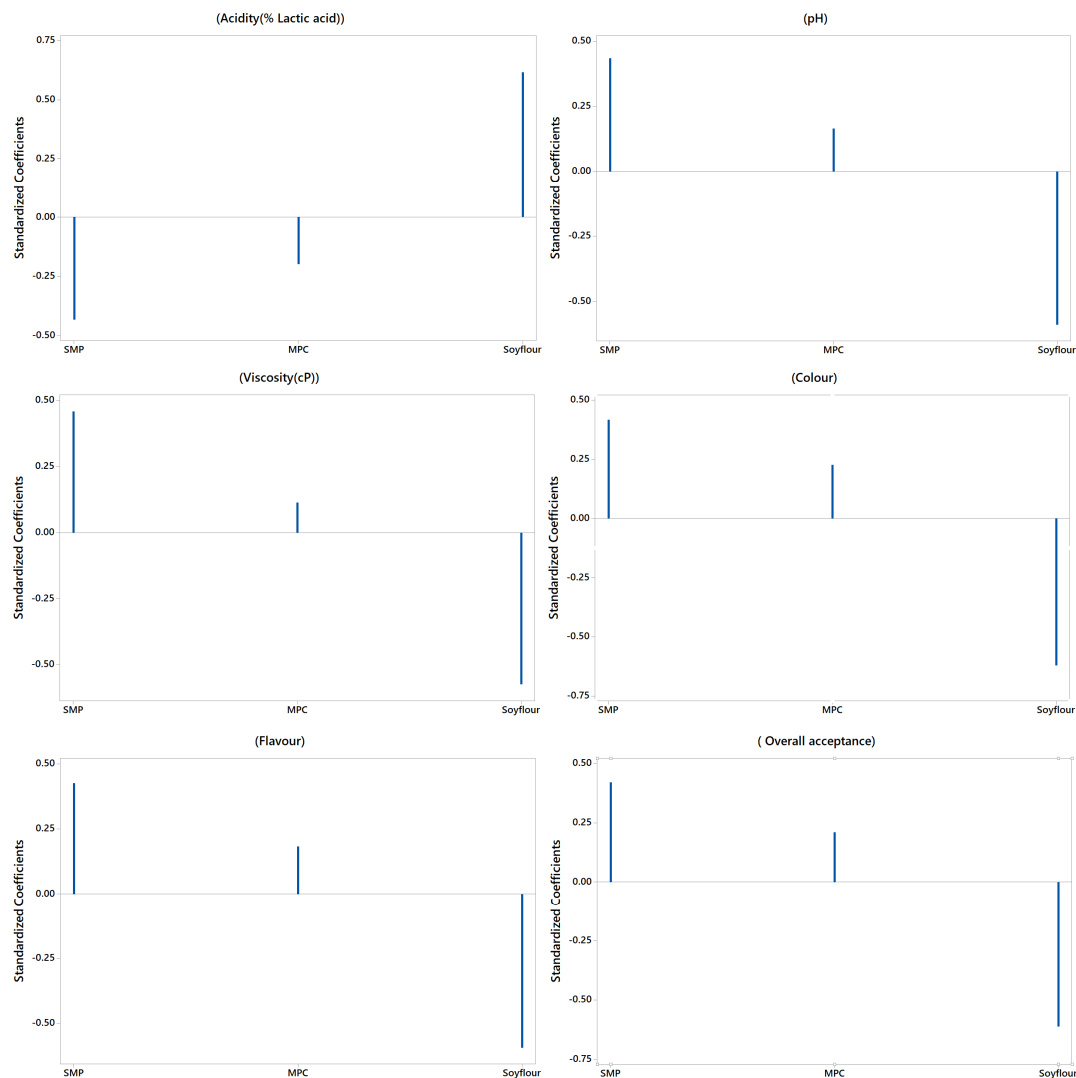


Fig 7 variable importance in projection in PLS regression between independent and dependent variables of samples

Expert که به صورت تابعی که مرغوبیت نامیده می‌شود، مثالی از شرایط دقیق فرآیند (شیرخشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیر و آرد سویا) براسیدیته، pH، ویسکوزیته، امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها نیز بیان شد. درجه مرغوبیت کلی (D) یک میانگین هندسی از همه درجه مرغوبیت‌های منفرد (di) است که از ۰ تا ۱ تغییر می‌کند.

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n)^{\frac{1}{n}} = \left( \prod_{i=1}^n d_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

در فرمول فوق n تعداد پاسخ‌ها است. اگر هر یک از پاسخ‌ها در خارج از محدوده تعیین شده قرار گیرد آنگاه درجه مرغوبیت برابر با صفر می‌شود. در این تحقیق آرد سویا، ویسکوزیته، امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ و پذیرش کلی حداکثر و کنسانتره پروتئینی شیرحداقل، در نظر گرفته شدند. باتوجه به صفات مذکور میزان شیرخشک کم چرب ۹/۸ درصد، کنسانتره پروتئینی شیر ۱/۷۲ درصد و آرد سویا ۱ درصد به دست آمد. که چنین محصولی نیز دارای اسیدیته ۱/۳۲ درصد اسید لاکتیک، pH ۴/۶۶، ویسکوزیته ۲۷۳۸ سانتی پویز، امتیاز طعم و مزه ۴/۱، امتیاز رنگ ۴/۰۱ و پذیرش کلی ۴/۷ به دست آمد (شکل ۸).

بنابراین همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌گردد شیرخشک کم چرب بالاترین اهمیت مثبت را در خصوص pH، ویسکوزیته، امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ و پذیرش کلی دارد در حالی که بر اسیدیته دارای اهمیت منفی است. آرد سویا نیز بالاترین اهمیت مثبت را در خصوص اسیدیته دارد در حالی که در مورد pH، ویسکوزیته، امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ و پذیرش کلی دارای اهمیت منفی است. کنسانتره پروتئینی شیر نیز اگر چه همچون شیرخشک کم چرب pH، ویسکوزیته، امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ و پذیرش کلی دارای اهمیت مثبت است ولی میزان اهمیت آن نسبت به شیرخشک کم چرب کمتر است. بنابراین با توجه به نتایج فوق می‌توان به نقش و اهمیت بالای شیرخشک کم در تهیه ماست چکیده به روش فرآیند بدون آبگیری پی برد. ضمن اینکه آرد سویا نیز اگر چه دارای خواص فراوانی است اما با توجه به اهمیت منفی آن در اکثر پاسخ‌های مورد بررسی در این پژوهش، در صورت لزوم کاربرد صنعتی آن در فرمولاسیون ماست چکیده، نیازمند ایجاد تغییرات و تحقیقات بیشتری به ویژه در جهت بهبود ویژگی‌های حسی آن می‌باشد.

### ۷-۳- بهینه سازی عددی

با استفاده از قابلیت بهینه سازی عددی در نرم افزار Design

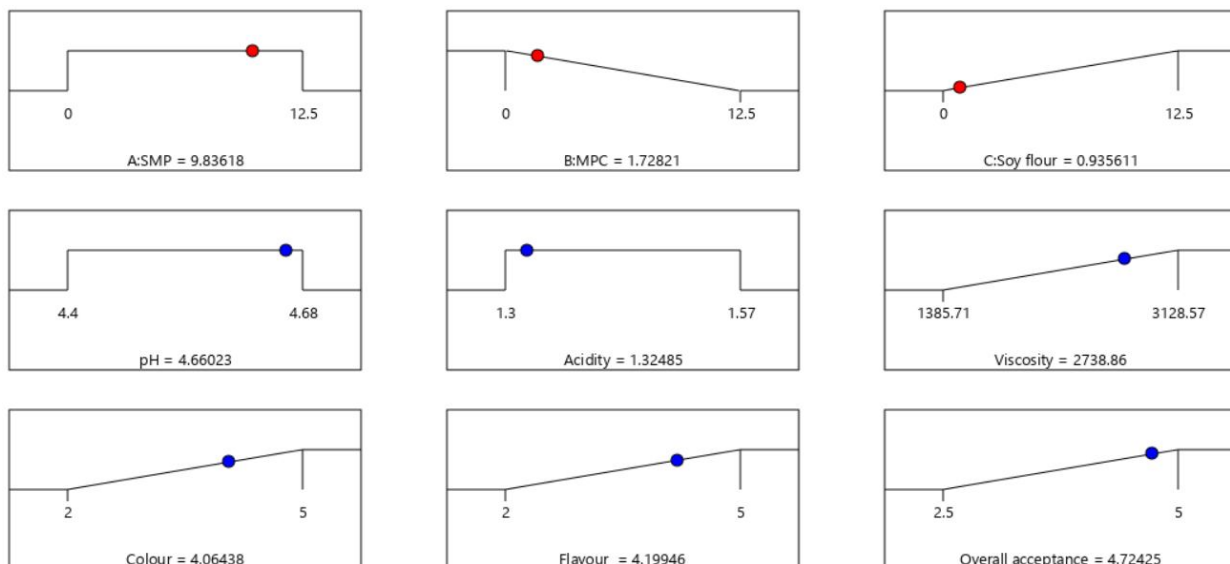


Fig 8 Schematic of optimal values of factors, responses, and levels

- degree of doctor of philosophy, Victoria University, Werribee Campus, VIC, Australia.
- [4] Dogan M, Kayacier, A. and Ic, E. 2007. Rheological characteristics of some food hydrocolloids processed with gamma irradiation. *Food Hydrocolloids* 21(3): 392–396.
- [5] Kumar, R., Sabapathy, S. N and Bawa, A. S. 2008. Functional and Edible Uses of Soy Protein Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7,14–28.
- [6] Tehrani, M. M. and Razavi, S. M. A. 1995. Soy food production. *JahadDaneshgahi Mashhad Publications*. 79–80.
- [7] Jumah, R. Y., Abu-Jdayil, B., and Shaker R. R. 2001. Effect of type and level of starter culture on the rheological properties of set yogurt during gelation process. *International journal of food properties*, 4 (3), 531–544.
- [8] Joyandeh., H. kooshki, M.H.,Mortazavi., S . A. and Mazaheri, M. 1995. Investigating the possibility of preparing soy yogurt using whey and formulating it according to the taste of the Iranian people. Master Thesis. TarbiatModares University.(in Persian)
- [9] Farnworth, E. R., Mainville, I., Desjardins, M. P. N., Gardner, I. F. and Champagne,C. 2007. Growth of probiotic bacteria and bifidobacteria in a soy yogurt formulation. *International Journal of Food Microbiology*. 116: 174–181.
- [10] Ferragut, V., Cruz, N. S., Trujillo, A., Guamis, B., and Capellas, M. 2009. Physical characteristics during storage of soy yogurt made from ultra-high pressure homogenized soymilk. *Journal of Food Engineering*. 92: 63–69.
- [11] Mohammadi R, Rouzitalab A, Shahabbaspour Z, Mortazavian A. Study of microbiological, biochemical and organoleptic properties in the probiotic soy yoghurt. 2013. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 7 (5) :149–158.(in Persian)
- [12] Pinthong, R., Macrae, R. and Rothwell, J. 1980. The development of a soya-based yogurt: I. Acid production by lactic acid bacteria. *Journal of Food Technology*, 15: 647–652.
- [13] Kristo, E., Biliaderis, C.G., and Tzanetakis N. 2003. Modeling of the acidification process and rheological properties of milk fermented with a yoghurt starter culture using response surface methodology. *Food chemistry*, 83:

## ۴- نتیجه گیری کلی

از آنجایی که معمولا در صنعت تولید ماست چکیده از شیرخشک، کنسانتره‌های پروتئینی شیر و پودر آب پنیر استفاده می شود و این ترکیبات عموما دارای قیمت بسیار بالایی هستند لذا با توجه به قیمت مناسب و ویژگی های منحصر به فرد آرد سویا و به منظور درک صحیح از شرایط تولید صنعتی فرمولاسیون ماست چکیده تولید شده به روش فرآیند بدون آبگیری در این پژوهش اثر اجزاء مختلف فرمولاسیون ماست چکیده از جمله شیرخشک کم چرب، کنسانتره پروتئینی شیر و آرد سویا بر روی ویژگیهای فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چکیده مورد بررسی قرار گرفت و این شرایط بهینه گردید به طوری که میزان نسبت آرد سویا، ویسکوزیته، امتیاز طعم و مزه، امتیاز رنگ و پذیرش کلی حداکثر و کنسانتره پروتئینی شیر حداقل، در نظر گرفته شدند و باتوجه به صفات مذکور میزان شیرخشک کم چرب ۹/۸ درصد، کنسانتره پروتئینی شیر ۱/۷۲ درصد و آرد سویا ۱ درصد به دست آمد. که چنین محصولی نیز دارای اسیدیته ۱/۳۲ درصد اسید لاکتیک،  $pH$  ۴/۶۶ و ویسکوزیته ۲۷۳۸ سانتی پویز، امتیاز طعم و مزه ۴/۱، امتیاز رنگ ۴/۰۱ و پذیرش کلی ۴/۷ بود. همچنین به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد آرد سویا اگر چه دارای خواص فراوانی است اما با توجه به اهمیت منفی آن در اکثر پاسخ های مورد بررسی در این پژوهش، در صورت لزوم کاربرد صنعتی آن در فرمولاسیون ماست چکیده، نیازمند ایجاد تغییرات و تحقیقات بیشتری به ویژه در جهت بهبود ویژگی هاحسی آن می باشد.

## ۵- منابع

- [1] Salji, J. 1991. Concentrated yoghurt: a challenge to our food industry. *Food science and technology today*. 5(1), 18–19.
- [2] Ozer, B.H., and Robinson, R.K. 1999. The Behaviour of Starter Culture in concentrated yoghurt (Labneh) produced by different techniques. *LWT - Food Science and Technology*, 32, 391–395.
- [3] Ramchandran L. 2009. Physicochemical and therapeutic properties of low-fat yoghurt as influenced by fat replacers, exopolysaccharides and probiotics. A thesis submitted for the

- Hinrichs, J. 2011. Structural properties of stirred yoghurt as influenced by whey proteins. *LWT-Food Science and Technology*, 44(10): 2134–2140.
- [25] Kashaninejad, M., Najaf Najafi, M., GhodsRohani, M., Kashaninejad, M. 2019. Evaluation and comparison of Sensory, physicochemical and rheological properties of labane formulation produced by wheyless process using principal component analysis (PCA) and partial least squares regression (PLS regression). *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 15 (5): 543–563
- [26] Stijepic, M. and Glušac, J., Đurđević-Milošević, D. and Mikulec, D. 2013. Physicochemical characteristics of soy probiotic yoghurt with inulin addition during the refrigerated storage. *Romanian Biotechnological Letters*. 18. 8077–8085.
- [27] Kolar. C. W., Cho, I. C., Watrous, W. L. 1979. Vegetable protein application in yogurt, coffee creamers and whip toppings. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 56(3): 389–391.
- [28] Ayobi, A., Mazaheri Tehrani, M. 2015. Assessment of probable application of full fat soy flour in cream formulation. *FSCT*. 12 (49) :103–112. (in Persian)
- [29] YasaeiMehrdardi, G., Mazaheri Tehrani, M., Habibi Najafi, M. 2016. Study of Chemical and Sensory properties of Functional Cheese made from Cow's Milk and Soymilk blend. 14 (6): 544–553. 1394
- [30] Ghods Rouhani, M. 2009. Investigation of the effect of different process conditions on chemical, physical and sensory properties of refined feta cheese produced from a mixture of cow's milk and soy milk. PhD thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian)
- [31] Tamime, A. Y., and R. K. Robinson. 1985. *Yoghurt: Science and Technology*. Pergamon Press.
- [32] Malenčić, D., Cvejić, J and Miladinović, J. 2010. Polyphenol Content and Antioxidant Properties of Colored Soybean Seeds from Central Europe. *J Med Food*. 15(1): 89–95
- [33] Tenenhaus, M., Pages, J., Ambroisine, L. and Guinot, C. 2005. PLS methodology to study relationships between hedonic judgments and product characteristics. *Food Quality and Preference*, 16: 315–325.
- 437–446.
- [14] Akin, M.B. 2007. Effect of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic icecream. *Food Chem*, 104: 93–99.
- [15] Watts, B.M., Ylimaki, G.L., Jeffery, L.E., Elias, L.G. 1987. *Basic Sensory Methods for Food Evaluation*. International Development Research Center. Ottawa, Canada.
- [16] Nardi, J.V., Acchar, W. and Hotza, D. (2004). Enhancing the properties of ceramic products through mixture design and response surface analysis. *Journal of the European Ceramic Society* 24: 375.
- [17] Tenenhaus, M., Pages, J., Ambroisine, L. and Guinot, C. 2005. PLS methodology to study relationships between hedonic judgments and product characteristics. *Food Quality and Preference*, 16: 315–325.
- [18] Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., and van Boekel, M. A. J. S. 1999. *Dairy Technology—Principles of Milk Properties and Processes*, Marcel Dekker, New York.
- [19] Tamime, A.Y. 1993. In *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*, Vol. 7, Ed. by MaCrae, R., Robinson, R.K. and Sadler, M.J., Academic Press, London, 4972–4977.
- [20] Farnworth, E., mainville, I., Desjardins, P., Champagne, B. 2007. Growth of probiotic bacteria and bifidobacterial in soy yoghurt formulation. *Int J Food Microbiol*, 53: 174–181.
- [21] Yeganehzad, S., Mazaheri Tehrani, M., Shahidi, F. And Zayerzadeh, A. 2009. Investigation of the effect of soy milk on survival. *Lactobacillus acidophilus* bacteria and physicochemical and organoleptic properties of probiotic yogurt, *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16 (1): 165–174. (in Persian)
- [22] Mohammed, H.A., Abu-Jdayil, B. and Al-Shawabkeh, A. 2004. Effect of solid concentration on the rheological properties of Labneh (concentrated yoghurt) produced from sheep milk. *J of Food Engineering*, 61: 347–352.
- [23] Walstra, P. 2013. *Dairy technology: principles of milk properties and processes*. CRC Press.
- [24] Krzeminski, A., Großhable, K., and



## Optimization of concentrated yoghurt formulation containing skim milk, milk protein concentrate and soy flour using mixture design

Rashidi, H. <sup>1\*</sup>, Kashaninejad, M. <sup>2</sup>, Baghaei, H. <sup>3</sup>, Ghaderi, A. R. <sup>4</sup>

1. Associate Professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
2. PhD student of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.
3. Assistant Professor of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Iran
4. M.Sc graduate of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Article History:</b></p> <p>Received 04 August 2020 Accepted 14 November 2020</p> <hr/> <p><b>Keywords:</b></p> <p>Concentrated yogurt, Milk protein concentrate, Mixture design, Skim milk powder, Soy flour.</p> <hr/> <p><b>DOI:</b> 10.29252/fst.18.03.26</p> <hr/> <p>*Corresponding Author E-Mail: ha_rashidi@yahoo.com</p>	<p>In this study, the effect of different amounts of skim milk powder (SMP) (5 to 11.5%), milk protein concentrate (MPC) (1 to 5%) and soy flour (0 to 5%) on acidity, pH, viscosity and sensory characteristics (flavor, color and overall acceptance of concentrated yogurt were investigated using mixture design. The results of acidity and pH showed that increasing the MPC and SMP decreased the acidity and increased the pH of the sample significantly, while increasing soy flour increased the acidity and decreased the pH of the samples. The results of viscosity showed that only the linear effect of SMP and MPC on the viscosity of samples was significant and increasing of SMP and MPC increased the viscosity of samples but soy flour had non-significant effect on the viscosity of the samples. The results of sensory score also showed that with increasing SMP and MPC, flavor, color and overall acceptance of samples increased significantly, but increasing soy flour decreased the sensory score. The results of variable importance in projection in PLS regression also showed that SMP had the highest positive significance and soy flour had the highest negative significance in terms of pH, viscosity, flavor score, color score and overall acceptance. The optimum formulation was obtained using numerical optimization algorithm in Design Expert software were SMP 9.8%, MPC 1.72% and soy flour 1%.</p>