مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بهینه‌یابی فرمولاسیون مارمالاد آلوی حاوی شیره خرما با استفاده از طرح مخلوط محدود شده

محمد بلوردی[1*]، اعظم ایوبی[1]، رضا حاجی‌محمدی فریمانی[1]

۱- استادیار، بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۹ /۰۸/۰۲

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۲۲

کلمات کلیدی:

ارزیابی حسی،

بهینه‌یابی،

شاخص‌های رنگ،

فرمولاسیون،

مارمالاد،

ویسکوزیته.

DOI: 10.52547/fsct.18.03.19

* مسئول مکاتبات:

mbalvardi@uk.ac.ir

چکیده

مارمالاد یک محصول فرآوری شده از برخی اندام‌های گیاهی نظیر میوه، گل، پوست میوه و غده می‌باشد که در آن قطعات گیاهی مورد استفاده کوچک بوده و به خوبی همگن شده‌اند. در تهیه مارمالاد از شکر به عنوان شیرین کننده استفاده می‌شود. در این پژوهش استفاده از شیره خرما به عنوان جایگزین بخشی از ساکارز مورد استفاده در فرمولاسیون مارمالاد، مورد مطالعه قرار گرفت. از طرح مخلوط محدود شده برای رسیدن به فرمولاسیون بهینه و بررسی اثر ترکیبات مورد مطالعه بر خواص مارمالاد تولیدی استفاده شد. مواد مورد استفاده در فرمولاسیون، پوره آلو (٪ ٦٥-٣٥)، شربت نبات (٪ ٦٥-٠) و شیره خرما (٪ ٦٥-٠) بودند. تعداد ۱۰ فرمول بر اساس طرح مخلوط محدود شده تولید شد و خواص فیزیکی، شیمیایی و ارزیابی حسی آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد پوره آلو بیشترین اثر را بر افزایش ویسکوزیته و اسیدیته کل مارمالاد داشت، در حالی که مواد جامد محلول کل با افزایش میزان پوره آلو در فرمولاسیون کاهش یافتند. شاخص L^* نمونه‌ها با افزایش شیره خرما و پوره آلو کاهش یافت و قرمزی مارمالاد با افزایش پوره آلو افزایش پیدا نمود. ارزیابی حسی فرمولاسیون‌های تولید شده نشان داد افزایش پوره آلو سبب بالا رفتن امتیاز قوام، مالش‌پذیری، رنگ و پذیرش کلی شد، در حالی که شیرینی و عطر و طعم، بیشتر تحت تاثیر افزایش میزان شیره خرما قرار گرفت. شرایط بهینه فرمولاسیون نیز در نسبت‌های ٪ ۵۸ پوره آلو، ٪ ۱۲ شربت نبات و ٪ ۳۰ شیره خرما به دست آمد و در فرمول بهینه میزان اسیدیته کل، ترکیبات فنولی کل و ویسکوزیته مارمالاد در دمای ۲۰ °C به ترتیب برابر با ۲/۰۷ گرم اسید سیتریک بر ۱۰۰ گرم، ۱۱۲/٤ میلی گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم و ۳۹٦۱ سانتی پواز بودند.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]

۱- مقدمه

میوه آلو یک میوه تک هسته‌ای از خانواده گلسرخیان[1] با نام علمی *Prunus Salicina* L. بوده و محصولی بومی اروپا و آسیا است [۱]. آلو یکی از رایج‌ترین میوه‌های دارای کالری پایین و ارزش غذایی نسبتاً بالا است. آلو دارای کربوهیدرات‌هایی نظیر ساکارز، گلوکز و فروکتوز، اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک و اسید مالیک و ترکیبات مغذی نظیر نیاسین، ریبوفلاوین، کلسیم، فسفر، آهن، سدیم، پتاسیم، فیبر، تانن، مواد معطر و آنزیم‌هایی است که بر ارزش غذایی و طعم آلو تاثیر گذارند [۲ و ۳].

آلو میوه‌ای سرشار از ترکیبات زیست فعال و موادی نظیر ویتامین‌های A، C و E، آنتوسیانین‌ها و ترکیبات فنولی می‌باشد و به همین دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن از پرتقال، سیب و توت‌فرنگی بیشتر است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای عصاره آلو، به دلیل حضور ترکیبات پلی‌فنولی نظیر اسید کلروژنیک و اسید نئوکلروژنیک در شرایط آزمایشگاهی به اثبات رسیده است [٤].

میوه آلو دارای خواص درمانی بوده، عملکرد قلب و هضم غذا را تحریک نموده و به دفع مواد سمی و کلسترول از بدن کمک می‌کند. آلو از پوکی استخوان جلوگیری کرده و استخوان‌ها را تقویت می‌نماید. همچنین آلو سبب تقویت سیستم ایمنی در برابر رادیکال‌های آزاد و شرایط استرس‌زا شده و به سلامت و زیبایی پوست کمک می‌کند [۳، ۵ و ٦]. اگرچه این میوه از اواخر فصل بهار و در طی فصل تابستان به میزان فراوان در دسترس می‌باشد اما به دلیل فعالیت آبی بالا و داشتن ترکیبات مغذی مدت ماندگاری کوتاهی داشته و به سرعت فاسد می‌شود. به علاوه مدت برداشت آلو کوتاه بوده و در اکثر فصول سال به صورت تازه موجود نیست [۱]. معمولاً برای نگهداری آلو به مدت طولانی از فرایند خشک کردن استفاده می‌شود. به علاوه آلو به عنوان یک ماده اصلی در تهیه مربا، ژله، کیک، پای، دسر و مارمالاد به کار می‌رود [۷].

امروزه تقاضا برای محصولات غذایی سالم مانند میوه‌ها و سبزیجات در حال افزایش است. در عین حال، میوه‌ها و سبزی‌ها، محصولاتی بسیار فسادپذیر هستند و متعاقباً توزیع و ماندگاری آنها با مشکلاتی همراه است. فرآوری این محصولات راه حلی برای گسترش بازار این محصولات بوده و تا حدی می‌تواند به حفظ برخی از ترکیبات مغذی محصولات تازه کمک کند. از این نظر، مارمالاد نمونه بارزی از فرآورده‌های میوه‌ای با پایداری بیشتر می‌باشد [۸].

مارمالاد محصولی ژله مانند با بافت همگن و یکنواخت است که از فرآوری اندام‌های گیاهی خوراکی (کامل، تکه یا پوره) به تنهایی یا به صورت مخلوط همراه با شیرین‌کننده‌های مجاز یا آب میوه پس از طی فرآیندی خاص تا رسیدن به غلظت معین تهیه می‌شود [۹]. برای دستیابی به ساختار ژل مانند مارمالاد، تقریبا همان استانداردها و اصول تهیه ژله به کار می‌رود. این محصول به دلیل استفاده از ضایعات و همچنین سادگی فرآیند تولید مورد توجه تولید کنندگان صنعت غذا قرار گرفته است. اگرچه در تولید مربا استفاده از میوه‌های مرغوب با ظاهر مناسب ضرورت دارد، اما این امر در مورد مارمالاد لازم نیست و از طرف دیگر استفاده از پوست میوه در تهیه مارمالاد علاوه بر افزایش مواد مغذی محصول از میزان ضایعات نیز می‌کاهد [۱۰ و ۱۱].

در تهیه مارمالاد، مانند بسیاری از محصولات دیگر، استفاده از شیرین کننده‌ها برای دستیابی به بافت مناسب این نوع محصولات از اهمیت خاصی برخوردار است. علاوه بر این، شیرین کننده‌ها باعث افزایش غلظت مواد جامد محلول، کاهش فعالیت آبی و کنترل رشد میکروبی در این محصولات می‌شوند. اغلب ساکارز به عنوان قند اصلی برای تولید مارمالاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، با توجه به تاثیرات منفی ساکارز بر سلامتی نظیر افزایش احتمال ابتلا به سرطان، افزایش میزان کالری دریافتی و افزایش شاخص گلوکز، جایگزینی این قند با شیرین کننده‌های مناسب ضروری به نظر می‌رسد [۸].

خرما میوه ایده‌آلی برای جایگزینی شکر در مواد غذایی است و در تغذیه روزانه بسیاری از مردم نواحی خشک نقش مهمی را ایفا می‌کند. شیره خرما محصولی غنی از املاح معدنی و ترکیبات قندی (به ویژه گلوکز و فروکتوز) می‌باشد که استفاده از آن به عنوان منبع مناسبی از ترکیبات مغذی در انواع محصولات غذایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۱۲]. در مطالعه همایونی راد و همکاران (۱۳۹۳) جهت تولید مربای رژیمی آلبالو از شیره خرما استفاده شد و نتایج به دست آمده نشان داد شیره خرمای مورد

1. *Rosaceae*

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]

استفاده در تولید مربای رژیمی آلبالو، تاثیر نامطلوبی بر ویژگی‌های حسی، فیزیکی و شیمیایی محصول ندارد و با توجه به دارا بودن ترکیبات مفید می‌تواند به عنوان یک جایگزین مغذی و مناسب برای شکر در این محصول به کار رود [۱۳]. طبق گزارشات، افزایش رطوبت، کاهش سختی و افزایش چسبندگی و الاستیسیته بافت، کاهش روشنی و افزایش زردی و قرمزی رنگ و افزایش پذیرش کلی محصول از نتایج جایگزینی بخشی از شکر در فرمولاسیون پاستیل میوه‌ای بر پایه کیوی بوده است [۱٤]. محمدی شندی و زمردی (۱۳۹۷) پس از ارزیابی تاثیر شیره خرما و پکتین بر ویژگی‌های رنگی، بافتی و حسی پاستیل میوه‌ای بر پایه موز، استفاده از ۰/۳ ٪ پکتین و ۲۰ ٪ شیره خرما برای تولید این محصول کم شکر را پیشنهاد نمودند [۱۵]. نتایج بررسی مسمودی و همکاران (۲۰۱۰) بر افزایش قابلیت پذیرش کلی ژله لیمویی کم شکر تهیه شده با شیره خرما دلالت داشت [۱٦].

با توجه به اثرات مثبت جایگزینی بخشی از شکر با شیره خرما، در مطالعه حاضر از این شیرین‌کننده به عنوان جایگزین شکر در تولید مارمالاد آلو استفاده شد و در نهایت ارزیابی ویژگی‌های کیفی این محصول انجام شد. به علاوه به منظور تعیین فرمولاسیون بهینه از روش آماری طرح مخلوط محدود شده استفاده گردید و بهترین فرمول از نظر شاخص‌های مورد ارزیابی ارائه شد.

۲- مواد و روش‌ها

مواد اولیه مورد استفاده در تهیه مارمالاد آلو شامل شیره نبات، شیره خرما و میوه آلو بودند. شیره نبات از یک کارگاه تولید نبات در شهرستان مشهد و شیره خرما از شرکت دمباز (بندرعباس) خریداری شد. میوه آلو رقم سانتریزه از باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان در تیر ماه ۱۳۹۸ برداشت شد. آلوها پس از شستشو، به نسبت ۱ به ۱ با آب مخلوط و تحت فشار اتمسفر به مدت ۳۰ دقیقه جوشانده شدند و پس از نرم شدن، پوست و هسته آنها با صافی جدا شد و پالپ میوه تا رسیدن به بریکس ۳۲/۵ در فشار اتمسفر تغلیظ شد و رب آلو حاصل گردید. جدول ۱ ویژگی‌های شیره نبات، شیره خرما و رب آلوی مورد استفاده را نشان می‌دهد. هر کدام از فرمول های جدول ۲ به میزان ۵۰۰ گرم مارمالاد تولید شدند. فرمولاسیون‌های مختلف پس از اختلاط اجزا آنها با نسبت‌های متفاوت (مطابق با جدول ۲) مخلوط و ضمن حرارت‌دهی یکنواخت گردیدند و در ظروف شیشه‌ای بسته‌بندی و سپس پاستوریزه شدند. شیشه‌ها پس از خنک‌سازی، تا زمان اجرای آزمایشات در یخچال نگهداری شدند. لازم به ذکر است که تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

Table 1 Properties of sugar syrup, date syrup, and fruit paste

component	pH	Brix (°)	TA (g citric acid/100 g)	TPC (mg GAE/100 g)	Viscosity (cp)
Fruit paste	3.62	32.5	2.59	207.6	9452
Sugar syrup	4.06	73.0	0.06	5.5	888
Date syrup	4.41	75.7	1.01	190.8	5680

TA: total acidity and TPC: total phenolic compounds

Table 2 Levels of different components (%) used in formulation of marmalade

Formula	Components (%)		
	Fruit paste (A)	Sugar syrup (B)	Date syrup (C)
1	65.0	17.5	17.5
2	35.0	0.0	65.0
3	50.0	12.5	37.5
4	35.0	65.0	0.0
5	35.0	32.5	32.5
6	50.0	50.0	0.0
7	50.0	0.0	50.0
8	65.0	0.0	35.0
9	65.0	35.0	0.0
10	50.0	37.5	12.5

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]

۲-۱- اندازه‌گیری مواد جامد محلول

اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل با استفاده از دستگاه رفرکتومتر (2WAJ, OPTIKA, Italy) در دمای ۲۵ °C انجام شد.

۲-۲- اندازه‌گیری اسیدیته

اسیدیته مارمالاد به روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شد. برای این منظور ابتدا ۵ گرم از نمونه با ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر جوشیده و سرد شده مخلوط و همگن شد و تیتراسیون تا رسیدن pH مخلوط به ۸/۲ انجام شد. اسیدیته مارمالاد با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$Z = (V \times N \times Meq \times 100) / w$$

در این رابطه V حجم سود مصرفی به میلی‌لیتر، N نرمالیته سود مصرفی، Meq میلی اکی والان اسید سیتریک (اسید غالب آلو) و w وزن نمونه می‌باشد.

۲-۳- اندازه‌گیری فنول کل

برای اندازه‌گیری محتوی فنول کل موجود در نمونه‌ها از روش ارائه شده توسط تاگا و همکاران (۱۹۸٤) با اندکی تغییر استفاده شد. بدین منظور ابتدا ۰/۵۰ گرم نمونه همگن شده با محلول متانول/ آب به نسبت ۸۰:۲۰ به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسید. سپس محلول حاصل با استفاده از شیکر (KS 260 basic, IKA, Germany) در ۲۰۰ rpm به مدت ٦۰ دقیقه به خوبی هم‌زده شد و پس از آن به مدت ۱۰ دقیقه در ۵۰۰۰ g سانتریفیوژ (Sigma 3-30K, Germany) گردید. در انتها به ۱۰۰ میکرولیتر از محلول صاف شده ۷۵۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتیو رقیق شده به نسبت ۱ به ۱۰ و ۷۵۰ میکرولیتر کربنات سدیم ٦ درصد افزوده شد و پس از گذشت ۳۰ دقیقه دور از تابش مستقیم نور جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UNICO 2802, China) در طول موج ۷۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. از اسید گالیک نیز به عنوان استاندارد استفاده گردید [۱۷].

۲-٤- رنگ

شاخص‌های رنگی مارمالاد با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (TES-135A, Taiwan) اندازه‌گیری شد. شدت رنگ نمونه‌ها با استفاده از شاخص‌های رنگی بر حسب روشنی یا سفیدی (L^*)، قرمزی- سبزی (a^*) و زردی-آبی (b^*) بیان گردید.

۲-۵- اندازه‌گیری ویسکوزیته

اندازه‌گیری ویسکوزیته با استفاده از یک دستگاه ویسکومتر (DV3T, Brookfield, USA) متصل به اسپیندل RV4 در سرعت ۵۰ rpm و دمای ۲۰ °C انجام گرفت. ویسکوزیته هر نمونه ۳ بار در یک بشر ۳۰۰ میلی‌لیتری و با فاصله زمانی ۳۰ ثانیه اندازه‌گیری شد.

۲-٦- ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی مارمالاد آلو توسط ۲۰ نفر ارزیاب آموزش دیده مورد مطالعه قرار گرفت. از داوران خواسته شد تا نمونه‌ها را از نظر شیرینی، ترشی، مالش‌پذیری، رنگ، قوام، طعم و بو و پذیرش کلی ارزیابی کنند. ارزیابی ویژگی‌های حسی بر اساس مقیاس هدونیک ۹ نقطه‌ای انجام پذیرفت و امتیازات بین ۱ (خیلی بد) و ۹ (خیلی خوب) در نظر گرفته شدند.

۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف رب آلو، شیره نبات و شیره خرما بر ویژگی‌های مارمالاد تولید شده از طرح آزمایشی مخلوط محدود شده استفاده شد. نرم‌افزار Design-Expert نسخه 7.0.0 برای آنالیز داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. معادلات پیش‌بینی شده برای هر ویژگی از آنالیز داده‌ها به دست آمد. با توجه به مدل‌های پیش‌بینی شده، نمودارهای کنتور مربوط به هر ویژگی رسم شد و نقطه بهینه یعنی درصدهای مناسب پوره آلو، شیره نبات و شیره خرما به دست آمد. در نهایت یک فرمول به عنوان بهترین فرمول از نظر ویژگی‌های مورد مطالعه معرفی گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مواد جامد محلول

نتایج ارزیابی مواد جامد محلول نشان داد مقدار مواد جامد محلول مارمالاد تحت تاثیر مقدار پوره میوه، شیره خرما و شربت نبات قرار گرفته است. اگرچه با افزایش مقدار پوره آلو در فرمولاسیون محصول، مقدار مواد جامد محلول کاهش یافت اما افزایش مقدار شیره خرما و شربت نبات سبب افزایش مقدار ماده جامد محلول شد. همانطور که در شکل ۱-a مشاهده می‌شود،

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]
[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]

تاثیر شیره خرما در افزایش مواد جامد محلول مارمالاد بیشتر از شربت نبات بوده است. با توجه به اینکه مقدار بریکس شیره خرمای مورد استفاده ۷۵/۷ درصد و بریکس شربت نبات ۷۳/۰ درصد بوده است این نتیجه دور از انتظار نیست. از طرفی مقدار ماده جامد محلول پوره آلو نیز ۳۲/۵ درصد بود و به همین دلیل افزایش مقدار پوره میوه در فرمولاسیون محصول، کاهش مواد جامد محلول را به دنبال داشته است. معادله پیش‌بینی کننده برای به دست آوردن تغییرات مواد جامد محلول در فرمولاسیون‌های مختلف در جدول ۳ ارائه گردیده است. در تحقیقی که توسط عبدالله و چنگ (۲۰۰۱) روی بهینه‌یابی فرمولاسیون مخلوط مرباها انجام شد نیز تغییرات مواد جامد محلول کل بر اساس میزان میوه‌های به کار رفته در محصول با یک معادله پیش‌بینی کننده نشان داده شد [۱۸].

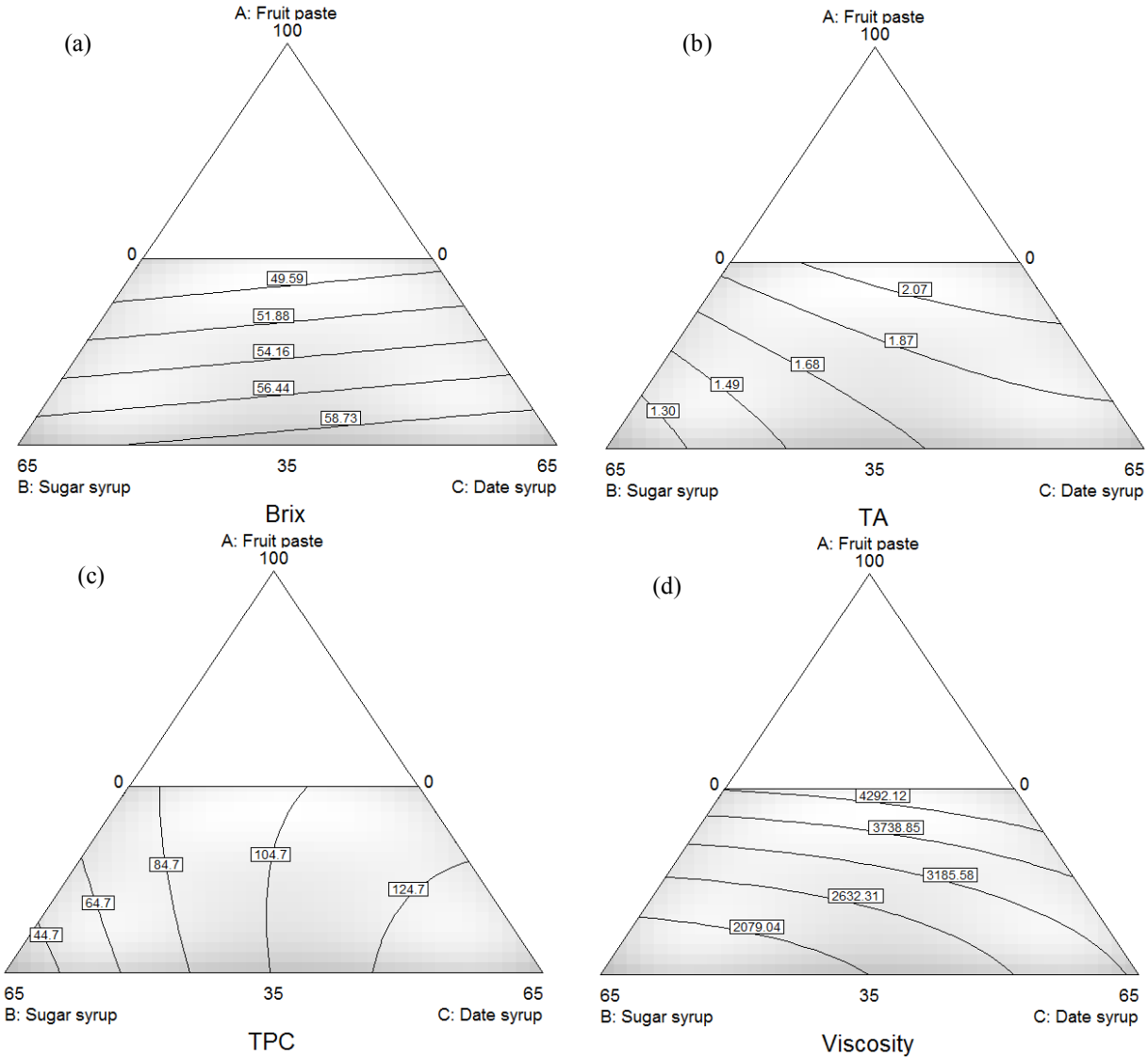


Fig 1 Counter plots for physiochemical characteristics of brix, TA, TPC, and viscosity (TA: total acidity and TPC: total phenolic compounds)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]

Table 3 Predicted models for sensorial and physiochemical characteristics

Attributes	Model	R^2
Brix (°)	Y = 34.31A + 58.14B + 61.01C - 0.44AB + 0.43AC + 0.084BC	0.99
TA (g citric acid/100 g)	Y = 3.53A + 1.11B + 1.80C - 1.12AB - 1.29AC + 0.67BC	0.99
TPC (mg GAE/100 g)	Y = 73.95A + 24.72B + 144.73C + 127.16AB - 2.04AC + 83.23BC	0.95
Viscosity (cp)	Y = 11219A + 1526B + 3257C - 6788AB - 7866AC - 1238BC	0.98
L*	Y = 6.68A + 10.21B + 7.72C + 0.72AB + 4.17AC - 4.68BC	0.89
a*	Y = 13. 19A + 8.56B + 6.18C - 5.41AB + 2.33AC - 4. 45BC	0.96
b*	Y = - 9.93A - 6.52B - 5.28C + 3.55AB + 7.12AC - 4.63BC	0.91
Sweetness	Y = 2.55A + 7.04B + 6.48C + 7.06AB + 3.71AC - 0.55BC	0.94
Sourness	Y = 2.94A + 3.72B + 4.07C + 16.27AB + 13.34AC - 1.60BC	0.98
Spreadability	Y = 6.21A + 4.94B + 5.79C + 7.53AB + 2.22AC + 1.33BC	0.96
Color	Y = 10.03A + 6. 49B + 4.01C - 0.007AB - 3.93AC + 0.66BC	0.90
Consistency	Y = 5.87A + 3.83B + 6.22C + 8.98AB - 0.019AC - 0.31BC	0.91
Taste and flavor	Y = 4.54A + 5. 49B + 4.30C + 8.31AB + 2.48AC - 0.99BC	0.95
Overall acceptability	Y = 5.51A + 5.15B + 4.87C + 9.26AB + 7.82AC - 1.26BC	0.96

TA: total acidity, TPC: total phenolic compounds, A: Fruit paste, B: Sugar syrup, and C: Date syrup

۳-۲- اسیدیته کل

بررسی نتایج به دست آمده نشان داد افزایش مقدار پوره میوه و شیره خرما باعث افزایش اسیدیته مارمالاد شده است اما با افزایش مقدار شربت نبات اسیدیته محصول کاهش یافته است (شکل ۱-b). بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۱ مقدار اسیدیته پوره میوه ۲/۵۹ درصد و اسیدیته شیره خرما ۱/۰۱ درصد بود در حالی‌که مقدار اسیدیته شربت ساکارز تنها ۰/۰۶ درصد به دست آمده است و با توجه به اسیدیته بیشتر پوره آلو و شیره خرما نسبت به شربت نبات نتایج به دست آمده مورد انتظار می‌باشد. معادله ارائه شده در جدول ۳ تغییرات اسیدیته کل مارمالاد را بر اساس میزان ترکیبات استفاده شده در فرمولاسیون آن پیش‌بینی می‌کند. ضریب همبستگی این رابطه ۰/۹۹ می‌باشد که نشان دهنده مناسب بودن آن برای پیش‌بینی میزان اسیدیته کل فرمولاسیون مارمالاد می‌باشد. همان‌گونه که در این معادله نیز مشاهده می‌گردد به ترتیب بیشترین و کمترین ضرایب، مربوط به پوره میوه و شربت نبات می‌باشند که نشان دهنده تاثیر بیشتر پوره میوه بر افزایش اسیدیته کل فرمولاسیون مارمالاد تولیدی می‌باشد.

۳-۳- فنول کل

حفظ ترکیبات فنولی موجود در منابع گیاهی، در زمان فرآوری مواد غذایی به علت خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد رادیکالی این ترکیبات از اهمیت قابل توجهی برخوردار است و بالا بودن این ترکیبات در محصول تولید شده نشان دهنده کیفیت قابل قبول آن محصول می‌باشد [۱۹ و ۲۰]. بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش مقدار پوره آلو بر محتوی فنول کل مارمالاد موثر بوده است (شکل ۱-c). همچنین افزایش مقدار شیره خرما در فرمول محصول افزایش فنول کل را سبب شده است اما افزایش مقدار شربت نبات باعث کاهش فنول کل مارمالاد آلو شده است. مشتقات اسید هیدروکسی سینامیک نظیر اسید کلروژنیک و اسید نئوکلروژنیک، روتین، مشتقات سیانیدین، پئونیدین و کوئرسیتین از جمله ترکیبات فنولی شناسایی شده در انواع آلو می‌باشند [۳]. طبق گزارشات محتوای فنولی ارقام مختلف آلو بین ۱۲۵ تا ۳۷۲/۶ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه بوده است و میوه‌های دارای رنگ پوست آبی تیره تا بنفش دارای بالاترین مقدار ترکیبات فنولی بوده‌اند [۲۱]. این یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر که محتوی فنولی پوره آلو را ۲۰۷/۶ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم نشان می‌دهد، همخوانی دارند. بررسی رابطه ارائه شده برای پیش‌بینی محتوی فنول کل موجود در فرمولاسیون مارمالاد نشان می‌دهد که بالاترین ضریب تاثیر مربوط به شیره خرما بوده و شربت نبات کمترین ضریب تاثیر را دارد. بررسی اثر جایگزینی شکر با شیره خرما در یک دسر لبنی نشان داد میزان فنول کل محصول حاوی شیره خرما به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد که این افزایش به دلیل وجود ترکیبات فنولی است که به طور طبیعی در خرما وجود دارند [۲۲].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]

۳-٤- ویسکوزیته

اندازه‌گیری ویسکوزیته با استفاده از ویسکومتر چرخشی نشان داد پوره آلو بیشترین تاثیر را روی افزایش ویسکوزیته مارمالاد دارد و کمترین اثر در این مورد مربوط به شربت نبات می‌باشد (شکل ۱-d). این نتایج با ویسکوزیته به دست آمده از مواد اولیه مورد استفاده در فرمولاسیون‌ها همخوانی دارد، زیرا همان‌گونه که در جدول ۱ آورده شده بیشترین و کمترین ویسکوزیته مواد اولیه به ترتیب مربوط به پوره آلو و شربت نبات و برابر با ۹٤۵۲ و ۸۸۸ سانتی پواز می‌باشد. رابطه ارائه شده در جدول ۳ برای پیش‌بینی ویسکوزیته نیز دلالت بر آن دارد که ضریب مربوط به پوره آلو بیشترین مقدار و ضریب شربت نبات کمترین مقدار است. این نتایج با امتیاز شاخص قوام در بخش ارزیابی حسی نیز مطابقت دارند و تقریباً فرمول با ویسکوزیته بالاتر امتیاز بیشتری نیز برای شاخص قوام دریافت کرده است. افزودن شیره خرما به فرمولاسیون نوشابه انرژی‌زا مورد بررسی قرار گرفته و فرمول بهینه با استفاده از روش مخلوط به دست آمده است. نتایج نشان داده افزودن شیره خرما اثرات مثبتی بر ویژگی‌های رئولوژیکی محصول داشته است [۲۳]. در یک پژوهش نشان داده شد افزودن قندهای جایگزین در فرمولاسیون مارمالاد پرتقال باعث بهبود قوام محصول تولیدی شده است. این تغییر در ویسکوزیته و قوام می‌تواند به دلیل حضور قندهای احیاءکننده و همین‌طور ترکیبات پکتیکی و دیگر کربوهیدرات‌ها باشد [۸].

۳-۵- شاخص‌های رنگی

رنگ و ظاهر اولین ویژگی ماده غذایی است که مصرف کننده با توجه به آن درباره کیفیت و قابلیت پذیرش محصول قضاوت می‌کند [۱٦]. همان‌طور که در شکل ۲-c نشان داده شده است مقدار روشنی مارمالاد با افزایش مقدار شربت نبات افزایش یافت اما افزایش مقدار پوره آلو و شیره خرما در فرمولاسیون محصول سبب کاهش روشنی و تیرگی بیشتر محصول شد. رابطه ارائه شده برای پیش‌بینی شاخص L^* در جدول ۳ نیز دلالت بر آن دارد که شربت نبات بیشترین تاثیر را بر افزایش شدت شاخص L^* مارمالاد تهیه شده، داشته است. بر اساس نتایج قابل مشاهده در شکل ۲-a افزایش نسبت پوره آلو در فرمولاسیون مارمالاد، افزایش قرمزی محصول را به دنبال داشت، اما با افزایش نسبت شیره خرما، قرمزی رنگ محصول کاهش یافت. رابطه ارائه شده در جدول ۳ نیز دلالت بر این موضوع دارد و نشان می‌دهد که میزان قرمزی مارمالاد تولیدی (شاخص a^*) بیشتر تحت تاثیر پوره آلوی مورد استفاده در فرمولاسیون قرار دارد. ارزیابی شاخص b^* در شکل ۲-b آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد با افزایش شیره خرما در فرمولاسیون مارمالاد تولیدی میزان زردی افزایش یافته و شیره نبات اثر کمتری بر زردی محصول داشته است. بالاتر بودن ضریب مربوط به شیره خرما در معادله پیش‌بینی کننده شاخص b^* در جدول ۳ نیز دلالت بر همین موضوع دارد. طبق گزارشات مسمودی و همکاران (۲۰۱۰) با افزایش مقدار ساکارز در ژله کم شکر تهیه شده از عصاره خرما و لیمو مقدار قرمزی محصول افزایش و زردی آن کاهش یافته است [۱٦]. به علاوه این نتایج با نتایج تحقیق محمودی و توکلی‌پور (۱۳۹٤) روی اثر شیره خرما به عنوان شیرین‌کننده بر پارامترهای رنگی پاستیل میوه‌ای بر پایه میوه کیوی مطابقت دارد [۱٤]. در مطالعات محمدی شندی و زمردی (۱۳۹۷) نیز کاهش روشنی و افزایش زردی پاستیل میوه‌ای بر پایه موز با افزایش سطح شیره خرما در محصول گزارش شده است [۱۵].

رنگ میوه آلو مربوط به وجود آنتوسیانین‌ها و کارتنوئیدها در این میوه است. تجمع هر دو نوع رنگدانه مذکور در پوست میوه آلو بیشتر است. البته تاثیر آنتوسیانین‌ها در ایجاد رنگ سطحی میوه بیشتر می‌باشد [۲٤]. رنگ میوه یکی از مهمترین فاکتورهای مشخص کننده بلوغ و کیفیت بسیاری از گونه‌ها است که تحت تاثیر فاکتورهایی نظیر غلظت و توزیع رنگدانه‌ها در پوست، نور، دما، میزان اتیلن و عملیات باغبانی قرار می‌گیرد [۲۵].

آنتوسیانین‌ها زیرگروهی از فلاوونوئیدها هستند. این ترکیبات محلول در آب بوده و عامل ایجاد رنگ‌های قرمز، آبی و بنفش در بافت‌های گیاهی می‌باشند. بتاکاروتن و کریپتوگزانتین مهم‌ترین کاروتنوئیدهای موجود در آلو به شمار می‌روند که در ایجاد رنگ زرد و نارنجی در پوست و گوشت میوه مشارکت بیشتری دارند [۲٦].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]

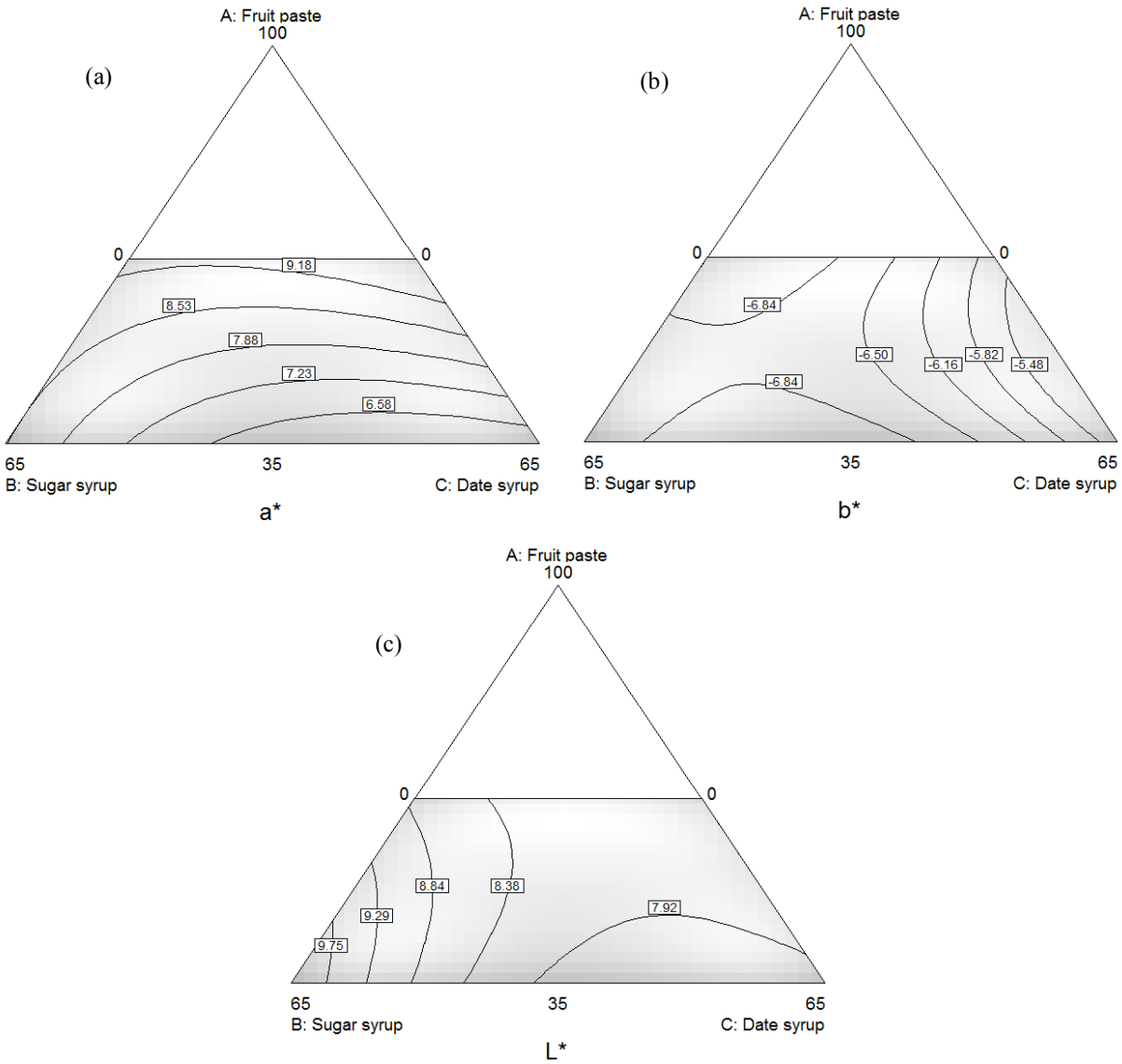


Fig 2 Counter plots for color indices of L^*, a^*, and b^*

۳-٦- ارزیابی حسی

میانگین امتیازات ارزیابی خصوصیات حسی فرمول‌های مختلف مارمالاد تهیه شده در این پژوهش در جدول ٤ مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج به دست آمده از ارزیابی‌های حسی، ویژگی‌های حسی مارمالاد به طور معنی‌داری تحت تاثیر مقدار پوره میوه، شربت نبات و شیره خرما قرار گرفت (شکل ۳). با افزایش مقدار پوره آلو امتیازات قوام، طعم، ترشی، مالش‌پذیری، و رنگ افزایش و امتیاز شیرینی کاهش یافت. افزایش مقدار شربت نبات باعث کاهش امتیازات قوام، ترشی و مالش‌پذیری و افزایش شیرینی، عطر و طعم و رنگ محصول شد. امتیازات صفات قوام، شیرینی و مالش‌پذیری مارمالاد با افزایش نسبت شیره خرما افزایش یافت اما با افزایش سطح شیره خرما در محصول از امتیازات صفات حسی عطر و طعم، ترشی و رنگ کاسته شد. امتیاز داده شده به قوام محصول با ویسکوزیته اندازه‌گیری شده در فرمولاسیون‌های مختلف مطابقت داشته و با افزایش مقدار پوره آلو در فرمولاسیون ویسکوزیته اندازه‌گیری شده با روش دستگاهی و امتیاز مربوط به قوام مارمالاد افزایش می‌یابند. از طرفی امتیاز مربوط به رنگ نمونه نیز با میزان قرمزی تعیین شده توسط روش دستگاهی (شاخص a^*) همخوانی دارد. اگرچه افزایش سطح پوره آلو سبب

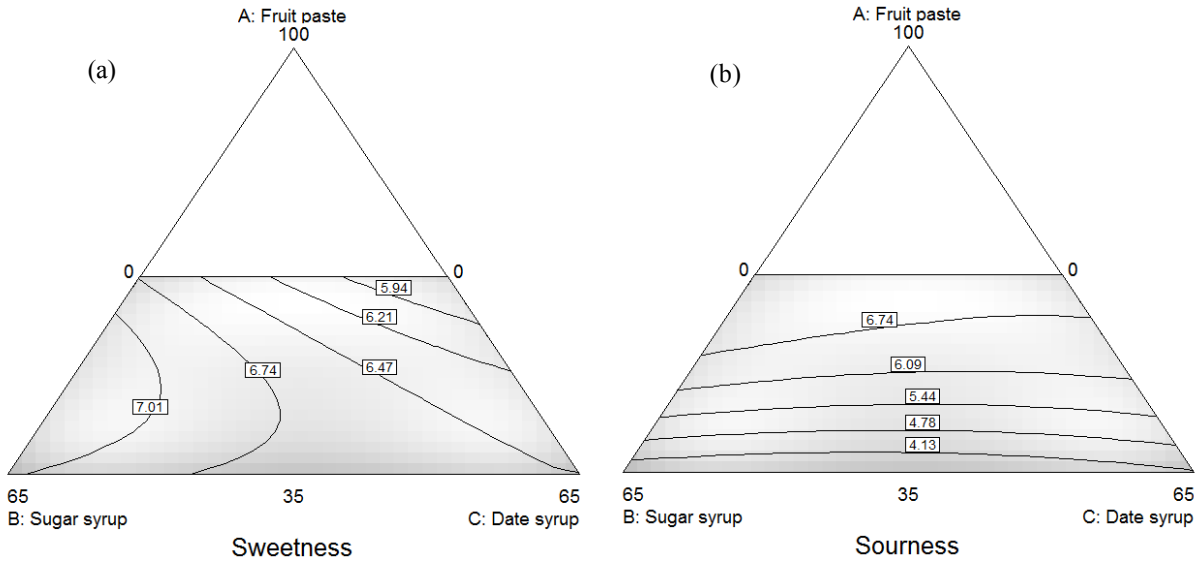
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]

افزایش پذیرش کلی محصول شد اما با افزایش سطح شربت ساکارز و شیره خرما قابلیت پذیرش کلی مارمالاد آلو کم شد (شکل ٤). ضرایب همبستگی مربوط به روابط ارائه شده برای ویژگی‌های حسی مارمالاد حاصل در جدول ۳ بین ۰/۹۰ تا ۰/۹۸ متغیر هستند که نشان می‌دهند با استفاده از معادلات ارائه شده به خوبی می‌توان خصوصیات حسی محصول را پیش‌بینی نمود. در مطالعه اثر استفاده از درصدهای مختلف میوه‌های گرمسیری در فرمولاسیون مربای کم کالری با استفاده از طرح مخلوط نشان داده شد تغییر در ترکیبات مورد استفاده در مربای حاصل روی ارزیابی حسی مصرف کننده اثرات قابل ملاحظه‌ای می‌گذارد. در این پژوهش روابط پیش‌بینی کننده امتیاز مربوط به هر کدام از ویژگی‌های حسی مربای تولید شده ارائه گردید [۱۸]. در پژوهش دیگری تاثیر استفاده از مخلوط میوه‌ها و غده‌های آندی بر ویژگی‌های حسی مارمالاد مورد مطالعه قرار گرفت و نشان داده شد ترکیبات مورد استفاده در فرمولاسیون مارمالاد ویژگی‌های حسی و پذیرش مصرف کننده را تحت تاثیر می‌گذارند [۲۷].

Table 4 Sensory evaluation of produced marmalade

Formula	Sweetness	Sourness	Spreadability	Color	Consistency	Taste and flavor	Overall acceptability
1	6.14	7.14	7.29	7.44	6.71	6.14	7.43
2	6.43	4.14	5.86	4.29	6.14	4.43	5.00
3	6.14	5.71	6.71	5.96	6.43	5.57	6.29
4	7.00	3.57	5.00	6.71	3.86	5.57	5.00
5	6.71	3.57	5.57	4.91	5.00	4.43	4.71
6	7.29	6.71	6.57	7.00	6.14	6.71	7.29
7	6.43	6.14	6.14	4.16	6.14	4.43	6.14
8	5.57	7.00	6.43	5.64	5.86	5.00	7.29
9	6.71	7.14	7.29	7.86	7.00	7.00	7.29
10	7.00	6.29	6.57	7.04	5.29	6.14	6.57



[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]

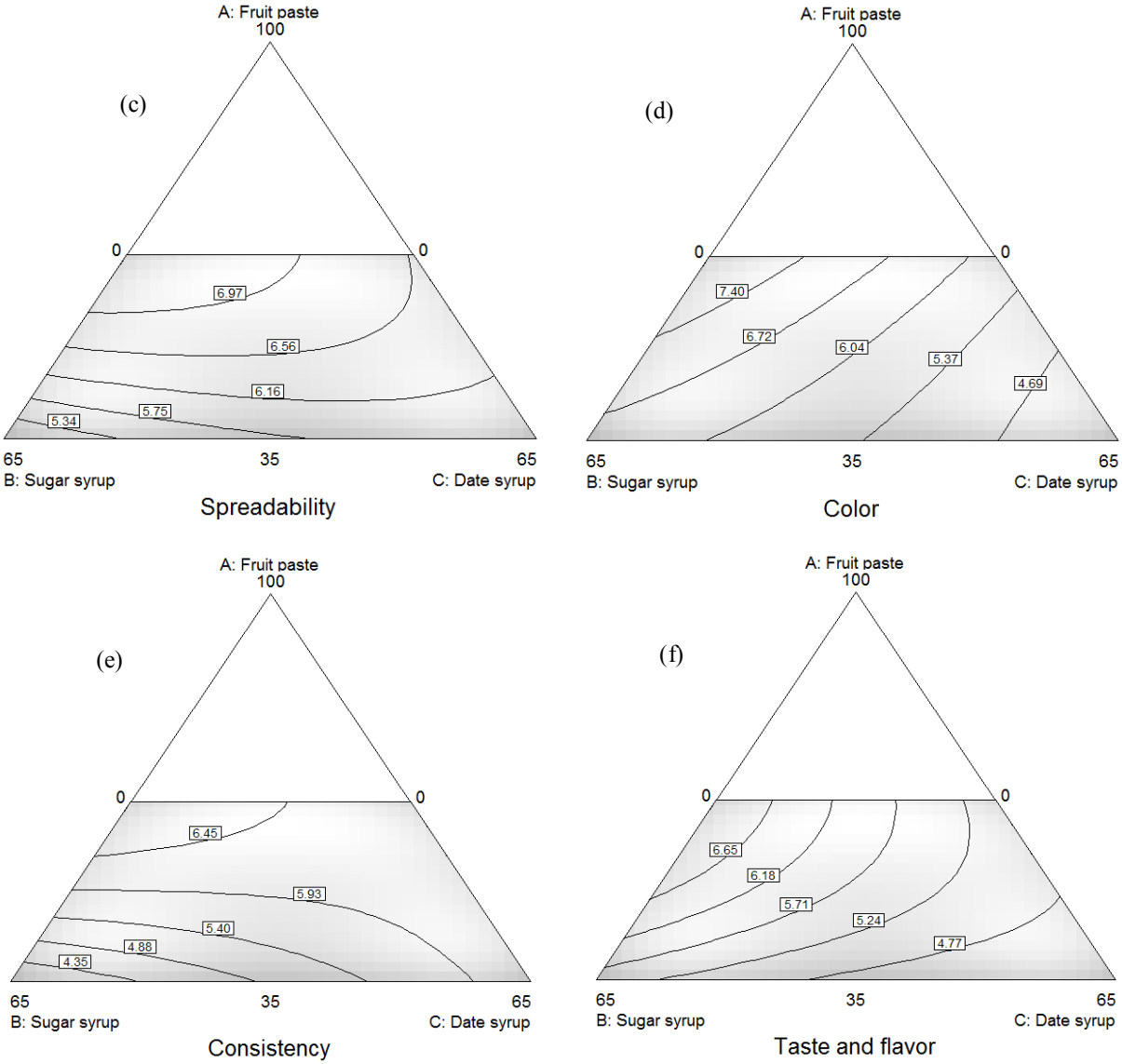


Fig 3 Counter plots for sensory attributes (sweetness, sourness, spreadability, color, consistency, and taste and flavor)

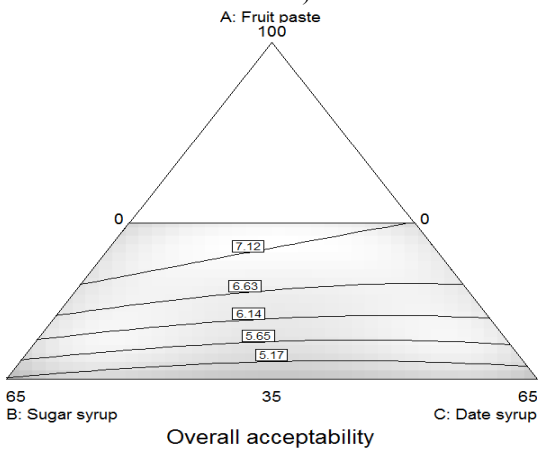


Fig 4 Counter plots for overall acceptability.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]

۳-٦- بهینه‌یابی فرمولاسیون مارمالاد

بهینه‌یابی فرمولاسیون مارمالاد تولیدی یکی از اهداف این مطالعه بود. تعیین شرایط بهینه تولید مارمالاد با جایگزینی بخشی از شکر مورد استفاده در آن با شیره خرما به ارائه یک فرمول نهایی و مناسب کمک می‌کند. بدین منظور بهترین فرمول برای رسیدن به امتیازات مناسب در ارزیابی حسی و همین‌طور مقادیر قابل قبول از ترکیبات فنولی در نسبت‌های ٪ ۵۸ پوره آلو، ٪ ۱۲ شربت نبات و ٪ ۳۰ شیره خرما به دست آمد. مشاهده می‌شود برای رسیدن به یک فرمولاسیون مناسب، پوره آلو بیشترین نسبت را دارا می‌باشد و پس از آن شیره خرما به دلیل ایجاد ویژگی‌های مطلوب در مارمالاد تولیدی نقش قابل توجهی ایفا می‌کند. مقادیر شاخص‌های مورد مطالعه در شرایط بهینه در جدول ۵ آورده شده‌اند.

Table 5 Optimum value of analyzed attributes for constrained mixture design of marmalade

Attributes	Optimum values
Brix (°)	50.94
TA (g citric acid/100 g)	2.07
TPC (mg GAE/100 g)	112.4
Viscosity (cp)	3961
L*	8.14
a*	8.79
b*	-6.15
Sweetness	6.20
Sourness	6.73
Spreadability	6.76
Color	6.03
Consistency	6.22
Taste and flavor	5.47
Overall acceptability	6.94

TA: total acidity and TPC: total phenolic compounds

٤- نتیجه‌گیری

در این پژوهش استفاده از شیره خرما به عنوان جایگزین بخشی از شکر مورد استفاده در تولید مارمالاد آلو با استفاده از طرح مخلوط محدود شده مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد شیره خرما به عنوان یک جایگزین مناسب می‌تواند در فرمولاسیون مارمالاد مورد استفاده قرار گیرد. معادلات ارائه شده برای پیش‌بینی ترکیبات مارمالاد تولیدی نشان داد پوره آلو بیشترین تاثیر را بر افزایش اسیدیته کل و ویسکوزیته محصول داشت و شیره خرما موثرترین فاکتور در افزایش مواد جامد محلول کل مارمالاد بود. همچنین پوره آلو سبب افزایش شاخص a^* مارمالاد و کاهش L^* آن شد. ارزیابی حسی مارمالاد تولید شده نیز نشان داد پوره آلو بیشترین اثر را بر افزایش امتیازات مالش‌پذیری، رنگ و پذیرش کلی محصول داشت در حالی که افزایش امتیاز شیرینی بیشتر تحت تاثیر شربت نبات و افزایش امتیاز ترشی بیشتر تحت تاثیر شیره خرما قرار گرفت. شرایط بهینه فرمولاسیون نیز در نسبت‌های ٪ ۵۸ پوره آلو، ٪ ۱۲ شربت نبات و ٪ ۳۰ شیره خرما به دست آمد.

۵- منابع

[1] Karimifar, P., Ahmadzadeh-Ghavidel, R., & Ghyafeh-Davoodi, M. 2012. Investigation of physicochemical and sensory properties of plums processed by combined drying and freezing methods. Journal of Food Materials Processing and Preservation 2(4): 1-14. [In Persian].

[2] Arion, C.M., Tabart, J., Kevers, C., Niculaua, M., Filimon, R., Beceanu, D., & Dommes, J. 2014. Antioxidant potential of different plum cultivars during storage. Food Chemistry 146: 485-491.

[3] Kim, D.O., Jeong, S.W., & Lee, C.Y. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. Journal of Food Chemistry 81(3): 321-326.

[4] Rupasinghe, H.P.V., Jayasankar, S., & Lay, W. 2006. Variation in total phenolics and antioxidant capacity among European plum genotypes. Scientia Horticulturae 108: 243-246.

[5] Nergiz, C. & Yıldız, H. 1997. Research on the chemical composition of some varieties of European plums (*Prunus domestica*) adapted to the Aegean district of Turkey. Journal of Agricultural and Food Chemistry 45(8): 2820-2823.

[6] Momchilova, M., Zsivanovits, G., Milkova-Tomova, Il., Buhalova, D., Dojkova, P. 2016. Sensory and texture characterisation of plum (*Prunus domestica*) fruit leather. Bulgarian Chemical Communications 48: 428-434.

[7] Gunnes, M. 2003. Some local plum varieties grown in Tokat province. Pakistan Journal of Applied Sciences 3(5): 291-295.

[8] Rubio□Arraez, S., Sahuquillo, S., Capella, J.V., Ortolá, M.D., & Castelló, M.L. 2015. Influence of healthy sweeteners (tagatose and oligofructose) on the physicochemical

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]

[9] Iranian National Standardization Organization, Jams, marmalades and jellies- Features and test methods (No. 214). 2014. [In Persian].

[10] Inam, A.K.M.S., Hossain, M.M., Siddiqui, A.A., & Easdani, M. 2012. Studies on the development of mixed fruit marmalade. Journal of Environmental Science and Natural Resources 5(2): 315-322.

[11] Mohammadi-Moghadam, T., Razavi, S.M.A., Malekzadegan, F., & Shaker-Ardakani A. 2010. Investigation of physicochemical and sensory properties of green pistachio skin marmalade. Food Science and Technology 6(4): 1-10. [In Persian].

[12] Jain, S.M. 2012. Date palm biotechnology: Current status and prospective - an overview. Emirates Journal of Food and Agriculture 24: 386-399.

[13] Homayouni-Rad, A., Bazrafshan, M., Vahid, F., & Khoshgozaran Abras, S. 2014. Effect of sucrose substitution by date sugar on the physicochemical and sensory properties of sour cherry jam. Food Science and Technology 11(43): 11-31. [In Persian].

[14] Mahmoudi, P. & Tavakolipour, H. 2015. Investigation of the effect of gelatin and guar hydrocolloids and date juice as a natural sweetener on the textural, color and sensory parameters of fruit pastilles based on kiwi puree. 23rd Iranian National Congress of Food Science and Technology. [In Persian].

[15] Mohammadi, H. & Zomorrodi, Sh. 2019. The effect of date syrup and pectin gum on the color, textural and sensory properties of fruit pastilles based on bananas. Journal of Food Research (Agricultural Science) 28(4): 45-55. [In Persian].

[16] Masmoudi, M., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. 2010. Preparation and characterization of jellies with reduced sugar content from date (Phoenix dactylifera L.) and lemon (Citrus limon L.) by-products. Fruits 65(1): 21-29.

[17] Taga, M.S., Miller, E., & Pratt, D. 1984. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. Journal of the American Oil Chemists' Society 61: 928-931.

[18] Abdullah, A. & Cheng, T.C. 2001. Optimization of reduced calorie tropical mixed fruits jam. Food Quality and Preference 12(1): 63-68.

[19] Cheynier, V. 2012. Phenolic compounds: from plants to foods. Phytochemistry Reviews 11(2-3): 153-177.

[20] Rodríguez-Roque, M.J., de Ancos, B., Sánchez-Moreno, C., Cano, M.P., Elez-Martínez, P. & Martín-Belloso, O. 2015. Impact of food matrix and processing on the in vitro bioaccessibility of vitamin C, phenolic compounds, and hydrophilic antioxidant activity from fruit juice-based beverages. Journal of Functional Foods 14: 33-43.

[21] Tomás-Barberán, F.A., Gil, M.I., Cremin, P., Waterhouse, A.L., Hess-Pierce, B. & Kader, A.A. 2001. HPLC- DAD- ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. Journal of Agricultural and Food Chemistry 49(10): 4748-4760.

[22] Djaoud, K., Boulekbache□Makhlouf, L., Yahia, M., Mansouri, H., Mansouri, N., Madani, K. & Romero, A. 2020. Dairy dessert processing: Effect of sugar substitution by date syrup and powder on its quality characteristics. Journal of Food Processing and Preservation 44(5): 1-13.

[23] Zendeboodi, F. & Gholian, M. 2019. Optimization of formulation of energetic soft drink containing natural sweetener and whey protein using mixture design-extreme vertices. Food Science and Technology 16(89): 113-123. [In Persian].

[24] Manganaris, G.A., Vicente, A.R., & Crisosto, C.H. 2008. Effect of pre-harvest and post-harvest conditions and treatments on plum fruit quality. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 3(9): 1-9.

[25] Falati, Z., Moghadam, M.R.F., & Ebadi, A. 2018. The evaluation of phytochemical compounds of fruits in some plum and prune cultivars and genotypes. Journal of Horticulture Science 31(4): 789-802. [In Persian].

[26] Gil, M.I., Tomás-Barberán, F.A., Hess-Pierce, B., & Kader, A.A. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50(17): 4976-4982.

[27] Lotufo Haddad, A.M., Margalef, M.I., Armada, M., & Goldner, M.C. 2017. Physico chemical and sensory properties of marmalades made from mixtures of fruits and under exploited Andean tubers. Journal of the Science of Food and Agriculture 97(12): 4124-4134.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimization of plum marmalade formulation containing date syrup using constrained mixture design

Balvardi, M. [1*], Ayoubi, A. [1], Hajimohammadi-Farimani, R. [1]

1. Assistant Professor, Department of food science and technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 23 October 2020
Accepted 12 December 2020

Keywords:

Color indices,
Formulation,
Marmalade,
Optimization,
Sensory evaluation,
Viscosity.

DOI: 10.52547/fsct.18.03.19

*Corresponding Author E-Mail:
mbalvardi@uk.ac.ir

ABSTRACT

Marmalade is a processed product of some plant organs such as fruit, flower, fruit peel and tuber in which the plant parts used are small and well homogenized. Sugar is used as a sweetener in the preparation of marmalade. In this study, the use of date syrup as a substitute for sucrose used in marmalade formulation was studied. The constrained mixture design was used to achieve the optimal formulation and the effect of sugar substitution with date palm syrup on properties of marmalade was studied. The ingredients used in the formulation were plum paste (35-65%), sugar syrup (0-65%) and date syrup (0-65%). Ten formulas were produced based on the constrained mixture design and their physical, chemical and sensorial properties were investigated. The results showed that plum paste had the greatest effect on increasing the viscosity and total acidity of marmalade, while total soluble solids decreased with increasing the amount of plum paste in the formulation. The L^* index of the samples decreased with increasing date syrup and plum paste and the redness of marmalade increased with increasing plum paste. Sensory evaluation of the produced formulations showed that the increase in plum paste increased the consistency, spreadability, color and overall acceptance, while the sweetness and taste and flavor were more affected by the increase in date syrup. Optimal formulation was obtained in the ratios of 58% plum paste, 12% sugar syrup and 30% date syrup and in the optimal formulation the total acidity, total phenolic compounds, and viscosity of marmalade at 20 °C were equal to 2.07 g citric acid/100 g, 112.4 mg gallic acid/100 g, and 3961 cp, respectively.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[DOI: 10.52547/fsct.18.112.223]