

تولید پودر خرما (*Phoenix dactylifera*) با خشک کن پاششی و بهینه سازی رنگ آن به روش سطح پاسخ

مریم ملکی^{۱*}، محمد حسین حداد خداپرست^۲، سید محمد مشکانی^۳

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه علوم و صنایع غذایی، سبزوار، ایران.

۲- عضو هیئت علمی، دانشگاه فردوسی، گروه علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.

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

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۵/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۱/۲۳)

چکیده

استفاده از خرما، به عنوان جایگزین شکر در فرمولاسیون مواد غذایی به شکل پودر و یا شیره امکان پذیر است. بدین منظور، در این پژوهش ابتدا شیره خرما، مرداسنگ هرزگان استخراج سپس با مالتودکسترین با نسبت ها ۳۰:۷۰، ۴۰:۶۰ و ۵۰:۵۰ درصد مخلوط گردیده و در نهایت توسط خشک کن پاششی خشک گردید. مقادیر مواد معدنی شیره خرما توسط جذب اتمی و نوع قند توسط HPLC اندازه گیری گردید و انحلال پذیری، رنگ، خصوصیات ارگانولپتیکی و ویژگی میکروبی پودر خرما تولیدی مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین شاخص رنگ به روش سطح پاسخ بهینه یابی شد. نتایج نشان داد که شیره حاوی ۲۸٪ فروکتوز، ۳۲٪ گلوکز و ۰/۳۴٪ ساکارز بود و مقادیر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به ترتیب ۱۶۳/۷، ۱۱۱۹/۱۱، ۱۴۵/۶ و ۸۵/۴ و ۱۰۰ mg/gr بود. آنالیز آماری اختلاف معنی داری در مقادیر انحلال پذیری و ویژگی میکروبی پودرهای فرموله شده نشان نداد. همچنین فرمول بهینه یابی شده جهت داشتن ۳۷/۳۸ درصد شاخص اختلاف رنگ تا سفیدی؛ با ۳۰ درصد شیره خرما، ۶۷/۵۶ درصد مالتودکسترین حاصل گردید و بهترین تیمار از لحاظ خصوصیات ارگانولپتیکی نمونه C₂ (۶۰ درصد مالتودکسترین: ۴۰ درصد شیره خرما) بود.

کلید واژگان: شیره خرما، پودر خرما، مالتودکسترین، خشک کن پاششی

* مسئول مکاتبات: maryamemaleki@gmail.com

۱- مقدمه

خرما میوه ای با ارزش و بومی ایران می باشد. سالانه در دنیا ۴/۵ میلیون تن خرما تولید می شود و کشور ما به تنهایی با تولید ۹۰۸ هزار تن در سال از بزرگترین تولید کنندگان این محصول می باشد [۱]. به طوری که ۲۴ درصد تولید خرما در آسیا و ۱۵ درصد تولید جهانی را در اختیار دارد [۲]. در طی تولید این محصول در کشور ما حدود ۳۰ درصد به صورت ضایعات به مصرف دام می رسد و این در حالی است که می توان این خرماهای ضایعاتی را تحت فرآیند قرار داد و از آن ها محصولی با ارزش افزوده بالاتر بدست آورد [۱].

همچنین با توجه به اینکه امروزه تمایل به مصرف غذاهای با چربی و شکر کمتر از لحاظ تغذیه ای بیشتر شده و از آنجایی که حذف شکر و چربی از غذاهایی مثل شیرینی جات عملی نیست، لذا توصیه می شود که در این غذاها شکر و چربی با مواد دیگری جایگزین شود [۳]. بنابراین فرآورده های حاصل از این خرماهای ضایعاتی مانند پودر و شیره خرما می تواند جایگزین مناسبی برای انواع شیرین کننده ها باشد.

همچنین خرما دارای ویژگی های دیگری نیز می باشد که می تواند سلامت مصرف کننده را به نحو مطلوبی تضمین نماید به طوری که مطالعات اخیر نشان داده که عصاره میوه خرما به دلیل داشتن ترکیبات آنتی اکسیدانی و ضد جهش، توانایی بالایی در جذب رادیکال های آزاد و سرطان زا دارد. همچنین غنی بودن خرما از ترکیبات فنلی با فعالیت آنتی اکسیدانی بالا از جنبه های ارزشمند میوه خرما می باشد. اسید گالیک، اسید پروتوکاتیک، اسید کافئیک و اسید پی کوماریک از انواع ترکیبات فنولی خرما می باشند [۴ و ۵].

در میوه خرما قند حدود ۶۰-۷۰ درصد وزن خشک میوه را تشکیل می دهند [۱]. لذا یکی از راه های استفاده از خرما در صنایع غذایی جایگزینی آن به جای شکر در فرمولاسیون مواد غذایی است. تا کنون تحقیقات متعددی در زمینه افزودن خرما و جایگزینی آن با قند مورد بررسی قرار گرفته است [۶]. به عنوان مثال هشیم در سال ۲۰۰۵، اثر خمیر خرما (شکلات خرما) در ماست بررسی نمود [۷]. یوسف و همکاران نیز در سال ۱۹۹۱، از خمیر خرما به عنوان جایگزین کارامل یا خمیر قند در تولید

آبنبات، بستنی و یک نوع چاشنی به نام چوتنی^۱ استفاده نمودند. همچنین یوسف و همکاران از خمیر خرما در نان و کلوچه استفاده نمودند و مشاهده کردند که در استفاده از خمیر خرما بیاتی به تاخیر افتاد [۸]. احمد نیا و سحری در تحقیقی دیگر استفاده از پودر خرما را در فرمولاسیون تافی شکلاتی به جهت جایگزینی با شکر بررسی نمودند [۶]. شیبی و همکاران در سال ۱۹۷۳، از شیره خرما در فرآورده های تخمیری شیر استفاده نمودند و به نتایج مطلوبی دست یافتند. همچنین زوبیدی و همکاران در سال ۱۹۸۳ از شیره خرما به عنوان جایگزین قند در شیرینی استفاده نمودند. همچنین شاکر و همکاران در سال ۱۹۸۴ از شیره خرما به جای ساکارز در یخکم و شربت میوه استفاده نمودند [۹].

همانطور که بیان شد به کمک فرآیند خشک کردن شیره ی خرما و تولید پودر خرما می توان این پودر را به عنوان جایگزین شکر در انواع محصولات استفاده نمود که ضمن افزودن بر ارزش تغذیه ای محصول (به دلیل بالا بودن مقادیر قابل توجه املاح، ویتامین ها)، مصرف شکر را کاهش داده و دو نتیجه مهم در پی دارد حفظ سلامت عمومی مصرف کنندگان به دلیل حذف یا کاهش مصرف ساکارز و همچنین به طور قابل توجهی واردات آن کاهش می یابد.

هدف از این تحقیق انتخاب بهترین فرمولاسیون شیره خرما حاوی مالتودکسترین به جهت تولید پودر آن به کمک خشک کن پاششی بود، بر این اساس آزمون های متعددی انجام پذیرفت و بهینه سازی آن بر اساس تغییرات رنگ بررسی گردید که برای این منظور از روش سطح پاسخ بهره گرفته شد.

۲- مواد و روش ها

۱-۲- مواد مصرفی و تجهیزات

به جهت انجام این تحقیق از یکسری مواد اولیه و شیمیایی استفاده شد که از آن جمله می توان به خرما درجه دوم مرداسنگ هرمزگان تهیه شده از نخلستان های آن منطقه، مالتودکسترین روپت آلمان، محیط کشت های پلیت کانت آگار،

1. Chutney

کلسیم، پتاسیم، منیزیم و سدیم با دستگاه جذب اتمی ICP به روش سحری و همکاران ۱۹۹۵ انجام شد [۱۲]. همچنین اندازه گیری قند ها با دستگاه HPLC به روش احمد و همکاران ۲۰۰۷ انجام شد [۱۳]. همچنین دانسیته توده نمونه های پودر تولیدی را در یک مزور به حجم ۵۰ میلی متر ریخته و سپس وزن آن را اندازه گیری و از معادله (۱) به دست آمد [۱۴].

$$\rho_b = \frac{m}{V_b}$$

در این فرمول m جرم نمونه، V_b حجم مزور اشغال شده توسط پودر خرما و ρ_b دانسیته نمونه می باشد.

در ادامه انحلال پذیری پودر خرما تهیه شده به روش خشک کن پاششی مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۰۹۰ اندازه گیری گردید [۱۵].

۲-۵- ارزیابی رنگ

یکی از فاکتورهای مهم و پر استفاده در بررسی کیفیت فرآورده های غذایی بررسی رنگ به کمک روش های کامپیوتری و بر اساس فضای رنگی RGB (قرمز، سبز و آبی) می باشد که به طور نرمال در عکس های دیجیتال وجود دارد. همچنین فضای $L^*a^*b^*$ نیز می تواند به خوبی فضای رنگی را تحلیل نماید. بر این اساس رنگ پودر خرما بوسیله دستگاه هانتربل قرائت شد و مقیاس CIE برای اندازه گیری L^* (سیاه صفر تا سفید ۱۰۰)، a^* (قرمز ۶۰ تا سبز -۶۰) و b^* (زرد ۶۰ تا آبی -۶۰) بکار گرفته شد و اختلاف رنگ ΔE (تا سفیدی به کمک معادله (۲)، محاسبه شد [۱۶].

$$\Delta E = \left[(L^* - L_s^*)^2 + (a^* - a_s^*)^2 + (b^* - b_s^*)^2 \right]^{1/2}$$

در این فرمول L^* شاخص استاندارد شفافیت، a^* شاخص استاندارد سبزی و قرمزی و b^* شاخص استاندارد آبی و زردی است (شاخص های استاندارد کاشی سفید)، همچنین فاکتورهای L, a, b مربوط به نمونه های مورد آزمون بود.

۲-۶- ارزیابی حسی

۳ نمونه پودر خرما تهیه شده (C_1, C_2, C_3) با نسبت ۵۰:۵۰ با شکر مخلوط و به میزان ۱۲ درصد به شیر پاستوریزه افزوده و در اختیار ۲۰ ارزیاب آموزش دیده، قرار گرفت. در این آزمون های عطر، طعم، رنگ، شکل ظاهری و پذیرش کلی در قالب آزمون

YGC و لوریل سولفات تریپتوز برات مرک آلمان و تجهیزات مورد استفاده خشک کن پاششی دیداکتا ایتالیا، هانتربل کالرفلکس^۲ ساخت امریکا، HPLC مدل سیسیل ساخت انگلیس، جذب اتمی ICP مدل Varian Spectra AA 220FS ساخت امریکا بود.

۲-۲- تهیه شیر خرما

جهت تهیه شیر از خرماها پس از هسته گیری به جهت کاهش بار آلودگی میکروبی و حذف مواد خارجی با آب سرد شستشو داده شدند. سپس این خرماها به نسبت ۱ به ۳ با آب در دیگ جوشانده شدند و با اسید سیتریک pH آن در حدود ۵/۳ تنظیم شد. سپس عمل همزدن به جهت انتشار سریع تر قند خرما در آب انجام گردید. پس از رسیدن به دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به جهت یکنواخت شدن بافت شیر از پارچه صافی تمیز استفاده شد و سپس شیر رقیق در دیگ پخت تا بریکس ۷۵ تغلیظ گردید [۱۰].

۲-۳- تهیه پودر خرما

به جهت تهیه پودر متخلخل و با قابلیت حلالیت مطلوب از روش خشک کردن افشانه ای استفاده شد. بدین منظور شیر خرما در محدوده ۳۰ تا ۵۰ درصد با مالتودکستین در محدوده ۵۰ تا ۷۰ درصد برای آزمون اندازه گیری اختلاف رنگ و بهینه سازی فرمولاسیون مخلوط گردید و برای سایر آزمون ها از سه فرمول کلی (C_1, C_2, C_3) بهره گرفته شد (جدول ۱). در ادامه به جهت رسیدن به بریکس ۳۵ با آب مخلوط شد. سپس مخلوط حاصل به عنوان خوراک دستگاه خشک کن پاششی با دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد استفاده شد و پودر حاصل در شرایط خلا و در حضور سیلیکاژل به جهت حذف رطوبت محیط و جلوگیری از جذب رطوبت پودر، خنک گردید و سپس به ظروف پلی اتیلنی درب دار منتقل شد و در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد به جهت حفظ کیفیت نگهداری گردید.

۲-۴- آزمون های فیزیکوشیمیایی

اندازه گیری مقادیر رطوبت، پروتئین خام، چربی کل، خاکستر و فیبر خام، به روش AOAC ۱۹۹۰ انجام گردید [۱۱]. عناصر

2. ColorFlex

Table 1 View Independent variables of research of

Date Juice	Maltodextrin	Treatment
30	70	C1
40	60	C2
50	50	C3

همچنین آثار اصلی و متقابل فاکتورهای غلظت شیر خرما و مالتودکسترین بر خصوصیات رنگ پودر خرما (اختلاف رنگ تا سفیدی) بررسی گردید. برای این منظور شیر خرما در محدوده ۳۰ تا ۵۰ درصد و مالتو دکسترین در محدوده ۷۰ تا ۵۰ درصد مورد ارزیابی قرار گرفتند و از طرح آماری سطح پاسخ با پنج نقطه مرکزی به صورت Face centered و با در نظر گرفتن مدل های ریاضی خطی، درجه دوم^۳ و اثر متقابل توام با هم، استفاده گردید. در این طرح شیر خرما با نماد ریاضی X_1 و مالتودکسترین با نماد X_2 ؛ به عنوان دو فاکتور موثر و اختلاف رنگ تا سفیدی متغیرهای وابسته بودند. در روش سطح پاسخ (RSM) برای متغیر وابسته مدلی (معادله ۳) تعریف می شود که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی آن بیان می شود.

$$Y = b_0 + \sum b_{1i}x_i + \sum b_{2i}x_i^2 + \sum b_{ij}x_ix_j \quad (3)$$

در معادله ذکر شده Y پاسخ پیش بینی شده، b_0 ضریب ثابت، b_{1i} اثرات خطی، b_{2i} اثر مربعات و b_{ij} اثرات متقابل، X_i ، X_j متغیرهای مستقل کدبندی شده هستند. برای انجام آنالیز این قسمت از نرم افزار Design-Expert V6.0.2 استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی

جدول ۲ درصد ترکیبات اصلی شیر خرما استخراجی با بریکس ۷۲ درصد را نشان می دهد. شیر خرما تولیدی دارای pH معادل ۴/۳۱ و هدایت الکتریکی ۳۷۰ میکروزیمنس بود. میزان قندها، پروتئین، چربی و خاکستر به ترتیب ۶۳/۵، ۳/۴، ۰/۲۹ و ۲/۴ درصد در نمونه تولیدی بود.

کرامت و خوروش (۱۳۸۱) به بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی ۱۲ گونه، خرما ایرانی پرداختند و میزان چربی، پروتئین، خاکستر را به ترتیب ۰/۱ تا ۰/۳، ۱/۵ تا ۲/۳، ۱/۴ تا ۲ درصد

هدونیک ۵ نقطه ای (عالی=۵، خوب=۴، متوسط=۳، نسبتاً رضایت بخش=۲، غیر قابل قبول=۱) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

۲-۷- بررسی ویژگی های میکروبی

۲-۷-۱- شمارش کلی میکروبی

برای این آزمون از پودر خرما رقت ۰/۱ تهیه شد و به روش کشت صفحه ای استاندارد در محیط پلیت کانت آگار انجام شد. جهت این کار ۱ میلی لیتر از رقت ذکر شده کنار شعله و به کمک سمپلر استریل به داخل پلیت ها منتقل شد، سپس به انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی گراد منتقل گردید و پس از ۴۸ ساعت شمارش کلنی انجام گردید [۱۷].

۲-۷-۲- شمارش کپک و مخمر

به جهت انجام این آزمون نیز از رقت تهیه شده قبل و به روش کشت صفحه ای در محیط YGC استفاده شد. بدین صورت که مقدار ۱ میلی لیتر از نمونه را کنار شعله به پلیت حاوی محیط کشت مذکور اضافه نموده و روی تمام سطح محیط پخش شد و سپس در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت قرار گرفت، سپس کلنی های رشد کرده در سطح محیط شمارش گردید [۱۷ و ۱۸].

۲-۷-۳- شمارش کلی فرم

با غلظت معمولی ۱۰ میلی لیتر از سوسپانسیون اولیه را به محیط کشت محیط لوریل سولفات تریپتوز برات با غلظت دو برابر اضافه گردید و مدت ۲۴ الی ۴۸ ساعت در ۳۷ درجه سانتی گراد گرم خانه گذاری شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت از لحاظ ایجاد گاز در لوله درهام مورد بررسی قرار گرفت (در صورت عدم تشکیل گاز در لوله، نمونه عاری از وجود کلی فرم است) [۱۹].

۲-۸- نمایش متغیرهای مستقل و آنالیز آماری:

جهت تجزیه و تحلیل آماری از طرح کامل تصادفی و برای مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد توسط نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ بهره گرفته شد. کلیه ی آزمایشات در ۳ تکرار انجام گرفت.

۹ تا ۳۲، ۲۶/۴ تا ۴۰/۶، ۲۷/۴ تا ۴۱/۳ و ۰/۳ تا ۷/۲ درصد نشان دادند. همچنین بیان داشتند که پتاسیم در تمام واریته ها بین ۱۰ تا ۲۰ برابر میزان سدیم و کلسیم بوده بنابراین شیره خرما یک منبع با ارزش از نظر میزان پتاسیم می باشد [۲۱]. مقصودلو و همکاران (۱۳۸۴) بیان کردند که انرژی غذایی خرما بسیار بالاست و این امر تا حد زیادی به وجود مقدار قابل توجهی از قند در ترکیب خرما می باشد. مقدار قند در واریته های مختلف متفاوت بوده و بین ۲۲-۵۹ درصد متغیر است و مقدار برخی از املاح نظیر فسفر، پتاسیم، آهن و بخصوص کلسیم نیز در اکثر واریته های خرما بالا است، بنابراین مصرف خرما از عوارضی ناشی از کمبود املاح فوق می‌کاهد. همچنین درصد ترکیبات در سه واریته شاهانی، مضافتی و حلاوی به ترتیب ۷۹، ۸۲ و ۷۵ درصد ماده خشک، ۱/۸، ۲/۲ و ۱/۹ درصد املاح، ۰/۷۷، ۸۰ و ۶۸ میلی گرم کلسیم، ۶۳، ۷۷ و ۷۵ میلی گرم فسفر و ۳/۹، ۴/۲ و ۲/۵ میلی گرم آهن بیان نمودند [۲۲]. احمدنیا و همکاران (۱۳۸۷) میزان ترکیبات درصد رطوبت، چربی، فیبر، خاکستر، پروتئین، فروکتوز و گلوکز در خرماهای شاهانی به ترتیب ۱۴/۳، ۰/۷۲۵، ۴/۰۶، ۲/۱۶، ۱/۶۱، ۳۲/۰۸ و ۴۵/۰۶ همچنین میزان مواد معدنی سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در پودر حاصل از آن را به ترتیب ۱۵/۳، ۵۱۳/۸، ۲۰ و ۶۰ میلی گرم گزارش نمودند [۶].

همچنین مشخصات فیزیکوشیمیایی پودر فرموله شده در جدول ۳ نشان داده است رطوبت، خاکستر، دانسیته توده تیمارهای مختلف از نظر آماری اختلاف معنی داری نشان داده و به ترتیب از ۱/۷۸ تا ۲/۷۳ درصد، ۰/۵ تا ۱/۰۳ درصد و ۴۰/۵۰ تا ۴۶ گرم بر میلی لیتر متغیر بودند. همچنین ملاحظه شد که میزان خاکستر با افزایش درصد شیره خرما افزایش یافت و دانسیته توده به دلیل ایجاد کریستال های ریزتر در غلظت بالای شیره خرما، افزایش داشت. غلظت بالای مالتودکسترین به سبب نقش ضدکلوخه کنندگی، موجب کاهش تراکم در پودر نهایی گردید که خود یکی از علل کاهش دانسیته می باشد. pH نمونه های ۶۰ و ۵۰ درصد مالتودکسترین با نمونه ۷۰ درصد اختلاف معنی داری در سطح ۰/۵٪ نشان داد. بیشترین انحلال پذیری در نمونه ۵۰ درصد مالتودکسترین رخ داد و با افزایش میزان مالتودکسترین انحلال پذیری کاهش یافت اما این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار نبود.

نشان دادند (۱۳). فلیک ۱۹۸۱ برای بیان ویژگی خرما میزان پروتئین، چربی، قندکل، کلسیم و پتاسیم را به ترتیب ۲/۵ درصد، ناچیز، ۷۲/۵ درصد، ۵۸/۷ میلی گرم و ۶۴۷/۵ میلی گرم گزارش نمود [۲۰].

Table 2 Physicochemical characteristics of s date syrup' Hormozgan Mardasang

Amount	Unit	Property
72	at 20 °C	Brix
4.31	-	pH
370	µS/cm	Electrical Conductivity
23.78	%Wt	Moisture
3.4	Weight Percentage	Protein
0.29	Weight Percentage	Fat
2.4	Weight Percentage	Ash
0.65	Weight Percentage	Fibre
28	Percentage	Fructose
32.2	Percentage	Glucose
0.34	Percentage	Sucrose
163.7	mg/ 100 g	Sodium
1119.11	mg/ 100 g	Potassium
145.6	mg/ 100 g	Calcium
85.4	mg/ 100 g	Magnesium

شاخص قندها به تفکیک و عناصر معدنی حاصل از شیره تولیدی در جدول ۲ نشان داده شده است. بررسی میزان قند موجود توسط HPLC نشان داد که میزان فروکتوز ۲۸ و گلوکز حدود ۳۲ درصد است. میزان قندهای احیاکننده برطعم محصول اثر تعیین کننده ای دارد. افزون بر این، مقدار زیاد آن و مقدار کم ساکارز امکان کریستالیزاسیون فرآورده های حاصل آنرا کاهش می دهد [۲۱]. بررسی میزان مواد معدنی شیره خرما تولیدی نشان داد که شیره حاصله حاوی املاح معدنی بالا از جمله پتاسیم می باشد. میزان پتاسیم حدود ۱۰ برابر میزان سدیم و کلسیم بود میزان این املاح از ۸۵/۴ تا ۱۱۱۹/۱۱ میلی گرم متغیر بود. کرامت و همکاران (۱۳۸۱) میزان سدیم، پتاسیم، کلسیم، گلوکز، فروکتوز و ساکارز را برای خرماهای ایرانی به ترتیب ۲۴ تا ۴۰، ۲۹۳ تا ۸۱۹

Table 3 Physicochemical Specification of Hormozgan Mardasang's date powder

Solubility (Percentage)	Bulk density (g/ml)	Ash (Percentage)	pH	Moisture (Percentage)	Treatment
99.13± 0.07 a	40.50 ± 0.5 c	0.5 ±0.005 c	4.55± 0.05 b	1.78 ±0.08 c	C ₁
99.27± 0.1a	43.16± 0.28 b	0.9± 0.08 b	4.79± 0.01a	2.16± 0.15 b	C ₂
99.66±0.28a	46.0 ± 0.1 a	0.03± 0.05a	4.79±0.05a	2.73± 0.02 a	C ₃

*Comparison of means has been done in each column (p <0.05).

Table 4 Color indicators (l,a,b) of samples of s date powder 'Hormozgan Mardasang

L	b	a	Treatment
73.23	10.93	30.15	C1
72.21	10.11	34.69	C2
69.15	9.99	34.21	C3

در جدول ۵، آنالیز واریانس مدل های مختلف (خطی، درجه دوم و اثر متقابل) سطح پاسخ برای شاخص اختلاف رنگ تا سفیدی ΔE قابل مشاهده می باشد. همانطور که مشاهده می شود، عبارت های مدل که برای شاخص اختلاف رنگ معنی دار شده، اثرات خطی و متقابل درصد شیر خرما و مالتودکسترین بود ($p < 0.05$).

۲-۳- نتایج ارزیابی شاخص رنگ

شاخص a، b و L برای شیر تولیدی به ترتیب ۴/۶۶، ۱۹/۱۶ و ۵۸/۱۷ بود. پارامترهای رنگ سنجی نمونه های پودر خرما فرموله شده در جدول گزارش گردیده است. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت مالتودکسترین، شاخص L و b افزایش و شاخص a کاهش داشت. این مسئله نشان داد که افزودن مالتودکسترین علاوه بر جلوگیری از کلوخه شدن در نمونه منجر به افزایش سفیدی و زردی و کاهش قرمزی در محصول شده، و این باعث می شود که دامنه کاربرد محصول را در مواد غذایی با رنگ های روشنتر افزایش دهد. در تحقیق دیگر احمد نیا و سحری نشان دادند که میزان شاخص a، b و L در پودر خرما رقم شاهانی را به ترتیب ۳۶/۲۷، ۹/۶۸ و ۶۶/۴۰ بود [۶].

Table 5 Variance analysis of Response surface model for color variation indicator to white ΔE

P	ΔE sum Of square	Degrees of freedom	Source	Model
<0.0001	26.47	5	model	
<0.0001	18.34	1	X ₁	linear
0.0003	6.18	1	X ₂	
0.5367	0.19	1	X ₁₁	quadratic
0.3461	0.14	1	X ₂₂	
0.0153	1.42	1	X ₁₂	intraaction
	0.94	7	residual	
0.0603	0.77	3	Lack of fit	
	0.18	4	Puree errore	
	27.41	12	total	

نشان دهنده برازش مناسب مدل بر داده های مربوط به اختلاف رنگ تا سفیدی است.

$$Y = 42.06 + 0.03X_1 - 0.07X_2 + 5.95 \times 10^{-3} X_1 X_2$$

همچنین نتایج اثر متقابل شیر خرما و مالتودکسترین بر روی شاخص اختلاف رنگ در شکل ۱ نشان داده شد. افزایش درصد

همچنین مدل ریاضی بهینه یابی شده معادله (۴) با ضریب تبیین (R^2) معادل ۰/۹۶۵۵ و ضریب تغییرات (CV) معادل ۰/۹ برای آزمون اختلاف رنگ تا سفیدی بود. همانطور که بیان شد مدل از ضریب تبیین بالا و ضریب تغییرات مناسبی برخوردار است که

بررسی ارزیابی حسی نوشیدنی شکلاتی بر پایه شیر و شهد خرما، بیان داشتند که بهترین نسبت جایگزینی شکر با شهد خرما، نسبت ۳:۳ بود [۲۳]. گوهری اردبیلی و همکاران در سال ۱۳۸۴ در بررسی ویژگی حسی بستنی نرم فرموله شده با شیر خرما نشان دادند که جایگزینی شیر خرما تا سطح ۵۰ درصد و بعضاً ۷۵ درصد تاثیر معنی داری بر ویژگی عطر، طعم، بافت و پذیرش کلی در مقایسه با شاهد داشت [۱۰]. همچنین تعدادی از پژوهشگران نوشیدنی وانیلی و شکلاتی تهیه شده از مخلوط شیر و پوره خرما را مورد ارزیابی حسی قرار دادند و نشان دادند نمونه شیرین شده با پوره خرما در مقایسه با شاهد امتیاز بالاتری کسب نمود [۹]. احمدنیا و همکاران ۱۳۸۷ در فرمولاسیون تافی شکلاتی از پودر خرما استفاده نموده و نشان دادند که جایگزینی ۵۰ و ۷۵ درصدی پودر خرما به جای شکر بالاترین رتبه از نظر طعم، بو، شیرینی، رنگ ظاهری را داشت [۶]. هشیم ۲۰۰۵ جهت فرمولاسیون ماست از خمیر خرما و شیر خرما استفاده نموده و نشان داد که افزودن خمیر خرما به میزان ۱۵٪ و شیر خرما به میزان ۵٪ موجب بهبود ویژگی های ارگانولپتیکی ماست فرموله شده می گردد [۷].

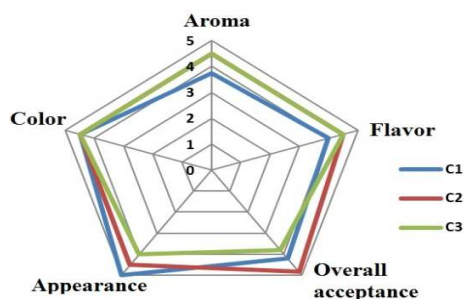


Fig 2 Sensory evaluation of formulated date syrup powder treatments

۴-۳- نتایج ارزیابی میکروبی

بررسی ویژگی میکروبیولوژیکی پودر خرما فرموله شده نشان داد که مقادیر کپک و مخمر در هر سه تیمار اختلاف معنی داری نداشته و تعداد آنها کمتر از 10^2 cfu/gr بود. نتایج بررسی کلیفرم ها در تیمارهای مذکور منفی بوده و شمارش کلی میکروارگانسیم ها در هر سه تیمار کمتر از 5×10^2 cfu/gr بود و اختلاف آماری معنی داری بین ۳ تیمار مشاهده نگردید ($p < 0.05$).

شیره خرما میزان شاخص اختلاف رنگ را به شدت افزایش داد اما با افزایش درصد مالتودکسترین، شاخص اختلاف رنگ کاهش یافت. کمترین میزان شاخص اختلاف رنگ در ۳۰ درصد شیره خرما و ۷۰ درصد مالتودکسترین مشاهده گردید. بر این اساس فرمول بهینه جهت داشتن حداقل اختلاف رنگ تا سفیدی با میزان ۳۷/۳۸ درصد؛ شیره خرما ۳۰ درصد، مالتودکسترین ۶۷/۵۶ درصد با درجه تمایل ۰/۹۹۶۰ بود.

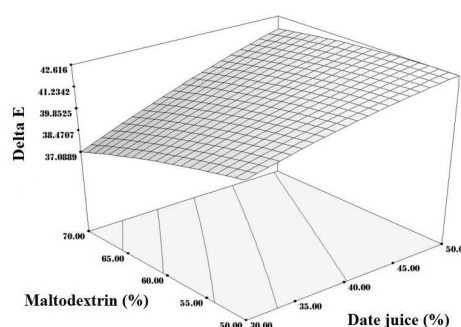


Fig1 Three-dimensional graphical view for simultaneous effect of independent variables maltodextrin and date syrup on variation color indicator to white ΔE

۳-۳- نتایج ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی نمونه های فرموله شده در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج آنالیز آماری نشان داد که بین تیمارهای مختلف در شاخص رنگ اختلاف معنی داری از نظر ارزیابان مشاهده نگردید است. از نظر عطر و طعم نمونه های حاوی ۶۰ و ۵۰ درصد مالتودکسترین اختلاف آماری نداشته و بالاترین امتیاز را به خود اختصاص دادند. بالاترین امتیاز شکل ظاهری به نمونه ۷۰ درصد مالتودکسترین اختصاص داشته و بین تمامی نمونه ها از نظر آماری در شاخص شکل ظاهری اختلاف مشاهده گردید. در مورد پذیرش کلی که شاخص اصلی انتخاب نمونه فرموله شده بود بالاترین امتیاز مربوط به نمونه ۶۰ درصد مالتودکسترین بود. از این جهت بهترین نمونه از نظر ارزیابان نمونه C₂ انتخاب گردید. با توجه به نتایج عامل رنگ، پودر حاصله دارای شفافیت، قرمزی و زردی متوسط بوده و قابل استفاده در فرمول های غذایی از جمله تافی، بیسکویت و کیک و دیگر محصولات با رنگ مشابه مطلوب است. در سایر تحقیقات انجام گرفته در

- [6] Ahmadnia, A., Sahari, M. A. 2008. Using date Powder in Formulation of Chocolate Toffee. JOFST. 5(3). (in Persian)
- [7] Hashim, I. B. 2005. Characteristics and acceptance of yogurt containing date palm products. Food Science and Nutrition Department, Faculty of Agricultural Science, United Arab Emirates University, Al Ain, UAE, 842-849.
- [8] Yousif, A. K. Morton, I. D. Mustafa, A. I. 1991. Functionality of date paste in breadmaking. Journal of Cereal Chemistry, 68 (1), 43-47.
- [9] Barreveld, W.H. 1993. Date Palm Product. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy, 350p.
- [10] GohariArdabili, A. HabibiNajafi, M. B. Haddad Khodaparast, M. H. 2005. Effect of date syrup as a substitute for sugar on the physicochemical and sensory properties of soft ice cream. Research Journal of Food Science and Technology. (in Persian)
- [11] A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis Association of Analytical Chemists. Washington D.C, USA, 991,25.
- [12] Sahari, M. A. Barzegar, M and Radfar, R. 2007. Effect of varieties on the composition of Dates (*Phoenix dactylifera* L.). Journal of Food Science and Technology International, 13 (4), 269-275.
- [13] Ahmed, I.A. Ahmed, A. K. and Robinson, R. K. 1995. Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. Food Chemistry, 54,305-309.
- [14] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2004. Determination of free flow and compacted bulk densities. No 3345. (in Persian)
- [15] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1994. The method for determining the solubility of milk powder. No 2090. (in Persian)
- [16] Meshkani, S. M. Mortazavi, S. A. Milani, E. Mokhtarian, M. Sadeghian, L. 2011. Evaluation of mechanical and optical properties of edible film from chickpea protein isolated (*Cicerarietinum* L.) containing thyme essential oil of with response surface method. Journal of Food Science and Technology. second year. No 3. (in Persian)

۴- نتیجه گیری

همانطور که بیان شد می توان از پودر خرما در مواد غذایی به عنوان جایگزین شکر استفاده نمود، در این تحقیق به بررسی تهیه پودر خرما حاوی مالتو دکستروزین از شیر خرما به وسیله خشک کن پاششی پرداخته شد. با توجه به نتایج آزمون فیزیکی شیمیایی، بصری و حسی شیر خرما و پودر حاصل از آن، نمونه حاوی ۴۰ درصد شیر خرما، ۶۰ درصد مالتو دکستروزین بهترین نسبت اختلاط مالتو دکستروزین و شیر خرما بود و نتایج بهینه سازی فرمولاسیون بر اساس اختلاف رنگ تا سفیدی نیز نشان داد که فرمول بهینه جهت داشتن حداقل اختلاف رنگ ۳۷/۳۸ درصد؛ با ۳۰ درصد شیر خرما، ۶۷/۵۶ درصد مالتو دکستروزین بود. همچنین بررسی میکروبی تیمارهای مختلف از نظر کپک و مخمر، کلیفرم و شمارش کلی اختلاف معنی داری را نشان نداد.

۵- منابع

- [1] Niazmand, R. Haddad khodaparast, M. H. Habibi, M. B. 2006. Evaluation of different mechanisms for clarification and color remove of date palm extract (*Phoenix dactylifera*). Journal of Agriculture, 28(2). (in Persian)
- [2] AtayeSalehi, E., HadadKhodaparast, M. H., Lame, S. H., HabibiNajafi, M. B., Fatemi, S. H. 2010. Determination of chemical composition and fatty acids profile of date seed. JFST, 7(4). (in Persian)
- [3] Drownowski, A. Nordensten, K. Dwyer, J. 1998. Replacing sugar and fat in cookies: Impact on product quality and preference. Journal of Food Quality and Preference, 9 (1/2), 13-20.
- [4] Shahdadi F, Mirzaei H, Maghsoudlou Y, Ghorbani M, DaraeiGarmakhany A. 2011. Effect of drying process on the phenolic-compounds content and antioxidant activity of two varieties of date-palm fruit Kaluteh and Mazafati. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology.; 6 (3) :67-74. (in Persian)
- [5] Vayalil, P. K. 2005. Antioxidant and antimutagenic properties aqueous extract of date fruit (*Phoenix dactylifera* L. arecaceae). J Agri and Food Chem, 50, 610– 617.

- Iran. J. Agric. Sci. Natur. Resour, 6(1).(in Persian)
- [22] Maghsoudlou, Y. Motamedzadegan, A. EsmaeelzadehKenari, R. and Hamzehe, S. 2005. Evaluation of chemical composition and energy content of three common varieties of Iranian dates. J. Agric. Sci. Natur. Resour, 12(1).(in Persian)
- [23] Jokar, A. Golmakani, M. T. and Karbasi, A. 2006. Drinking chocolate from milk permeate UF milk and date extract. J. Agric. Sci. Natur. Resour, 10(4).(in Persian)
- [17] Cappuccino James, G. Sherman, N. 1999. Microbiology a laborator manual. Fifth edition, Wesely Longman Inc.
- [18] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1993. The method for search and mold and yeast counting by colonies at 25 ° C. (in Persian)
- [19] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1993. The method for search and coliform counting in food. (in Persian)
- [20] Fleck, H. 1981. Introduction to Nutrition. 4thed, Macmillan Pub. Co, New York.
- [21] Keramat, J. and Khorosh, M. 2002. The combination of dominant varieties of dates in

Powder production of date (*Phoenix dactylifera*) with spray dryer and color optimization by response surface methodology

Maleki, M.^{1*}, Hadad Khodaparast, M.², Meshkani, S. M.³

M.Sc, Department of Food Science &Technology ,sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

Faculty of member, Department of Food Science &Technology ,University, mashhad, Iran.

Department of Food Science & Technology , Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

(Received: 2014/08/05 Accepted: 2015/04/12)

Use of date, as a sugar replacer in food formulation as powder or juice forms is possible. In this study, Hormozgan Mardasang date juice was extracted, then the ratios of 30:70, 40:60 and 50:50% were mixed with maltodextrin then dried by spray dryer. Quantities of minerals by atomic absorption and sugars of date juice by HPLC were measured. The solubility, color, organoleptic properties and microbiological characteristics of powdered date was evaluated. Also, color index optimized by the response surface methodology. Results showed that the date juice contains 28% fructose, 32.2% glucose and 0.34% sucrose, and the amounts of sodium, potassium, calcium and magnesium were 163.7, 1119.11, 145.6 and 85.4 mg/100gr, respectively. Statistical analysis didn't show significant differences in the values of solubility and biological characteristics of formulating powders. The results showed that by increasing the percentage of maltodextrin the final color of the product was improved. The optimal formula for 37.38% of color index to white was obtained with 30% of date juice and 68.56% of maltodextrin. The best treatment in terms of organoleptic properties was C₂ formula (60% of maltodextrin: 40% of date juice).

Keywords : Date juice, Date powder, Maltodextrin, Spray dryer.

* Corresponding Author E-Mail Address: maryamemaleki@gmail.com