مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بهینه سازی سطوح مصرف پوره سیب زمینی شیرین، اینولین و قند مایع خرما به منظور بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی سس کچاپ پری‌بیوتیکی به روش سطح پاسخ

داود میرزائی[۱]، احمد پدرام نیا[۲*]، مهدی جلالی[۳]

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

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحدسبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

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

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۸ /۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۲۰

کلمات کلیدی:

سس کچاپ،

پوره سیب زمینی شیرین،

اینولین،

قند مایع خرما.

DOI: 10.52547/fsct.18.04.10

* مسئول مکاتبات:

ahmadpedram@yahoo.com

چکیده

سس کچاپ، چاشنی بر پایه عصاره، کنسانتره، پوره یا رب گوجه فرنگی است که با توجه به افزایش آمار مصرف این محصول، بهبود فرمولاسیون با استفاده از ترکیبات پری‌بیوتیکی ضروری به نظر می رسد. در این پژوهش، ویژگی‌های شیمیایی (pH، اسیدیته، قند کل، مواد جامد محلول و خاکستر)، فیزیکی (آب اندازی و رنگ) و حسی نمونه‌های کچاپ شامل مقادیر مختلف پوره سیب زمینی شیرین، اینولین و قند مایع خرما (به عنوان جایگزین شکر) بررسی و با روش آماری سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی، نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که پوره سیب زمینی نسبت به دو متغیر مستقل اینولین و قند مایع خرما تاثیر معنی‌داری بر خصوصیات شیمیایی نمونه‌ها نداشت. اما اثرات خطی و توان دوم اینولین و قند مایع خرما در تمامی ویژگی‌های شیمیایی تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های شاهد داشتند. نتایج آنالیز داده‌ها، اثرات توان دوم متغیرهای پوره سیب زمینی و قند مایع خرما برای میزان آب اندازی سس کچاپ تولید شده معنی‌دار بود. مؤلفه‌های رنگی ($L^*a^*b^*$) با افزایش میزان پوره سیب زمینی، اینولین و قند مایع خرما افزایش یافت و اختلاف رنگ کلی برای نمونه‌های حاوی اینولین و پوره سیب زمینی بالاتر بود. در بررسی خصوصیات حسی فاکتورهای رنگ و پذیرش کلی با افزایش پوره سیب زمینی اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند. به غیر از طعم که اینولین بر آن تاثیر معنی‌داری نداشت، افزایش مقدار اینولین و قند مایع خرما بر بقیه فاکتورهای حسی روندی تاثیرگذار داشتند. در نهایت این تحقیق نشان داد که می‌توان با استفاده از مقادیر بهینه ۱۱/۲۵ درصد پوره سیب زمینی، ۳/۷۵ درصد اینولین و ۲/۹ درصد قند مایع خرما به عنوان جایگزین شکر، علاوه بر رسیدن به نتایج فیزیکوشیمیایی و حسی مناسب و کاهش کالری سس، از مواد فراسودمند نیز در فرمولاسیون سس کچاپ بهره برد.

۱- مقدمه

افزایش شیوع بیماری‌های مختلف از جمله دیابت، سرطان، چاقی و اضافه وزنو بیماری‌های قلبی و عروقی موجب نگرانی جوامع بشری به خصوص در کشورهای در حال توسعه شده است، از طرف دیگر با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان و تمایل بیشتر آن‌ها به مصرف غذاهایی که مخاطرات کمتری برای سلامتی به همراه خواهند داشت، تولیدکنندگان و محققین صنعت غذا را به سمت تولید محصولاتی با مقدار کمتر کالری و دارای خواص کاربردی سوق داده است [۱، ۲ و ۳]. سس کچاپ از نظر تغذیه‌ای منبعی از کاروتنوئیدهای ارزشمند نظیر لیکوپن است اما با توجه به افزایش آمار مصرف مواد غذایی آماده و نیز این نوع سس، بهبود ارزش غذایی آن از طریق فرمولاسیون جدید برای سلامت مصرف‌کننده ضروری به نظر می‌رسد [٤]. با هدف تولید مواد غذایی کم کالری استفاده از ترکیباتی نظیر الیاف‌های گیاهی که به عنوان فیبر رژیمی شناخته شده‌اند، معمول گردیده است.فیبرهای رژیمی که خود از زیر مجموعه‌های کربوهیدرات‌های پری‌بیوتیکی می‌باشند، بوسیله آنزیم‌های دستگاه گوارش انسان تجزیه نشده ولی بوسیله فلورمیکروبی روده بزرگ تخمیر می‌گردند. متخصصین تغذیه مزایای سلامتی بخش الیاف‌های رژیمی را شامل موارد متعددی از جمله کاهش سطح کلسترول سرم خون، جلوگیری از سرطان، یبوست، آپاندیس، کاهش سطح قندخون و در نتیجه ممانعت از ابتلاء به دیابت و چاقی می‌دانند[۵].

در میان پری‌بیوتیک‌ها بیشتر تحقیقات روی اینولین انجام شده است و بیشتر کشورها آن را در دسته فیبرهای رژیمی قرار داده‌اند. اینولین کربوهیدراتی است که از پیوندهای (۲-۱) β فروکتوزیل تشکیل شده و یک مولکول گلوکز در انتهای هر زنجیره حضور دارد. همچنین این کربوهیدرات ذخیره‌ای در تعدادی از میوه‌ها وبرخی از سبزیجات و گیاهان وجود دارد. خواص فیزیکوشیمیایی اینولین به درجه پلی‌مریزاسیون (۲-٦۰ واحد) بستگی دارد و درجه پلی‌مریزاسیون به منبع گیاه، زمان برداشت، مدت زمان و شرایط نگهداری وابسته است [٦]. اینولین باعث کاهش سریع تری‌گلیسرید و LDL، گلوکز خون و افزایش جذب عناصر معدنی مانند کلسیم و منیزیم شده که برای سلامتی استخوان مفید است [۷].افزودن فیبر رژیمی اینولین بر حفظ ترکیبات فنولی و عملکرد آنتی‌اکسیدان‌ها در سس گوجه‌فرنگی در بدن انسان، موثر بوده است [۸]. به دلیل محدودیت مواد غذایی به ویژه مواد دارای قند ، امروزه بسیاری از محققین توجه خود را به استفاده بهینه از مواد غذایی نظیر استفاده از ضایعات مواد غذایی معطوف نموده‌اند. شیره خرما، کنسانتره خرما و قند مایع خرما از فرآورده‌های به دست آمده از خرماهای درجه ۲ و ۳ در کارخانه‌های فرآوری خرما و محصولات جانبی آن می‌باشند [۹]. خرما و قند مایع آن به دلیل داشتن مقدار مناسبی از قندهای گلوکز و فروکتوز، آهن، پتاسیم، ید و ترکیبات ضد اکسایشی، می‌توانند در جلوگیری از بیماری‌های مختلف نظیر سرطان و بیماری‌های قلبی عروقی مفید واقع شوند. قند مایع، شیره تصفیه شده خرما است که پس از مراحل استخراج عصاره خرما با حذف ترکیبات پکتینی، پروتئین‌ها، فیبر و رنگ تولید می‌شود و حداقل دارای غلظت ۷۵ می‌باشد. قند خرما اینورت و جاذب الرطوبه بوده و کریستاله نمی‌شود که دلیل مهمی برای استفاده بیشتر آن در صنایع غذایی می‌باشد [۱۰]. افزودن پالپ خرما در فرمولاسیون سس گوجه‌فرنگی علاوه بر ارتقاء ارزش غذایی، توانست مدت ماندگاری محصول را نیز بهبود بخشد[۱۱]. در تهیه سس غلیظ کچاپ از موادی مانند رب گوجه‌فرنگی، آرد گندم یا ذرت، انواع نشاسته و زرده تخم مرغ جهت بهبود غلظت سس استفاده می‌شود [۱۲]. نشاسته از پرمصرف‌ترین افزودنی‌ها در محصولات مختلف غذایی بوده و بر اساس منبع تولید آن (ذرت، گندم، سیب زمینی، برنج و ریشه گیاه مانیوکیاکاساوا) می‌تواند انواع مختلفی داشته باشد [۱۳]. سیب زمینی شیرین یک گیاه یک ساله است که به وسیله رشد رویشی با استفاده از ریشه یا قلمه‌های ساقه رشد می‌کند. بخش تجاری این گیاه نشاسته ذخیره‌ای موجود در ریشه‌های آن بوده و رنگ پوست ریشه بین زرد، نارنجی، قرمز، قهوه ای، بنفش و بژ است [١٤]. در همین راستا، اوریایی و گوت (۲۰۱۰) از موادی مانند نشاسته سیب زمینی و آگار در سس کچاپ استفاده نمودند که، نتایج نشان داد ویسکوزیته ظاهری سس توسط هر دو بیوپلیمر حالتی افزایشی خواهد داشت [۱۵].همچنین در مطالعه‌ای دیگر که توسط دیوی و همکاران (۲۰۱۷) بر روی ترکیب نمودن دو رقم سیب زمینی شیرین برای تهیه سس کچاپ صورت گرفت، شاخص‌های فیزیکوشیمیایی نظیر اسید آسکوربیک، pH، مواد جامد محلول کل، قندهای احیاءکننده، قند کل و خصوصیات حسی در سه بازه زمانی اولین روز، ۳۰ و ٦۰ روز پس از تولید بررسی و نتایج نشان دهنده پذیرش کلی مطلوب محصول،

حتی در طولانی‌ترین مدت زمانی یعنی ٦٠ روز بود [١٦]. بنابراین در این تحقیق به ترتیب اثر جایگزینی نشاسته سیب زمینی شیرین، اینولین و قند مایع خرما با نشاسته تجاری، شکر و شربت گلوکز به عنوان منابعی غنی از قند، بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ویژگی‌های کمی و کیفی سس کچاپ بررسی و ارزیابی شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

در این پژوهش سیب زمینی شیرین رقم NC از مزارع شهرستان جاسک، استان هرمزگان خریداری شد. اینولین با درجه پلیمریزاسیون کمتر از ۲-٦٠ (شرکت آدونیسگل دارو، ایران)، قند مایع خرما (شرکت شهد بابپارس، ایران)، رب گوجه فرنگی بابریکس ۳۰ (شرکت فافا، ایران)، سرکه تقطیری (شرکت امینسپتیکو، ایران)، صمغ زانتان (Sigma Aldrich، آمریکا)، گلوکز مایع(شرکت دکسترز، ایران)، شکر سفید، نمک خوراکی، طعم دهنده، نشاسته تصفیه شده گندم از یک فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه غذایی و سایر مواد شیمیایی از شرکت (مرک، آلمان) خریداری و مصرفگردید.

۲-۲- تهیه پوره سیب زمینی شیرین

برای فرآوری سیب زمینی بعد از شستشو و پوست‌گیری، عمل برش زدن صورت گرفت و در ادامه با بخارپز (مدل fs-12000p، شرکت پارس خزر، ایران) پخته، له و به صورت پوره آماده شد [۱۷].

۲-۳- تهیه سس کچاپ

برای تهیه سس کچاپ گوجه فرنگی بر پایه ۲۰ درصد (درصدوزنی/وزنی) رب گوجه‌فرنگی از فرمولی شامل؛ ۲۰ درصد رب گوجه‌فرنگی (حاوی بریکس ۳۰)، ۱۱/۵ درصد شکر سفید،۲ درصد نمک،۷/۵ درصد سرکه تقطیری، ۵ درصد شربت گلوکز، ٤ درصد نشاسته تصفیه شده گندم،۰/۲ درصد صمغ زانتان، ۰/٤ درصد انواع ادویه (حاوی طعم‌دهنده، پودر پیاز و پودر سیر) و ٤۹/٤ درصد آب آشامیدنی استفاده شد. در ادامه برای تولید سس کچاپ شاهد، ابتدا رب را با تمام آب فرمول مخلوط کرده و سپس تمام مواد تشکیل دهنده فرمول بجز شکر، سرکه و شربت گلوکز را به آن اضافه گردید. سپس عمل هم‌زدن و حرارت دادن تا دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد. در نهایت شکر، سرکه و شربت گلوکز با هم مخلوط شد و تا دمای ۵۵ درجه سلسیوس حرارت دید و به فرمول اضافه شد. دما تا ۸۸ درجه سلسیوس افزایش یافت و بر روی محصول به مدت ۵ دقیقه حرارت نهایی اعمال شد. در پایان سس گوجه‌فرنگی به صورت داغ بسته بندی شد. همچنین پیش از تولید نمونه‌های سس کچاپ (حاوی پوره سیب زمینی شیرین (صفر، ۷/۵ و ۱۵ درصد)، اینولین (صفر، ۳/۷۵ و ۷/۵ درصد)و قند مایع خرما (صفر، ۲/۲۵ و ٤/۵ درصد))، ابتدااینولین با کل آب مصرفی مخلوط شد و در دمای ۸۰ درجه سلسیوس بهمدت ۱۰ دقیقه هم‌زده شد سپس جهت تشکیل ژل تا دمای ۲۵ درجه سلسیوس خنک شد. در ادامه برای نمونه‌های دارای غلظت‌های مختلف سیب زمینی شیرین، اینولین، قند مایع خرما، سوسپانسیون آماده شده اینولین با رب گوجه‌فرنگی مخلوط شده در ادامه نمک، نشاسته، زانتان و ادویه‌ها اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۷۵ درجه سلسیوس حرارت دید. در نهایت مخلوط شربت داغ شکر، شربت گلوکز و سرکه به فرمول اضافه شد و به مدت ۵ دقیقهدردمای ۸۸ درجه سلسیوس حرارت دید و به صورت داغ در ظروفPET ۲۰۰ میلی‌لیتری و ساشه‌های ۲۰ گرمی پر شد. تمام مراحل هم‌زدن و حرارت دادن نمونه‌های سس کچاپ توسط ترمومیکس برقی (مدل ٦۰۰، شرکت Vorwerk، کانادا) انجام شد.

۲-٤- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی سس کچاپ

اندازه‌گیری pH، اسیدیته، قندکل، مواد جامد محلول[1]و خاکستر نامحلول در اسید نمونه سس کچاپ گوجه‌فرنگی تولیدی مطابق با استاندارد ملی ایران (شماره ۲۵۵۰) صورت گرفت [۱۸]. به منظور بررسی ارزیابی میزان درصد آب‌اندازی[2] کچاپ، نمونه‌ها ۳ ماه پس از تولید و نگهداری در یخچال، با سانتریفیوژ (مدل 183K، شرکت Sigma، آلمان) تحت نیروی گریز از مرکز g ٤۷۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفتند. بدین ترتیب ۱۰ گرم از هر نمونه وزن شده و تحت نیروی گریز از مرکز قرار گرفته و سپس سرم آزاد شده، جدا گردیده و دوباره بخش رسوب آن وزن گردید و درصد سینرسیس از طریق فرمول زیر تعیین شد [۱۹].

1. Brix
2. Synersis

رابطه (۱)

$$\text{آب اندازی} = \frac{\text{وزن اولیه نمونه} - \text{وزن ثانویه نمونه}}{\text{وزن اولیه}} \times ۱۰۰$$

برای انجام آزمون رنگ‌سنجی سس کچاپ، از دستگاه رنگ سنج (مدل ۵۰۰، شرکت Lovibond، آلمان) استفاده گردید. ابتدا داخل سل دستگاه با نمونه‌های کچاپ پر شد به طوریکه هوا داخل آن نباشد. سپس سل حاوی نمونه در محل مورد نظر در دستگاه قرار گرفت و جهت جلوگیری از تداخل نور محیطی، پوشش تیره ای روی سل گذاشته شد و شاخص‌های L^* (سفیدی و سیاهی) a^* (قرمزی و سبزی) و b^* (زردی و آبی) اندازه گیری شدند [۲۰].

۲-۵- آزمون حسی سس کچاپ

گروه ارزیابی چشایی را ۱۲ نفر از کارشناسان و کارکنان شرکت صنایع غذایی گرینه تشکیل دادند که به عنوان داوران چشایی نیمه آموزش دیده بعد از انجام آزمون اندازه‌گیری قدرت چشایی گزینش شدند. نمونه‌ها با کدهای تصادفی متشکل از ۲ حرف و ۲ عدد، کدگذاری شده و در ظروف بی‌رنگ در اختیار داوران چشایی قرار گرفتند. از داوران چشایی خواسته شد نمونه‌ها را براساس رنگ، عطر و رایحه، طعم و مزه، قوام و پذیرش کلی یا لذت بخشی ارزیابی کرده و امتیاز ۱ به عنوان کم‌ترین امتیاز و ۵ به عنوان بیش‌ترین امتیاز برای هر خصوصیت حسی در نظر گرفته شد [۲۱].

۲-۶- طرح آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش از متدولوژی سطح پاسخ (RSM) جهت یافتن اثر متغیرهای مستقل شامل پوره سیب زمینی شیرین(A) (صفر، ۷/۵ و ۱۵ درصد)، اینولین(B) (صفر، ۳/۷۵ و ۷/۵ درصد) و قند مایع خرما (C) (صفر، ۲/۲۵ و ٤/۵ درصد) برای تعیین شرایط بهینه استفاده شد. داده‌های به دست آمده در این طرح با استفاده از نرم‌افزار(Design Expert) مدل‌سازی شده و شکل‌های سه بعدی (منحنی‌های سطح پاسخ) جهت بررسی رابطه میان پاسخ‌ها و متغیرهای مستقل رسم شد. جهت تعیین نقطه بهینه از روش بهینه‌یابی عددی نرم‌افزار مذکور استفاده گردید. توابع پاسخ (y)، شامل خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بودند که بر داده‌های حاصل از آزمایش‌ها مدل چند جمله‌ای درجه دوم برازش داده شد.ضرایب مدل درجه دوم که بیانگر تاثیر استفاده از مواد اولیه شامل پوره سیب زمینی، اینولین و قند مایع خرما بر میزان خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی محصول یعنی سس کچاپ گوجه فرنگی هستند، با استفاده از تکنیک حداقل مربعات محاسبه گردیدند که به صورت رابطه مدل‌های تجربی ارائه شده است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان pH

تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان pH در شکل‌های سطح پاسخ نشان داده شده است (شکل ۱). در نتایج مشاهده گردید، pH فرمولاسیون‌های مختلف بین ۳/۷٤-۳/٦۹ متغیر بود که همگی در محدوده مجاز استاندارد ملی ایران (بیشینه ٤) قرار داشتند[۱۸].با توجه به رابطه (۲) و اثرات خطی و توان دوم مشخص گردید افزایش اینولین می‌تواند در حد کمی میزان pH را افزایش دهد. در بررسی صورت گرفته توسط طلوعی و همکاران (۲۰۱۱) که بر روی سس مایونز تولیدی کم چرب حاوی اینولین و پکتین انجام شد، کم‌ترین و بیش‌ترین میزان pH به ترتیب در نمونه اینولین ۲۵ درصد که حدود (۳/۸۷) و نمونه اینولین-پکتین ۲۵ درصد که حدود (۳/۹۰۳) حاصل شد که نشان دهنده تاثیرگذاری مناسب اینولین به عنوان یک کربوهیدرات ذخیره‌ای بود [۲۲]. از شکل سطح پاسخ چنین به نظر می‌رسد اثرات خطی ($P<۰/۰۰۰۱$) و توان دوم ($P<۰/۰۵$) متغیر قند مایع خرما می‌تواند تاثیر معنی‌داری در افزایش میزان pH مانند افزودن پوره سیب زمینی داشته باشد. که این نتایج با تحقیقات صورت گرفته توسط دیوی و همکاران (۲۰۱۷) تا حدودی مغایرت داشت چون، با افزودن سیب زمینی شیرین به سس کچاپ، با طولانی شدن طول دوره نگهداری، مقدار pH روندی کاهشی را نشان داد [۱٦]. دلیل افزایش معنی دار pH را با افزایش درصد جایگزینی پوره سیب زمینی، اینولین و قند مایع خرما رامی‌توان به کاهش غلظت یون هیدروژن به علت اثر و یا افزایش فاز آبی نسبت داد [۲۳].همچنین در تحقیقی که توسط رفتنی امیری و همکاران (۲۰۱۷) به منظور استفاده از شیره خرمالو به عنوان شیرین‌کننده در تولید سس ازگیل انجام شد، شاخص pH نمونه‌ها در محدوده ٤/۳-٤ حاصل گردید که نتایج بررسی تغییرات pH حاکی از آن بود که اثر مقدار شیره خرمالو بر روی تغییرات pH معنی‌دار نبوده است [۲٤].

رابطه (۲)

$$pH=+3.7+0.003\ A\ -0.002\ B + 0.008\ C+ 0.017\ AB - 0.009\ AC - 0.012\ BC - 0.022\ A^2 - 0.005\ B^2 + 0.017\ C^2$$

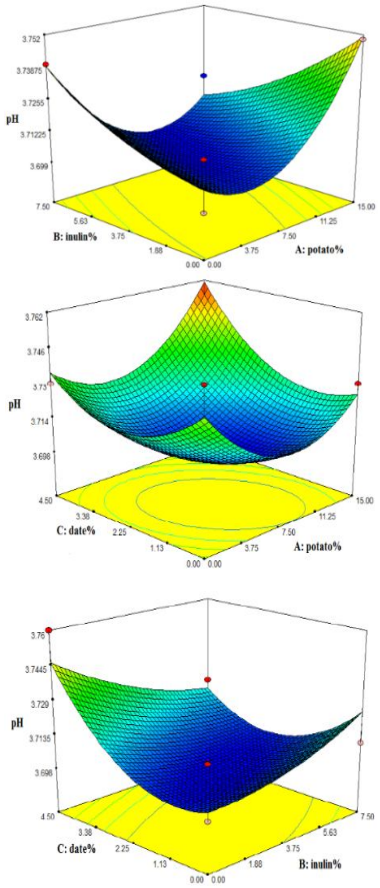

Fig 1 Response surface diagrams for pH and the influence of independent variables

۳-۲- بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان اسیدیته

با افزایش جایگزینی سه متغیر مستقل،pH نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. این افزایش متناسب با افزایش اسیدیته از ۱/۹۰-۱/۱۵ در فرمولاسیون‌ها متغیر بود. بیشینه قابل قبول اسیدیته برای سس کچاپ در استاندارد ملی ایران، (حداکثر ۲/۵ درصد) می‌باشد [۱۸].نتایج آنالیز واریانس داده-های اسیدیته نشان داد که پوره سیب زمینی بیش‌ترین تاثیر را بر میزان اسیدیته سس کچاپ داشت، به طوری که با افزایش پوره سیب زمینی، میزان اسیدیته سس روند نزولی داشت.این در حالی است که اصلان زاده و همکاران (۲۰۱٤) با بررسی عملکرد فیبر رژیمی تولیدی از سبوس گندم در سس مایونز عنوان داشتند که، میزان اسیدیته افزایش داشت اما این میزان با نمونه شاهد که حاوی نشاسته بود، اختلاف معنی‌داری را حاصل نکرد [۲۵].با توجه به ضرایب متغیرهای مستقل در رابطه (۳) مشاهده می‌شود که اینولین تاثیر معنی‌داری بر تغییرات اسیدیته داشته، به طوری که اثرات توان دوم ($P<$۰/۰۵)، حالتی افزایشی را از خود نشان داده است.بررسی شکل‌های سطح پاسخ نشان دهنده تاثیرگذاری مناسب قند مایع خرما در افزایش میزان اسیدیته بود.در بررسی اثرات متقابل مشخص شد اینولین و قند مایع خرما بر یکدیگر تاثیر مثبت داشته و مقدار اسیدیته را افزایش دادند. به نظرمی‌رسد که کاهش غلظت اسیدهای آلی که درپی افزایش فاز آبی حاصل شده، سبب کاهش اسیدیته نمونه‌ها شده است [۲٦].در همین راستا، اسیدیته سس گوجه‌فرنگی نباید بیشتر از ۲/۵ درصد باشد. براساس نتایج حاصله اسیدیته تمامی نمونه‌ها در محدوده استاندارد به دست آمد که با یافته‌های رفتنی امیری و همکاران (۲۰۱٦) مطابقت داشت[۲۷].

رابطه (۳)

$$Acidity=+1.71+0.002\ A-0.004\ B + 0.003C+ 0.008\ AB - 0.005\ AC - 0.012\ BC - 0.051\ A^2 - 0.009\ B^2 + 0.011\ C^2$$

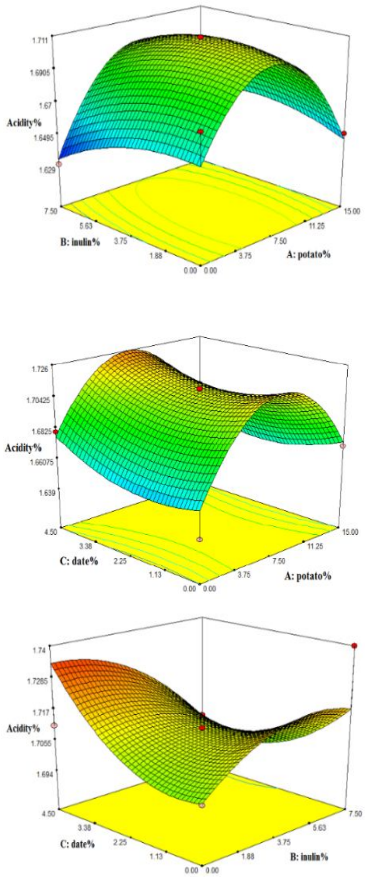

Fig 2 Response surface diagrams for acidity and the influence of independent variables

۳-۳- بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان قندکل

تاثیر متغیرهای مستقل به خصوص قند مایع خرما بر میزان قند کل به طور معنی‌داری کاهش در محدوده ۱۲/٦٥-۱۰/۸ درصد در فرمولاسیون‌ها را نشان داد که، با بیشینه قابل قبول قند کل برای سس کچاپ در استاندارد ملی ایران (۱۸-۱۵ درصد) می‌باشد و همچنین یکی از اهداف این تحقیق که کاهش مقدار قند بود، همخوانی داشت [۱۸].نتایج آنالیز واریانس نشان داد که در بین متغیرهای مستقل فقط اینولین بر میزان قند کل سس کچاپ موثر بود، به طوری که تنها اثرات خطی ($P<$۰/۰۰۰۱) و درجه دوم ($P<$۰/۰۵) دما در مدل معنی‌دار شد. در پی تحقیق تورس و همکاران (۲۰۱۰) مشخص شد که، گالاکتوالیگوساکاریدهای موجود در اینولین، ترکیبات پری-بیوتیکی غیرقابل هضم بر پایه کربوهیدرات می‌باشند که، با فعالیت آنزیمی بتا-گالاکتوزیداز در طی واکنش ترانس گالاکتوزیلاسیون لاکتوز تولید شده و ممکن است شامل گلوکز-گالاکتوز، گالاکتوز-گالاکتوز یا شامل چندین گالاکتوز متصل به گلوکز باشند، که در واقع می‌توانند تاثیر موثری بر میزان قند کل سس بگذارند [۲۸]. با توجه به معنی‌دار نبودن تاثیر پوره سیب زمینی به کار رفته در سس کچاپ ($P>$۰/۰۵)، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که میزان قندکل سس نسبت به تغییرات میزان پوره سیب زمینی حساسیت چندانی ندارد.از شکل (۳) سطح پاسخ چنین به نظر می‌رسد که رابطه میزان قندکل با افزودن قند مایع خرما به صورت خطی است که این روند توسط معنی‌دار بودن اثر خطی مدل تایید می‌شود. قند مایع خرما چون از خرمای با کیفیت پایین تر تولید می‌شود اما غنی از کربوهیدارت‌ها و فیبرهای رژیمی می‌باشد. یا به طور مستقیم مصرف می‌گردد و یا به صورت ترکیب در فرمولاسیون بعضی از مواد غذایی نظیر بعضی از محصولات نانوایی، نوشیدنی‌ها و شیرینی‌ها به کار می‌رود که در مواد به کار رفته افزایش میزان قند کل را نشان داده است [۲۹].

رابطه (٤)

$$\text{Total Sugar}=+0.705+0.125\ A -1.586\ B + 1.183\ C+ 0.482\ AB - 0.382\ AC - 0.330\ BC - 0.237\ A^2 - 1.375\ B^2 + 0.145\ C^2$$

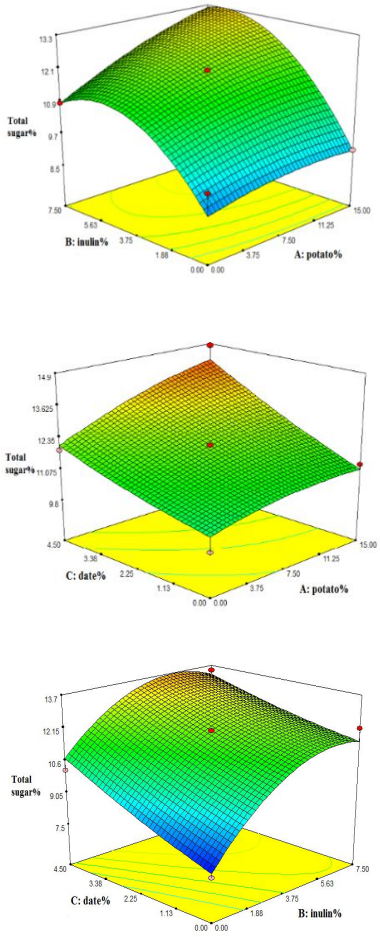

Fig 3 Response surface diagrams for total sugar and the influence of independent variables

۳-٤- بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان مواد جامد محلول (بریکس)

در مورد بریکس اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف متغیرهای مستقل بکار رفته مشاهده نشد ($P>$۰/۰۵) و مقادیر بریکس بین ۳٤/۵۰-۳۱/۲۵ متغیر بود. حد کمینه بریکس برای سس کچاپ در استاندارد ملی ایران (۳۰) می‌باشد که تمامی فرمولاسیون‌های به کار رفته از این نظر در محدوده قابل قبول قرار داشتند [۱۸].نتایج آنالیز واریانس داده‌های بریکس نشان داد که اثرات خطی ($P<$۰/۰۰۰۱) و درجه دوم ($P<$۰/۰۵) اینولین در مدل معنی‌دار شد، به طوری که با افزایش مقدار اینولین از صفر به ۷/۵ درصد، میزان بریکس در ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است. این نتایج نزدیک به تحقیقات جوزکزاکو همکارانش (۲۰۱۳) می‌باشد که نشان دادند با افزودن اینولین و گالاکتوالیگوساکارید به منظور کاهش مقدار شکر، اختلاف معنی‌داری در مقدار مواد جامد محلول نمونه-های سس کچاپ حاصل نشد [۳۰].با توجه به ضرایب

متغیرهای مستقل در مدل پیشنهادی، مشاهده می‌شود که پوره سیب زمینی تاثیر عمده‌ای بر تغییرات بریکس سس کچاپ داشته است. که معنی‌دار بودن اثرات توان دوم ($P<۰/۰۵$) آن موید این مطلب می‌باشد.تنها اثر معنی‌دار برای قند مایع خرما، اثر توان دوم ($P<۰/۰۱$) آن می‌باشد. نتایج مشخص نمود که به دلیل دارا بودن مقادیر بیشتری از مواد جامد محلول در قند مایع، با افزایش میزان این ماده اولیه در سس کچاپ، پارامتر بریکس افزایش پیدا نمود. با توجه به اینکه درجه بریکس نشان‌دهنده درصد وزن مواد جامد موجود در یک محلول به وزن کل محلول می‌باشد، یا به عبارت دیگر، درصد وزنی مواد جامد موجود در محلول است و با توجه به اینکه پوره سیب زمینی و قند مایع خرما حاوی مقادیر زیادی مواد جامد محلول می‌باشند باعث افزایش درجه بریکس در محصول می‌شوند [۲۹ و ۳۱].

رابطه (۵)

$$Brix=+31.95+0.125\ A\ -1.437\ B+0.187\ C+1.375\ AB-1.625\ AC-0\ BC-1.375\ A^2-2.000\ B^2+1.000\ C^2$$

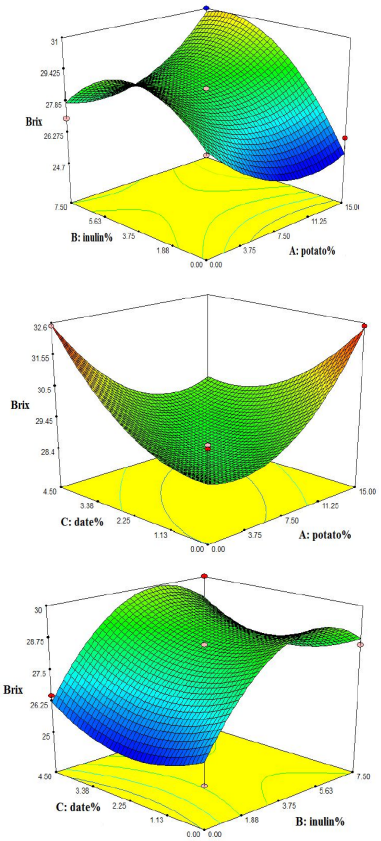

Fig 4 Response surface diagrams for brix and the influence of independent variables

۳-۵- بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان خاکستر

در بررسی افزایش متغیرها مشاهده گردید، پارامتر خاکستر فرمولاسیون های مختلف بین ۱/۸۲-۰/۹۳ درصد متغیر بود که همگی در محدوده مجاز استاندارد ملی ایران (بیشینه ۳/۵ درصد) قرار داشتند [۱۸].از شکل (۵) چنین مشخص می‌شود که رابطه پوره سیب زمینی با خاکستر سس کچاپ به صورت خطی است که این روند توسط معنی‌دار بودن اثر خطی مدل ($P<۰/۰۰۱$) تایید می‌شود. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار پوره سیب زمینی از حدود ۷/۵ به ۱۵ درصد، میزان خاکستر افزایش جزئی یافته است.با توجه به ضریب متغیرهای مستقل در رابطه (٦) مشاهده می‌شود که اینولین تاثیر مناسبی بر تغییرات خاکستر سس کچاپ داشته است. که معنی‌دار بودن اثرات خطی ($P<۰/۰۰۰۱$) و توان دوم ($P<۰/۰۵$) آن موید این مطلب می‌باشد. در همین راستا، در بررسی صورت گرفته توسط نفرزاده و آریائی (۲۰۱۷) از بتاگلوکان و مالتیتول به عنوان جایگزین روغن و قند در سس مایونز استفاده و نتایج نمونه‌ها روندی نزولی را از خود در مورد خاکستر نشان داد که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت داشت [۳۲]. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که، تنها اثرات خطی ($P<۰/۰۰۰۱$) و درجه دوم ($P<۰/۰۵$) قند مایع خرما در مدل ارائه شده معنی‌دار شد.شایان ذکر است میزان مواد جامد نامحلول در برای نمونه-های سس کچاپ ۱/۸۳-۱/۷۲ درصد اعلام شده است و نیز باید توجه نمود که افزایش مواد جامد نامحلول باعث کاهش آب اندازی سس کچاپ خواهد شد که هر دو این موارد با نتایج این تحقیق هم‌خوانی داشت [۳۳ و ۳٤].

رابطه (٦)

$$Ash=+1.624+0.029\ A+0.047\ B+0.052\ C-0.023\ AB+0.024\ AC+0.015\ BC+0.003A^2+0.030B^2-0.019C^2$$

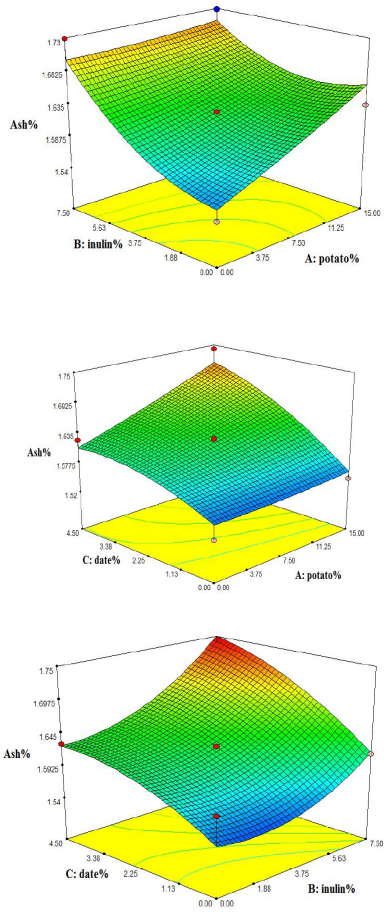

Fig 5 Response surface diagrams for ash and the influence of independent variables

۳-٦- بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان درصد آب‌اندازی

جدا شدن سرم کچاپ (سینرسیس) یکی از بزرگ‌ترین مشکلات صنعت تولید کچاپ است و از آن جا که این محصول یک سوسپانسیون ناهمگن است کنترل سینرسیس آن در هنگام نگهداری بسیار مهم می‌باشد چرا که تاثیر منفی بر روی کیفیت و مقبولیت محصول از سوی مشتری دارد [۳۵]. با توجه به معنی‌دار نبودن تاثیر متغیر اینولین به کار رفته در سس کچاپ (P>۰/۰۵)، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که سس کچاپ نسبت به تغییرات سطوح اینولین حساسیتی نداشت. با توجه به ضریب متغیرهای مستقل در رابطه (۷) مشاهده می‌شود که افزودن پوره سیب زمینی بر تغییرات آب‌اندازی سس کچاپ تاثیر داشته است. که معنی‌دار بودن توان دوم (P<۰/۰۵) آن و بهبود مقدار درصد آب اندازی سس کچاپ با افزایش سطح این متغیر از ۷/۵ به ۱۵ درصد، موید این مطلب می‌باشد.در ارتباط با نتایج آب‌اندازی، نمونه‌های دارای اینولین و نشاسته سیب زمینی شیرین آب‌اندازی بیشتری داشته‌اند که دلیل آن وجود هم‌افزایی منفی بین این دو ترکیب می‌باشد. این هم-افزایی منفی به دلیل تمایل بیشتر اینولین به آب در مقایسه با نشاسته، حضور پلیمرها در غلظت زیر ۲۰ درصد و عمل نمودن اینولین به عنوان ماده‌ای رقیق‌کننده می‌باشد [۳٦]. نتایج نشان داد که با افزایش قند مایع خرما از صفر تا ٤/٥ درصد میزان درصد آب‌اندازی به صورت سهمی افزایش یافت (P<۰/۰۱).قند مایع خرما نسبت به شکر دارای درصد بالاتری ماده نامحلول مانند فیبرهای نامحلول بوده که می‌تواند دلیلی برای بیشتر بودن بریکس نمونه‌های حاوی شکر باشد. علاوه بر این قند مایع خرما چون بسیاری از ناخالصی‌های آن حذف گردیده است اما با افزایش غلظت قند مایع خرما، میزان ویسکوزیته محصول نیز بیشتر می‌شود [۳۷]، که البته با نتایج حاصل از این تحقیق تا میزان ۲/۲۵ درصد قند مایع خرما نسبت مستقیم از خود نشان داد.در حالیکه پوره سیب زمینی و قند مایع خرما به دلیل داشتن فیبر و سایر ترکیبات تا حدودی باعث کاهش کیفیت بافتی محصولمی‌گردند اما، افزایش درصد جایگزینی اینولین، در امولسیون به دلیل اینکه مقادیر بالاتر این متغیر قادر به تشکیل ژل مستحکم‌تر و جذب آب بیشتر هست، و در نهایت ساختار امولسیون را مستحکم‌تر و چسبندگی را افزایش می‌دهد، می‌تواند پیشنهاد مناسبی باشد [۳۸].

رابطه (۷)

$$Synersis=+0.391 - 8.406\ A - 0.863\ B - 0.850\ C + 7.052\ AB - 10.170\ AC + 4.615\ BC + 13.981\ A^2 - 7.103\ B^2 + 12.298\ C^2$$

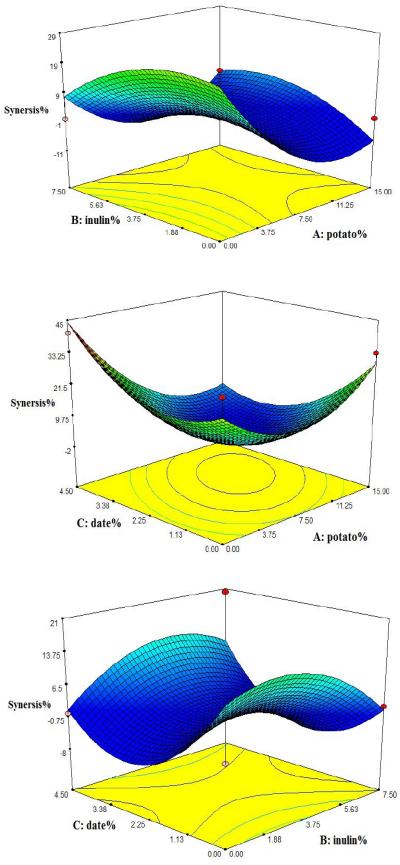

Fig 6 Response surface diagrams for synersis and the influence of independent variables

۳-۷- بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان مؤلفه‌های رنگی

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که فقط پوره سیب زمینی بر میزان مؤلفه‌های رنگی سس تولیدی موثر بود، به طوری که تنها اثرات خطی ($P<۰/۰۰۰۱$) و درجه دوم ($P<۰/۰۵$) دما در مدل معنی‌دار شد. بیش‌ترین تاثیرگذاری پوره سیب زمینی بر مؤلفه‌های رنگی L^* و b^* ارزیابی شد.از شکل‌های سطح پاسخ چنین به نظر می‌رسد که رابطه اینولین با مؤلفه‌های رنگی به صورت خطی است که این روند توسط معنی‌دار بودن اثر خطی مدل ($P<۰/۰۰۱$) تایید می‌شود. نتایج نشان داد که بیش-ترین تاثیرگذاری اینولین در اثرات خطی متعلق به مؤلفه‌های رنگی a^* و b^* می‌باشد.در آزمون رنگ‌سنجی، به کارگیری غلظت ۷/۵ درصد اینولین و ۱۵ درصد پوره سیب زمینی به علت داشتن نشاسته کافی توانسته‌اند مقدار مؤلفه رنگی L^*را افزایش دهند. همچنین مؤلفه‌های رنگی سس نسبت به تغییرات سطوح قند مایع خرما حساسیتی نشان ندادند که، عدم معنی-داری این متغیر مشخص شد ($P>۰/۰۵$). البته در بین فرمولاسیون‌های مختلف باز هم فرمولاسیونی که دارای مقدار قند مایع بیشتری بود تاثیر مستقیمی بر مؤلفه رنگی a^*داشت.در ارتباط با مؤلفه رنگی a^*، نمونه‌های پری‌بیوتیک دارای نشاسته مؤلفه رنگی a^* بالاتری دارند. زیرا لیکوپن در حضور نشاسته سیب زمینی بهتر در برابر اکسیداسیون محافظت می‌شود که به پیوند نشاسته با آب مربوط می‌شود [۳۹].فرحناکی و همکاران (۲۰۰۸) مقادیر مؤلفه رنگی L^* و نسبت a^*/b^* را برای نمونه-های سس کچاپ تهیه شده با درصدهای مختلف پودر پالپ گوجه فرنگی را به ترتیب بین ۵۶/۸۴-۵۰/۲۰ و ۲/۶۹-۱/۲۶ گزارش کردند [۴۰].

رابطه (۸)

$$L^*=+37.51+5.491\ A+0.773\ B-1.110\ C+0.928\ AB-0.508\ AC+0.727\ BC+1.221\ A^2+0.131\ B^2-0.533\ C^2$$

رابطه (۹)

$$a^*=+17.92-3.252\ A-0.361\ B+0.071\ C+1.102\ AB-0.511\ AC-1.071\ BC-2.031\ A^2+0.806\ B^2+0.091\ C^2$$

رابطه (۱۰)

$$b^*=+20.73+0.807\ A-0.043\ B-0.352\ C+0.898\ AB-0.526\ AC-0.241\ BC-0.366\ A^2+0.567\ B^2-0.016\ C^2$$

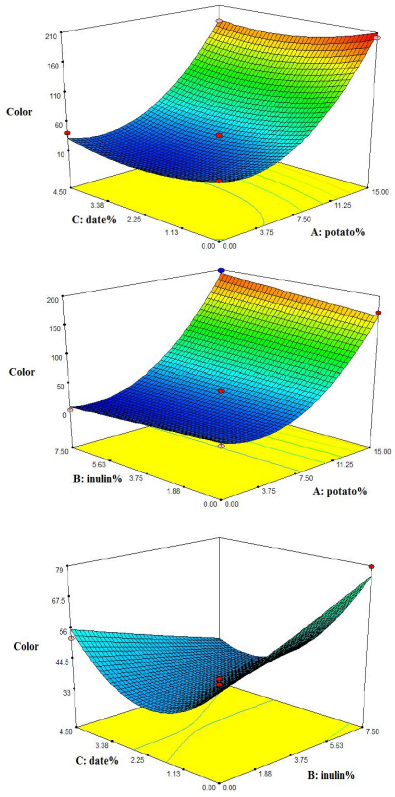

Fig 7 Response surface diagrams for color changes and the influence of independent variables

۳-۸- بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان خصوصیات حسی

خلاصه نتایج آنالیز واریانس پوره سیب زمینی، اینولین و قند مایع خرما بر خصوصیات حسیسس کچاپ نشان داد که اثر این تیمارها بر روی صفات طعم، مزه، رنگ، بافت و پذیرش کلی توسط داوران معنی‌دار بود (جدول۱).

نتایج آنالیز واریانس مشخص نمود که پوره سیب زمینی بر ویژگی‌های طعم، مزه و بافت سس کچاپ ($P>۰/۰۵$)، معنی-دار نبود ولی این متغیر تاثیر مناسبی بر کیفیت رنگ و پذیرش کلی داشت. در اکثر موارد نمونه‌های حاوی اینولین به خصوص نمونه‌های حاوی مقادیر بالاتری از این ترکیب امتیاز حسی بالاتری کسب نمودند.بررسی داده‌ها نشان داد که اینولین فقط بر ویژگی حسی طعم تاثیر نداشته است، ولی بر خصوصیات دیگرحسی تاثیر مثبتی داشته و افزایش مقدار آن تا ۷/۵ درصد روندی صعودی را از خود نشان داد ($P<۰/۰۰۰۱$). دلیل آن را می‌توان چنین بیان کرد که با توجه به ساختار شبکه-ای و پلی‌ساکاریدی اینولین، آن نسبت به پوره سیب زمینی و قند مایع خرما می‌تواند با سایر محتویات محصول پیوند برقرار کرده و کیفیت بافتی محصول را افزایش دهد.در تحقیقاتی که

توسط منصوری پور و همکاران (۲۰۱۵) و نفرزاده و آریائی (۲۰۱۷) بر روی مصرف مواد پری‌بیوتیکی در تولید سس‌های کچاپ و مایونز صورت گرفت تاثیرات مثبتی در فاکتور پذیرش کلی مشاهده شد [٤ و ۳۲].

Table 1 Summary of statistical results of fitted model reduced sensory properties

Response	Standard deviation	Coefficient of variation	Coefficient of determination	Adjusted coefficient of determination
Taste	1.31	7.57	0.59	0.42
Smell	0.84	4.86	0.83	0.61
Color	0.89	5.27	0.85	0.66
Texture	1.02	5.73	0.83	0.63
General acceptance	0.52	3.03	0.87	0.72

به طور کلی رنگ امولسیون‌ها تحت تأثیر رنگ فاز آبی آن‌ها قرار دارد، بنابراین مواد قابل هضم پلی‌ساکاریدی مانند نشاسته و صمغ‌ها، با افزایش غلظت فاز پیوسته از به هم پیوستن ذرات روغن در امولسیون جلوگیری کرده، در نتیجه توانایی این مواد در جذب آب بیشتر شده و ذرات ایجاد شده ریزتر خواهند بود و رنگ روشن‌تری را ایجاد می کنند. بنابراین با توجه به اینکه پوره سیب زمینی و اینولین به ترتیب حاوی نشاسته و صمغ می‌باشند باعث بهبود و روشنی رنگ بیشتر محصول خواهند شد [٤١]. همچنین افزودن قند مایع خرما به سس کچاپ تاثیر عمده‌ای بر ویژگی رنگ داشته است. که معنی‌دار بودن اثرات خطی ($P<۰/۰۰۰۱$) و توان دوم ($P<۰/۰۵$) آن موید این مطلب می‌باشد. بررسی آماری نمونه‌ها نشان داد که، افزایش میزان قند مایع خرما بر ویژگی‌های حسی طعم، مزه، بافت و پذیرش کلی سس کچاپ تاثیر معنی‌داری نداشته، که علت این اتفاق به خصوص برای پذیرش کلی را می‌توان چنین توجیه نمود که افزایش میزان متغیرهای مستقل نامبرده باعث تغییرات رنگی و طعمی محصول می‌گردد که در ادامه خاصیت بازدارندگی در زمان مصرف را به دنبال دارد. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد قند مایع خرما درک سریع شیرینی آن می‌باشد. در مقایسه با ساکاروز، قند مایع خرما بسیار سریع احساس شده و وقفه‌ای در این احساس مشاهده نمی‌شود. در مقابل شیرینی ساکاروز دیرتر احساس می‌شود اما مدت زمان احساس شیرینی آن بیشتر است [٤٢].

۳-۹- بهینه‌یابی فرمولاسیون سس کچاپ

شرایط عملیاتی بهینه‌یابی برای فرمولاسیون سس کچاپ با استفاده از پوره سیب زمینی شیرین، اینولین و قند مایع خرما با درصدهای وزنی مشخص بر روی پارامترهای pH، اسیدیته، قندکل، موادجامدمحلول (بریکس)، خاکسترنامحلولدراسید، درصدآب‌اندازی، رنگ‌سنجی و حسی، با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی عددی نرم‌افزار (Design Expert) جستجو شد. بدین منظور، در ابتدا اهداف بهینه‌سازی را مشخص کرده و سپس سطوح پاسخ‌ها و متغیرهای مستقل تنظیم خواهد شد. برای این منظور مقادیر کمینه و بیشینه خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی برابر با حداقل و حداکثر داده‌های حاصل از آنالیز خصوصیات ذکر شده و مقادیر هدف برابر با داده‌های مربوط به بهترین نمونه از نظر پذیرش کلی که در آنالیز حسی تعیین شد، در نظر گرفته شد. مقادیر متغیرهای مستقل در شرایط بهینه فرمولاسیون سس کچاپ برای پوره سیب زمینی شیرین، اینولین و قند مایع خرما به ترتیب ۱۱/۲۵، ۳/۷۵ و ۲/۹ درصد وزنی/وزنی به دست آمد. در نهایت فرمولی که بتواند تمامی خصوصیات مد نظر فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی را همزمان در حد بهینه داشته باشد تعیین شد. جدول (۲) نشان دهنده میزان مورد نیاز از سه متغیر مستقل مورد بررسی برای تولید سس کچاپ بهینه و مقدار پاسخ هر یک از متغیرهای وابسته که با استفاده از این سه ماده در نمونه بهینه حاصل خواهد شد را نشان می‌دهد.

Table 2 Ketchup sample formulation with optimized properties

Independent variable	Minimum	Maximum	Optimal value	Response	Optimal value	Control sample
Sweet potato puree (%)	0	15	11.25	pH	3.71	3.73
Inulin (%)	0	7.5	3.75	Acidity (%)	1.67	1.67
Date liquid sugar (%)	0	4.5	2.9	Total sugar (%)	11.21	16.45
				Brix	27.96	32.75
				Ash (%)	1.63	1.93
				Synersis (%)	16	3.2
				Color changes	37.33	32.35
				General acceptance	16.6	20.39

افزودن سطوح پوره سیب زمینی، اینولین و قند مایع خرما اضافه بر مواد به کار رفته معمول در فرمولاسیون (نمونه شاهد) و به صورت جایگزین، می‌تواند زمینه ساز تولید یک محصول فراسومند بود. درسال‌های اخیر مطالعات انجام شده بر روی سیب زمینی شیرین را می‌توان در سه جنبه بررسی نمود از جمله؛ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (آنتوسیانین‌ها، مشتقات کافئوایلکونیک اسید و کافئوایلدوسیک اسید)، فعالیت ضد ویروسی (مشتقات کافئوایلکونیک اسید) و ویژگی‌های ضد دیابتی (فلاون‌ها و پروتئین‌ها)، بنابراین گزینه‌ای مناسب برای جایگزینی نشاسته‌های تجاری به کار رفته در فرمولاسیون سس کچاپ خواهد بود [۴۳]. از جنبه دیگر با به کارگیری اینولین و قند مایع خرما که در بالا بردن مواد جامد محلول نقش دارند می‌توان از غلظت شکر و شربت گلوکز در نمونه‌های پری-بیوتیک کاست، بنابراین مواد جامد محلول نمونه‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشته، با این تفاوت که از میزان شکر نمونه‌های سس کچاپ پری‌بیوتیک کاسته شد و حتی شربت گلوکز نیز به طور کامل در آن‌ها حذف گردید [٤ و۲۹]. در بررسی شاخص‌های اندازه‌گیری شده، برعکس pH و اسیدیته که تغییرات زیادی در سس‌های تولیدی مشاهده نشد، اما میزان قند کل به میزان حدود ۷۰ درصد کاهش در کچاپ پری-بیوتیکی نسبت به نمونه شاهد را نشان داد که با هدف این پژوهش مطابقت داشت. شایان ذکر است افزایش مواد جامد نامحلول باعث کاهش آب‌اندازی سس کچاپ می‌شود [۱۹]، که در این پژوهش نیز نمونه شاهد با ماده جامد نامحلول بیشتر، میزان آب اندازی کمتری را نشان داد. در بررسی نتایج مشخص شد نمونه‌های حاوی پوره سیب زمینی شیرین و اینولین تاثیر مناسبی بر مولفه‌های رنگی داشته و تغییرات رنگ بیشتری با نمونه شاهد را نشان دادند. در ارتباط با ارزیابی حسی، به کارگیری متغیرهای مستقل استفاده شده در این پژوهش، تا حدی باعث کاهش امتیاز در برخی فاکتورهای حسی نمونه‌های پری‌بیوتیکی نسبت به نمونه شاهد شدند. علی‌رغم وجود اختلاف معنی‌دار بین برخی از فاکتورهای حسی، نتایج پذیرش کلی حاکی از قابل قبول بودن نمونه‌های سس کچاپ پری‌بیوتیکی نسبت به شاهد بود.

٤- نتیجه‌گیری

با این که سس کچاپ از نظر تغذیه‌ای منبعی از کاروتنوئیدهای ارزشمند مانند لیکوپن است اما با توجه به افزایش آمار مصرف مواد غذایی آماده و نیز سس کچاپ، بهبود ارزش غذایی آن از طریق فرمولاسیون جدید برای مصرف کننده ضروری می‌باشد. در این تحقیق با بررسی عملکرد پوره سیب زمینی شیرین به عنوان یک منبع نشاسته اصلاح شده به روش فیزیکی، اینولین یک پری‌بیوتیک شناخته شده و قند مایع خرما جایگزین شونده ساکاروز، مشخص شد که پوره سیب زمینی شیرین، اینولین و قند مایع خرما به ترتیب تاثیر بسزائی در بهبود بافت (سینرسیس و بریکس) و مؤلفه‌های رنگی L^* و b^*، خواص حسی و پذیرش کلی و در نهایت رنگ محصول داشتند.با توجه به نتایج این بررسی می‌توان گفت که سه متغیر پورهسیبزمینیشیرین، اینولین و قند مایع خرما می‌توانند تاثیرات هم‌افزائی مناسبی بر محصول داشته و علاوه بر آن به خصوص از اینولین و قند مایع خرما می‌توان به عنوان موادی برای تولید محصولاتی پرمصرف مانند سس کچاپ با شاخص فراسودمند (عملگرا) استفاده نمود.

۵- منابع

[1] Giuliani, N.R., Calcott, R.D., and Berkman, E.T. 2013. Piece of cake; Cognitive reappraisal of food craving. *Appetite*, 64: 56-61.

[2] Sajilata, M.G.,Singhal, R.S., and Kulkarni, P.R. 2006. Resistant starch–a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(1): 1-7.

[3] Perera, A.,Meda, V., and Tyler, R.T. 2010. Resistant starch: A review of analytical protocols for determining resistant starch and of factors affecting the resistant starch content of foods. *Food Research International*, 43(8): 1959-1974.

[4] Mansouripour, S., Mizani, M., Rasouli, S., Gavahee, A., and Sharifan, A. 2015. The effect of inulin and galactooligosaccharides on physicochemical and sensory properties of prebiotic ketchup. *Food Technology and Nutrition*, 12(3): 49-58. [In Persian].

[5] Wang, Y. 2009. Prebiotics: Present and future in food science and technology. *Food Research International*, 42(1): 8-12.

[6] Tárrega, A., Rocafull, A., and Costell, E. 2010. Effect of blends of short and long-chain inulin on the rheological and sensory properties of prebiotic low-fat custards. *LWT-Food Science and Technology*, 43(1): 556-562.

[7] Parnell, J.A., and Reimer, R.A. 2009. Weight loss during oligofructose supplementation is associated with decreased ghrelin and increased peptide YY in overweight and obese adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 22(89): 1751-1759.

[8] Tomas, M., Beekwilder, J., Hall, R.D., Simon, C.D., Sagdic, O., and Capanoglu, E. 2018. Effect of dietary fiber (inulin) addition on phenolics and in vitro bioaccessibility of tomato sauce. *Food Research International*, 1(106): 129-135.

[9] Jalali, M. 2012. Optimization of extraction conditions of Kaluteh date fruit and it's clarification by bentonite and gelatin to produce of liquid sugar (Dates Honey). (M.Sc) Thesis, Faculty of Technical & Engineering, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Quchan Branch. [In Persian].

[10] Al-Farsi, M.A. 2003. Clarification of date juice. International Journal of Food Science and Technology, 38(3): 241-245.

[11] Nasir, M.U., Hussain, S., Qureshi, T.M., Nadeem, M., and Din, A. 2014. Characterization and storage stability of tomato ketchup supplemented with date pulp.*International Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(1): 51-65.

[12] Koocheki, A., Ghandi, A., Razavi, S.M., Mortazavi, S.A., and Vasiljevic, T. 2009. The rheological properties of ketchup as a function of different hydrocolloids and temperature. *International Journal of Food Science andTechnology*, 44(3): 596-602.

[13] Hu, P., Zhao, H., Duan, Z., Linlin, Z., and Wu, D. 2004. Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose contents. *Journal of Cereal Science*, 40(1): 231-237.

[14] Kagawa, Y. 2008. Standard tables of food composition in Japan. Fifth revised and enlarged edition, 28-36.

[15] Oroian, M.A., and Gutt, G. 2010. Effect of potato starch and agar on the rheological behaviour of tomato ketchup. *Food and Environment Safety Journal*, 9(1): 50-55.

[16] Devi, C., Hynniewta, L., and Mitra, S. 2017. Evaluation of some sweet potato cultivars for sauce processing. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(10): 3257-3265.

[17] Truong, V.D., and Avula, R.Y. 2010. Sweet potato purees and dehydrated powders for functional food ingredients. Chapter 5, In: Sweet potato: post harvest aspects in food Editors: Ray, R.C., and Tomlins, K.I., Nova Science Publishers, Inc., ISBN 978-1-60876-343-6.

[18] Iranian National Standardization Organization. 2016. Tomato sauce-specifications and test methods. 3rd. Revision, No. 2550. [In Persian].

[19] Sahin, H.,and Ozdemir, F. 2007. Effect of some hydrocolloids on the serum separation of different formulated ketchup. *Journal of Food Engineering*, 81: 437-446.

[20] Abdullah, A., Resurreccion, A.V.A., and Beuchat, L.R. 1993. Formulation and evaluation of a peanut milk based whipped topping using response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 26: 162-166.

[21] Liu, H.,Xu, X.M., and Guo, S.D. 2007. Rheological, texture and sensory properties of low fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT-Food Science and Technology*, 40:946-954.

[22] Toluee, O., Mortazavi, S.A., Aelami, M.,and Sadeghi Mahoonak, A.R. 2011. Physico-chemical, texture, and organoleptic properties of low fat mayonnaise containing inulin and pectin. *Innovation in Food Science and Technology*, 3(1): 35-42. [In Persian].

Science and Technology, 14(71): 185-200. [In Persian].

[33] Bayod, E.,Willers, E.P., and Tornberg, E. 2008. Rheological and structural characterization of tomato paste and its influence on the quality of ketchup. *LWT-Food Science and Technology*, 41: 1289-1300.

[34] Sahin, H.,and Ozdemir, F. 2004. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. *Food Hydrocolloids*, 18: 1015-1022.

[35] Sharoba, A.M., Senge, B.,and EI-mausy, H.A. 2005. Chemical, sensory and rheological properties of some commercial Germany and Egyptian tomato ketchup.*European Food Research Technology*, 220: 142-151.

[36] Tarrega, A., Rocafull, A., and Costell, E. 2010. Effect of blends of short and longchaininulin on the rheological and sensory properties of prebiotic low-fat custards. *LWT-Food Science and Technology*, 43: 556-562.

[37] Cepeda, E., and Villaran, M.C. 1999. Density and viscosity of Malus floribunda juice as a function of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering*, 41: 103-107.

[38] Keenan, D.F., Resconi, V.C., Kerry, J.P., and Hamill, R.M. 2014. Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach. *Meat Science*, 96(3): 1384-1394.

[39] Yaghouti Moghaddam, M., Mizani, M., Salehifar, M.,and Gerami, A. 2013. Effect of waxy maize starch (modified, native) on physical and rheological properties of French dressing during storage. *World Applied Sciences Journal*, 21(6): 819-824.

[40] Farahnaky, A.,Abbasi, A., Jamalian, J., and Mesbahi, G. 2008. The use of tomato pulp powder as a thickening agent in the formulation of tomato ketchup.*Journal of Texture Studies*, 39(2): 169-182.

[41] Bouyer, E., Mekhloufi, G., Rosilio, V., Grossiord, J.L., and Agnely, F. 2012. Proteins, polysaccharides, and their complexes used as stabilizers for emulsions: Alternatives to synthetic surfactants in the pharmaceutical field? *International Journal of Pharmaceutics*, 436(1-2): 359-378.

[42] Ashraf, Z., and Hamidi-Esfahani, Z. 2011. Date and Date Processing: A Review. *Journal Food Reviews International*, 27(2): 101-133.

[43]Tanaka, M., Ishiguro, K., Oki, T., and Okuno, S. 2017. Functional components in sweetpotato and their genetic improvement. *Breeding science*, 67(1): 52-61.

[23] Majzoobi, M., Mansouri, H., Mesbahi, G., Farahnaky, A., and Golmakani, M.T. 2016. Effects of sucrose substitution with date syrup and date liquid sugar on the physicochemical properties of dough and biscuits.*Journal of Agricultural Science and Technology*, 18: 643-656.

[24] Raftani Amiri, Z., Mirarab Razi, S., Amirabadi, S., Rezaei Erami, S., Mohammadi, T., and Fathollahi, E. 2017. Production and optimizing formulation of medlar sauce by the application of persimmon juice as a sweetener using response surface methodology. *Food Technology and Nutrition*, 14(3): 5-14. [In Persian].

[25] Aslanzadeh, M.., Mizani, M., Gerami, A., and Alimi, M. 2014. Evaluation of produced dietary fiber from wheat bran as a fat replacer in mayonnaise. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 11(1): 21-30. [In Persian].

[26] Nasir, M.U., Hussain, S., Qureshi, T.M., Nadeem, M., and Din, A. 2014. Characterization and storage stability of tomato ketchup supplemented with date pulp. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(1): 57-65.

[27] Raftani Amiri, Z., Esmaeili, A.M., and Alimi, M. 2016. The effect of salep and carboxy methyl cellulose on the quality of ketchup. *Food Technology and Nutrition*, 13(1): 55-64. [In Persian].

[28] Torres, D.P.M., Goncalves, M.F., Teixeira, J.A., and Rodrigues, L.R. 2010. Galacto-Oligosaccharides: production, properties, applications, and significance as prebiotics. *Comprehensive Reviews inFood Science and Food Safety*, 9: 438-454.

[29] Jalali, M., Haddad KhodaParast, M.H., and Jahed, E. 2014. Clarification of date varieties Kaluteh juice using bentonite and gelatin. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 10(3): 284-290. [In Persian].

[30] Juszczak, L., Oczad, V.Y.Z.,and Galkowska, D. 2013. Effect of modified starches on rheological properties of ketchup. *Food Bioprocess Technology*, 6(5): 1251-1260.

[31] Fawzia, A., Karuri, E.G., and Hagenimana, V. 1999. Sweet potato ketchup: feasibility, acceptability, and production costs in Kenya. *African Crop Science Journal*, 7(1): 81-89.

[32] Nafarzadeh, H., and Ariaii, P. 2017. Determine effects of ß-Glucan and Maltitol as replacement of oil and sugar on physicochemical and sensorial properties in dietary mayonnaise sauce by RSM. *Food*

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimization of consumption levels of sweet potato puree, inulin and date liquid sugar in order to improve physicochemical and sensory properties of prebiotic ketchup sauce by response surface methodology

Mirzaei, D. [1], Pedram Nia, A. [1]*, Jalali, M. [1]

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

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2020/ 02/ 03
Accepted 2020/ 11/ 10

Keywords:

Ketchup sauce,
Sweet potato puree,
Inulin,
Date liquid sugar.

DOI: 10.52547/fsct.18.04.10

*Corresponding Author E-Mail: ahmadpedram@yahoo.com

ABSTRACT

Ketchup is a stuffingbased on extract, concentrate, puree, or tomato paste which, given the increasing consumption formes of this product, it is necessary to improve the formulation using prebiotic compounds.In this study, chemical (pH, acidity, total sugar, brix and ash), physical (Synersisand color) and sensory characteristics of ketchup samples including different amounts of sweet potato puree, inulin and date liquid sugar (as a sugar substitute) was analyzed and the results were analyzed by statistical method of response surface and central composite design.The results showed that potato puree had no significant effect on chemical properties of the samples compared to two independent variables of inulin and date liquid sugar.But the linear effects and the second power of inulin and date liquid sugar were significantly different in all chemical properties compared to the control samples.The results of data analysis showed that the second power effects of potato puree and date liquid sugar variables were significant for the amount of Synersisketchup sauce produced.The color components *(L * a * b *)* increased with increasing potato puree, inulin, and date liquid sugar, and the overall color difference was higher for samples containing inulin and potato puree.Sensory properties of color and general acceptance were significantly different with increasing potato puree.Except for the taste that did not have a significant effect on inulin, the increase in the amount of inulin and date liquid sugar had an influence on the other process sensory factors.Finally, this study showed that using optimum amounts of 11.25% potato puree, 3.75% inulin and 2.9% date liquid sugar as substitute for sugar, in addition to achieving physicochemical and sensory and calorie-lowering sauces also utilize functional ingredients in ketchup formulation.