Journal of Food Processing and Preservation
Print ISSN: 2322 - 2069
Online ISSN: 2322 - 2794

Effect of xanthan and zedo gum and resistant starch on physicochemical, textural and sensory properties of ketchup

Rahil Rezaei[1*] | Seyed Soheil Amiri Aghdaei[2]

[1]Department of food science and technology. Gonbad kavoos branch, Islamic azad university, Gonbad kavoos, Iran, Email: Rezaei.rahil@yahoo.com
[2]Faculty of food science, Gorgan university of agricultural science and natural resources, Golestan, Iran.

Article Info

Article type:
Short Paper

Article history:
Received: 03.03.2020
Revised: 26.05.2020
Accepted: 23.06.2021

Keywords:
Zedo Gum
Xanthan gum
Resistance Starch
Ketchup Sauce
Serum Separation

ABSTRACT

Background and Objectives: Ketchup sauce is one of the most popular seasoning and common tomato based products. Serum separation as an important problem of ketchup sauce affect its acceptance, negatively. The aim of this study was therefore investigating the effect of Zedo gum, Xanthan gum and resistant starch on the physicochemical, texture and sensory properties of ketchup sauce.

Materials and Methods: Mixture statistical design was used to define the treatments based on combination of Zedo, xanthan and resistant starch by Design expert software. Effect of treatments on pH, color, viscosity, hardness, adhesiveness, consistency and sensory properties were investigated.

Results: In terms of viscosity and consistency, the highest and lowest value belonged to K1 (1% xanthan gum) and K6 (1% resistant starch), respectively. In terms of serum separation, none of the samples had serum separation except K4 (1% Zedo), K6 (1% resistant starch) and K10 (0.5% resistant starch and 0.5 % Zedo). Texture analysis showed that the highest and lowest value of hardness and adhesiveness belonged to K1 (1% xanthan) and K6 (1% resistant starch), respectively. The highest score of sensory evaluation was observed in samples containing 0.5% Xanthan and 0.5 % Resistant starches (K7).

Conclusions: Considering optimization results of formulation, it was known that combined application of xanthan gum (0.627 g), Zedo (0.222 g) and resistant starch (0.151 g) leads to production of ketchup sauce with desired properties.

Cite this article: Rezaei, R., Amiri Aghdaei, S.S. 2022. Effect of xanthan and zedo gum and resistant starch on physicochemical, textural and sensory properties of ketchup. *Journal of Food Processing and Preservation*, 13 (4), 147-158.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJFPP.2021.17771.1612
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

فرآوری و نگهداری مواد غذایی
شاپا چاپی: ۳۵۴۴-۲۴۲۳
شاپا الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲۴۲۳

تأثیر صمغ زدو، زانتان و نشاسته مقاوم بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی، حسی و بافت سس کچاپ

راحیل رضایی[1*] | سیدسهیل امیری عقدایی[2]

[1]گروه علوم و صنایع غذایی، واحد گنبد کاووس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبد کاووس، ایران
[2]گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کوتاه علمی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳
تاریخ ویرایش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۲

واژه‌های کلیدی:
صمغ زدو
صمغ زانتان
نشاسته مقاوم
سس کچاپ
آب اندازی

چکیده

سابقه و هدف: سس کچاپ یکی از محبوب‌ترین چاشنی‌ها و یکی از رایج‌ترین فرآورده‌ی صنعتی گوجه فرنگی است. آب انداختن یا جداشدن سرم یکی از مهمترین مشکلات کچاپ بوده و همین امر بر مشتری پسندی آن تأثیر نامطلوب دارد. از این رو در این پژوهش تأثیر صمغ‌های زدو، زانتان و نشاسته مقاوم بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی سس کچاپ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: جهت تعیین تیمارها از طرح آماری مخلوط استفاده و تیمارها بر اساس ترکیب صمغ‌های زدو، زانتان و نشاسته مقاوم در مقادیر صفر تا یک درصد با استفاده از نرم افزار Design Expert تعیین گردید. تأثیر تیمارها بر pH، ویژگی رنگی، ویسکوزیته، سفتی، چسبندگی، قوام و ویژگی‌های حسی مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد از نظر ویسکوزیته و قوام بیشترین مقدار در نمونه K1 (یک درصد صمغ زانتان) و کمترین مقدار در نمونه K6 (یک درصد نشاسته مقاوم) مشاهده شد. به لحاظ آب اندازی نیز تمام نمونه‌ها به استثنای نمونه‌های K4 (یک درصد صمغ زدو)، K6 (یک درصد نشاسته مقاوم)، K10 (۰/۵ درصد نشاسته مقاوم، ۰/۵ درصد زدو) هیچ‌گونه آب‌اندازی مشاهده نشد. آزمون ویژگی‌های بافتی نیز نشان داد که بیشترین و کمترین میزان سفتی به‌ترتیب متعلق به نمونه‌های K1 (یک درصد صمغ زانتان) و K6 (یک درصد نشاسته مقاوم) است. به لحاظ ارزیابی حسی و پذیرش کلی نیز بیشترین امتیاز از نظر ارزیابان به نمونه K7 (۰/۵ درصد صمغ زانتان و ۰/۵ درصد نشاسته مقاوم) اختصاص یافت.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج بهینه‌یابی فرمولاسیون، استفاده ترکیبی از صمغ‌های زانتان (۰/۶۲۷ گرم)، زدو (۰/۲۲۲ گرم) و نشاسته مقاوم (۰/۱۵۱ گرم) فرمول بهینه است.

استناد: رضایی، ر.، امیری عقدایی، س.س. (۱۴۰۰). تأثیر صمغ زدو، زانتان و نشاسته مقاوم بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و بافت سس کچاپ. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۳ (۴)، ۱۵۸-۱۴۷.

DOI:10.22069/EJFPP.2021.17771.1612

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

سس گوجه‌فرنگی یا کچاپ یکی از فرآورده‌های مهم گوجه فرنگی است که مصرف آن بسیار رواج دارد و به‌عنوان یکی از محبوب‌ترین چاشنی‌ها، همراه با بسیاری از موادغذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در تهیه سس کچاپ از رب گوجه‌فرنگی رقیق شده با آب، شکر، سرکه، نمک، ادویه‌های مختلف و پایدارکننده‌های مجاز استفاده می‌شود (۵). آب‌اندازی یا جداشدن سرم از سس کچاپ یکی از مشکلات عمده در صنعت تهیه کچاپ می‌باشد. از آن‌جا که این فرآورده یک سوسپانسیون غیر یکنواخت است، از این رو حفظ پایداری آن در طول دوره نگهداری از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. هیدروکلوئیدها و پایدارکننده‌ها ترکیباتی هستند که در فرمولاسیون بسیاری از سس‌ها از جمله سس کچاپ به منظور ممانعت از آب‌اندازی، افزایش ویسکوزیته و همچنین بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی استفاده می‌گردد (۶). صمغ فارسی یا زدو، صمغ ترشحی است که از درخت بادام کوهی (*Amygdalus scoparia*) حاصل می‌شود. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد صمغ فارسی دارای خاصیت قوام‌دهندگی، امولسیون‌کنندگی و پایدارسازی می‌باشد (۳). نشاسته مقاوم[1]، بخشی از نشاسته یا فرآورده‌های نشاسته‌ای است که به هضم مقاوم است و در سیستم گوارش به صورت دست نخورده باقی می‌ماند. نشاسته مقاوم ترکیبی است که ویژگی‌های حسی فرآورده‌های غذایی را کمتر تحت تأثیر قرار داده و موجب بهبود بافت، ظاهر و احساس دهانی می‌شود (۲). پژوهش‌های مختلفی در زمینه استفاده از پایدارکننده‌ها در فرمولاسیون سس کچاپ جهت جلوگیری از جداسازی سرم صورت گرفته است. از سوی دیگر برخی پژوهشگران ضمن استفاده از صمغ‌های کتیرا، گوار، کربوکسی متیل سلولز و زانتان در سس کچاپ نشان دادند که بیشترین افزایش قوام مربوط به صمغ‌های زانتان و گوار بوده و تمامی نمونه‌های سس کچاپ به لحاظ رئولوژیکی در گروه سیالات سودوپلاستیک هستند (۷). کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) نیز ویژگی‌های رئولوژیکی صمغ‌های گوار، زانتان و کربوکسی متیل سلولز را روی سس کچاپ مورد بررسی قرار داده و نشان دادند تمامی نمونه‌ها رفتار غیرنیوتنی و سودوپلاستیک داشتند. همچنین بیان داشتند که افزودن هیدروکلوئید سبب افزایش میزان تنش تسلیم و ویسکوزیته ظاهری کچاپ شد (۴). با بررسی منابع انجام شده مشخص شد تاکنون پژوهشی در ارتباط با استفاده از صمغ زدو و نشاسته مقاوم در سس کچاپ صورت نگرفته است، از این رو هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر هیدروکلوئیدهای مذکور بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی سس کچاپ است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: رب گوجه‌فرنگی دارای ماده خشک ۲۸ درصد از شرکت فرآورده‌های غذایی کامنوش گلستان تهیه شد. سایر ترکیبات مورد استفاده در سس کچاپ از فروشگاهی در شهر گرگان تهیه شد. سه هیدروکلوئید مورد استفاده در این پژوهش شامل صمغ زانتان (پرووِیسکو دانمارک)، نشاسته مقاوم (HI maize، شرکت HTS آفریقای جنوبی) و صمغ زدو (فروشگاه گیاهان دارویی شیراز) بود. تهیه سس کچاپ براساس روش داراب‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) تهیه شد و فقط تفاوت موجود در نمونه‌ها در نوع وغلظت صمغ‌ها می‌باشد (۱).

1.Resistant starch

جدول ۱- مواد اولیه مورد استفاده جهت تولید سس کچاپ

Table 1- Ketchup sauce ingredients (%)

ماده Material	درصد Percent
رب گوجه فرنگی (۲۸ درصد) Tomato paste	45
شکر Sugar	8
نمک Salt	0.5
دارچین Cinnamon	0.042
پودر فلفل قرمز Chili powder	0.07
پودر سیر Garlic powder	0.042
پودر میخک Clove powder	0.017
پودر پیاز Onion powder	0.33
سرکه (۵ درصد) Vinegar (5%)	9.2
مخلوط صمغ‌ها Gums mixture	1
آب water	رسیدن به وزن100 Up to 100g

آماده‌سازی سس کچاپ: به منظور تولید نمونه‌های سس کچاپ از فرمولاسیون ذکر شده در جدول ۱ استفاده شد. ابتدا رب گوجه‌فرنگی و آب مخلوط شده و تا رسیدن به دمای جوش حرارت داده شدند، سپس نمک و ادویه جات شامل پودر سیر خشک، پیاز خشک، پودر میخک، دارچین و فلفل قرمز اضافه شد. به مدت ۲۰ دقیقه به صورت ملایم حرارت داده شد. پس از آن سرکه و شکر به فرمولاسیون افزوده و در نهایت صمغ‌های زانتان، زدو و نشاسته مقاوم به نسبت‌های تعیین شده به فرمولاسیون اضافه شد و تا رسیدن به بریکس ۳۰ حرارت داده شد. پس از سرد شدن در ظروف یک کیلوگرمی بسته‌بندی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

اندازه‌گیری pH و میزان مواد جامد محلول: pHنمونه‌ها به‌طور مستقیم با قرار دادن الکترود دستگاه pHمتر (Bell-PHs-BW) درون نمونه اندازه‌گیری شد (۵). میزان مواد جامد محلول نیز با استفاده از رفراکتومتر دیجیتال (مدل DBR-95) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری ویسکوزیته: جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته نمونه‌ها تهیه شده از ویسکومتر برنامه پذیر بروکفیلد مدل DV-II (ساخت آمریکا) و اسپیندل شماره ۶ و درسرعت ۵۰ دور در دقیقه در دمای محیط (۲۰ درجه سانتی‌گراد) استفاده شد (۸).

اندازه‌گیری قوام: برای ارزیابی قوام نمونه‌های سس کچاپ از قوام سنج بوستویک استفاده شد. اندازه‌گیری قوام در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد اندازه‌گیری شد (۸).

آزمون ویژگی‌های بافتی: جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی نمونه‌ها از دستگاه آنالیز بافت (استیبل میکروسیستم TA.XT ساخت انگلستان) با پروب استوانه‌ای با قطر ۴۰ میلی‌متر، سرعت نفوذ پروب به داخل نمونه یک میلی‌متر در ثانیه و عمق نفوذ آن ۳۰ میلی‌متر استفاده شد (۸).

آزمون آب‌اندازی و پایداری : به‌منظور اندازه‌گیری آب‌اندازی نمونه‌های سس کچاپ ابتدا مقداری نمونه داخل لوله‌های سانتریفوژ توزین شد و به مدت ۱۰ دقیقه در سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. پس از این مرحله فاز رویی خارج شده دور ریخته شد و دوباره لوله‌ها به همراه نمونه توزین شد (۸). در نهایت آب اندازی نمونه‌ها برحسب درصد با استفاده از رابطه ۱ تعیین شد.

رابطه ۱.

$$\text{درصد پایداری} = \frac{\text{وزن نمونه بعد از سانتریفوژ} - \text{وزن نمونه قبل از سانتریفوژ}}{\text{وزن نمونه}} \times ۱۰۰$$

آزمون رنگ سنجی: به‌منظور بدست آوردن ویژگی‌های رنگی نمونه‌های سس کچاپ از اسکنر

(Canon-LID 110) و نرم افزار پردازش تصویر Image J و بر اساس سیستم هانتر لب (a*, b*, L*) استفاده شد (۹).

آزمون ارزیابی حسی: جهت ارزیابی حسی سس‌های کچاپ از مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای توسط ۱۰ نفر ارزیاب استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری: در این پژوهش به منظور بهینه‌یابی مقادیر مناسب صمغ زانتان، نشاسته مقاوم و صمغ زدو در فرمولاسیون سس کچاپ از طرح آماری مخلوط استفاده شد. به منظور طراحی آزمایش‌ها، تجزیه و تحلیل نتایج و رسم نمودارها از نرم افزار Design Expert (نسخه ۱۰) استفاده شد.

جدول ۲- تیمارهای آزمایش بر اساس متغیرهای مستقل در طرح مخلوط (٪)

Table 2- Treatments based on the independent variables in mixture design (%)

تیمار Treatment	صمغ زانتان (X1) Xanthan gum	نشاسته مقاوم(X2) Resistance starch	صمغ زدو(X3) Zedo gum
K1	1.000	0.000	0.000
K2	0.167	0.167	0.667
K3	0.167	0.667	0.167
K4	0.000	0.000	1.000
K5	0.333	0.333	0.333
K6	0.000	1.000	0.000
K7	0.500	0.500	0.000
K8	0.500	0.000	0.500
K9	0.667	0.167	0.167
K10	0.000	0.500	0.500

نتایج و بحث

تعیین مدل‌های مناسب: در جدول ۳ نتایج حاصل از آزمون‌های انجام شده در قالب طرح مخلوط نشان داده شده است. متغیرهای وابسته و مستقل با مدل‌های خطی، درجه دوم و درجه سوم تطبیق داده شد. به‌منظور تعیین بهترین مدل‌ها، ضرایب تبیین بالا (R^2)، انحراف استاندارد و مجموع مربعات پیش‌بینی شده پایین در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج بدست آمده از آزمون‌ها ومدل‌های پیش بینی شده توسط نرم‌افزار، مدل خطی جهت برازش قوام، پایداری، ویسکوزیته و سفتی استفاده شد. به‌علاوه شاخص‌های a*/b*، چسبندگی و پذیرش کلی با مدل درجه دو به خوبی برازش شد و مدل درجه سوم بهترین مدل پیش‌گو جهت برازش pH نمونه‌ها بود.

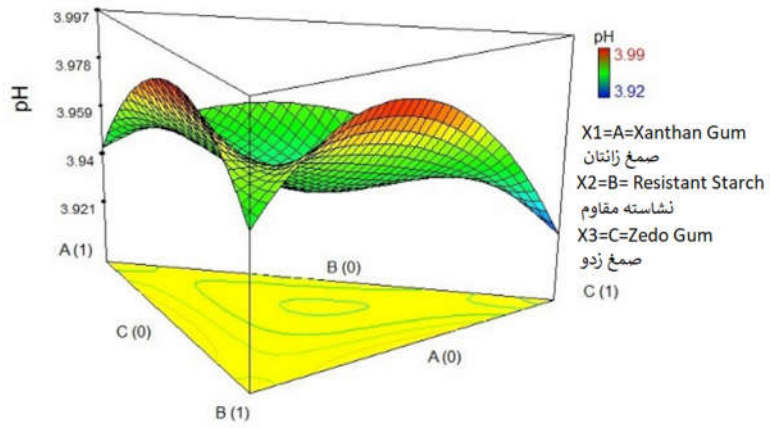
pH سس کچاپ: pH نمونه‌های سس کچاپ تهیه شده در این پژوهش در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود بیشترین و کمترین میزان pH به ترتیب متعلق به نمونه‌های K7 (۰/۵ درصد زانتان، ۰/۵ درصد نشاسته مقاوم) و K4 (یک درصد صمغ زدو) بود. کمترین میزان pH مربوط به زمانی است که از بیشترین میزان صمغ زدو استفاده شده است. به علاوه به هنگام استفاده از نشاسته مقاوم در ترکیب با صمغ زانتان و صمغ زدو افزایش میزان pH در نمونه‌ها مشاهده شد. pH یکی از پارامترهای مهم و تأثیرگذار بر طعم و قابلیت نگهداری سس کچاپ بوده و طبق استاندارد ملی ایران میزان pH سس کچاپ نباید بیشتر از ۴ باشد، به دلیل این‌که طعم نامطلوب در فرآورده ایجاد کرده و از طرفی قابلیت نگهداری محصول نیز کاهش می‌یابد. از این لحاظ تمامی نمونه‌های تهیه شده در این پژوهش، در محدوده pH قابل قبول (۳/۹۲-۳/۹۸) قرار داشتند. نتایج تجزیه واریانس pH نمونه‌های سس کچاپ

(جدول ۴) نشان می‌دهد مدل درجه سه جهت برازش نتایج حاصل از آزمون pH مناسب است، به‌طوری‌که دارای ضریب تبیین (R^2) ۰/۸۱۵ می‌باشد. اما در کل نتایج نشان داد استفاده از نشاسته مقاوم و صمغ زدو تأثیر معنی‌دار بر pH نمونه‌های سس کچاپ ندارد ($p>0/05$). جهت نشان دادن تأثیر هر یک از ترکیبات بر pH نمونه‌های سس کچاپ تهیه شده با نشاسته مقاوم و صمغ زدو نمودار سطح مخلوط رسم گردید (شکل ۱).

جدول ۳- نتایج حاصل از آزمون های سس کچاپ حاوی صمغ زانتان، زدو و نشاسته مقاوم

Table 3- ketchup sauce test results containing Xanthan and Zedo gum and resistant starch

نمونه Sample	pH	قوام(Cm) Consistency	ویسکوزیته(cp) Viscosity	جداشدن سرم(%) Serum separation	سفتی(g) Hardness	چسبندگی(g.s) adhesiveness	a*/b*	پذیرش کلی Total acceptability
K1	3.95	1.6	17717	0	186	370.1	19.8	3.75
K2	3.95	6.2	13700	0	81	172.2	18.44	4.00
K3	3.97	4.9	7600	0	87	175.9	18.42	4.08
K4	3.92	2.2	9420	20	89	182.5	14.28	3.44
K5	3.95	4.4	12900	0	112	234.6	19.4	4.36
K6	3.95	6.2	7517	16	75.0	248.4	18.32	3.40
K7	3.99	5.8	10610	0	118	251.4	16.14	4.44
K8	3.97	3.5	13700	0	124	254.4	22.76	4.20
K9	3.93	3	16435	0	132	256.2	20.10	4.00
K10	3.98	5.8	8600	21	80.0	157.5	17.55	3.48



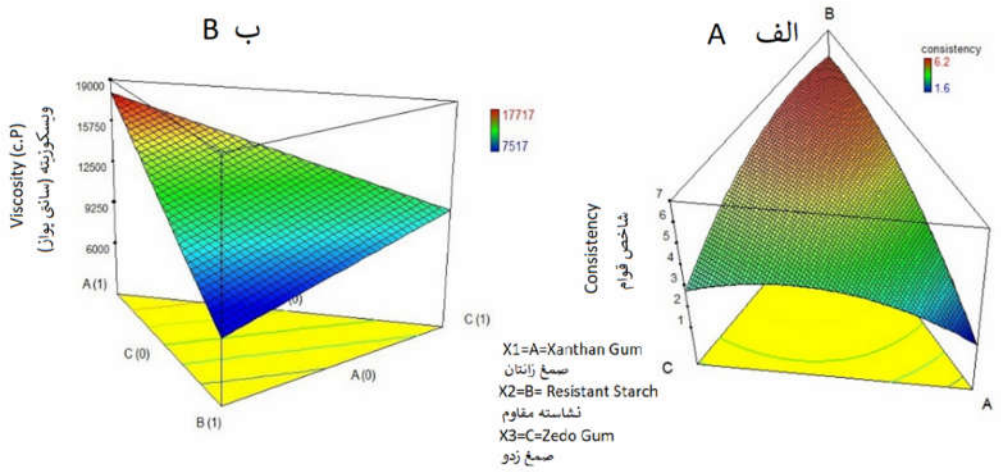
شکل ۱- سطح مخلوط pH نمونه‌های سس کچاپ حاوی صمغ زانتان، صمغ زدو و نشاسته مقاوم

Figure 2- Mixture surface of pH for ketchup sauce samples containing Xanthan, Zedo gum and resistant starch

قوام: نتایج حاصل از آزمون قوام در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد، افزودن نشاسته مقاوم و صمغ زدو موجب افزایش عدد بوستویک یا عبارتی کاهش قوام نمونه‌ها و بر خلاف آن افزایش مقدار صمغ زانتان باعث افزایش قوام نمونه‌های سس کچاپ شده است؛ به‌طوری‌که بالاترین میزان قوام (کمترین میزان عدد بوستویک) در نمونه K1 (۱/۶ سانتی‌متر) و کمترین میزان قوام (بیشترین میزان عدد بوستویک) در نمونه‌های K2 و K6 (۶/۲ سانتی‌متر) مشاهده شد. نتایج تجزیه واریانس قوام نمونه‌های سس کچاپ در

جدول ۴ نشان داده شده است. در بین مدل‌های برازش داده شده مدل درجه یک جهت برازش قوام نمونه‌ها مناسب بود، به‌طوری‌که دارای ضریب تبیین ۰/۸۹ می‌باشد. با توجه به ضرایب مدل نشاسته مقاوم بیشترین تأثیر را در کاهش میزان قوام نمونه‌ها داشت. نتایج نشان داده شده در نمودار سطح مخلوط مربوط به قوام نمونه‌ها در شکل۲ نیز نشان می‌دهد، بیشترین میزان قوام هنگامی بدست آمده است که میزان صمغ زانتان افزایش یابد و کمترین مقدار، زمانی است که بیشترین میزان صمغ زدو استفاده شود. دلیل آن ممکن است مربوط به جذب آب کمتر نشاسته مقاوم و همچنین ویسکوزیته کمتر صمغ زدو در مقایسه با صمغ زانتان باشد.

ویسکوزیته ظاهری: نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود بیشترین میزان ویسکوزیته در نمونه K1 (۱۷۷۱۷ سانتی‌پوآز) و کمترین میزان ویسکوزیته در نمونه K6 (۷۵۱۷ سانتی‌پوآز) مشاهده شد. تأثیر هر یک از ترکیبات در نمودار کانتور مخلوط ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های سس کچاپ (شکل ۲) نشان داد، با افزایش مقدار صمغ زانتان میزان ویسکوزیته افزایش یافت. از طرفی در صورت استفاده ترکیبی صمغ زانتان با نشاسته مقاوم و صمغ زدو کاهش معنی‌دار در ویسکوزیته نمونه‌ها مشاهده شد. نتایج تجزیه واریانس ویسکوزیته نمونه‌های سس کچاپ نیز حاکی از این امر است که مدل درجه یک جهت برازش ویسکوزیته نمونه‌ها مناسب است. به علاوه ضریب تبیین ۰/۸۶ نشان‌دهنده قابل قبول بودن مدل است.

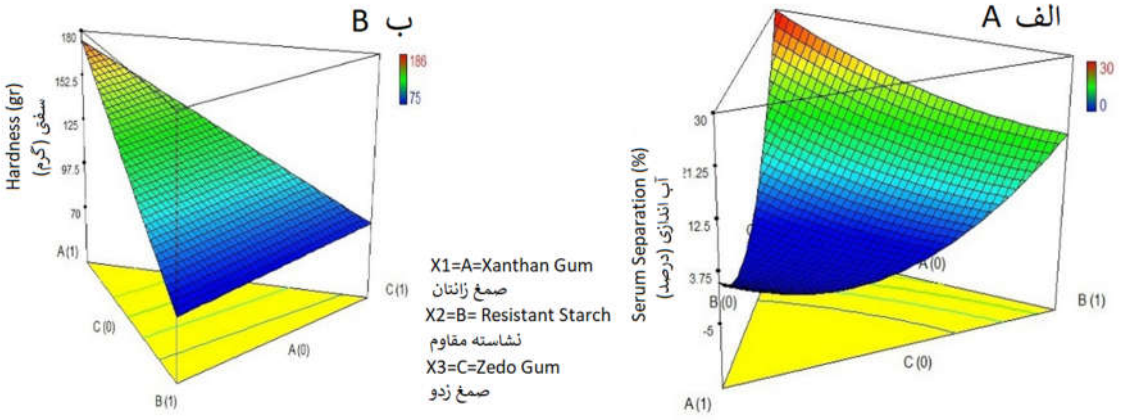


شکل ۲- الف) سطح مخلوط قوام و ب) ویسکوزیته نمونه‌های سس کچاپ حاوی صمغ زانتان، زدو و نشاسته مقاوم

Figure 2- Mixture surface of consistency (A) and viscosity (B) of ketchup sauce samples containing Xanthan, Zedo gum and resistant starch

آب‌اندازی: نتایج آب اندازی نمونه‌های سس کچاپ تهیه شده در این پژوهش در جدول ۳ مشخص شده است. به استثنای نمونه‌های K4 (یک درصد صمغ زدو)، K6 (یک درصد نشاسته مقاوم) و K10 (۰/۵ درصد نشاسته مقاوم و ۰/۵ درصد صمغ زدو) نمونه‌های دیگر به‌طور کامل پایدار بوده و هیچ‌گونه آب‌اندازی مشاهده نشد. با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که نشاسته مقاوم و صمغ زدو به صورت جداگانه قادر به ممانعت از جدا شدن سرم از سس کچاپ نیستند. اما زمانی که هر یک از صمغ‌های مذکور در ترکیب با صمغ زانتان قرار گیرد مانع از آب‌اندازی شده است. دلیل آن ممکن است مربوط به

اثر هم افزایی صمغ‌های زدو و زانتان در ترکیب با یکدیگر و افزایش ویسکوزیته باشد که موجب کاهش آب‌اندازی و افزایش جذب آب نمونه‌ها می‌شود. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که مدل خطی جهت برازش آب‌اندازی نمونه‌ها مناسب بوده و دارای ضریب تبیین ۰/۷۶ است. با توجه به ضرائب مدل (جدول ۴)، استفاده از صمغ زدو در فرمولاسیون سس کچاپ موجب افزایش آب‌اندازی شده و بالعکس صمغ زانتان تأثیر مثبتی بر کاهش آب‌اندازی نمونه‌ها داشت.

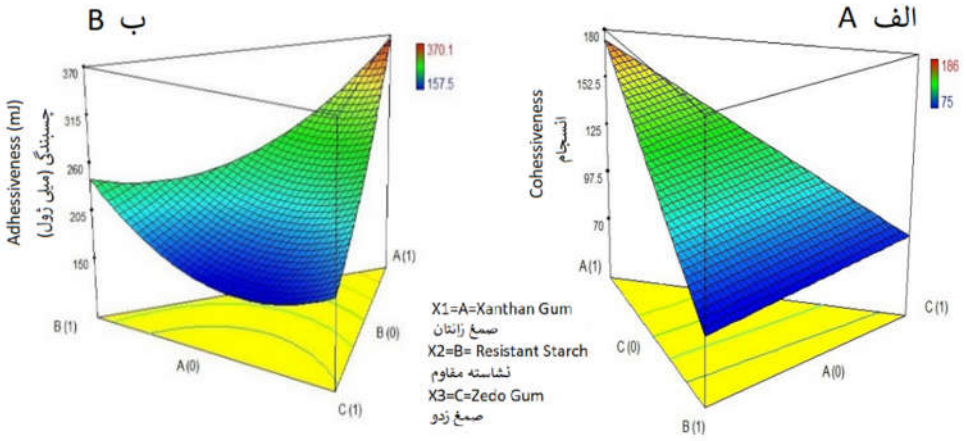


شکل ۳- الف) سطح مخلوط آب اندازی و ب) سفتی نمونه‌های سس کچاپ حاوی صمغ زانتان، زدو و نشاسته مقاوم

Figure 3- Mixture surface of Serum separation (A) and Hardness (B) of ketchup sauce samples containing Xanthan and Zedo gum and resistant starch

سفتی: بیشترین میزان سفتی بافت (۱۸۶ گرم) در نمونه K1 (یک درصد صمغ زانتان) مشاهده شد و کمترین میزان (۷۵ گرم) متعلق به نمونه K6 (حاوی یک درصد نشاسته مقاوم) بود (جدول ۳). با کاهش میزان صمغ زانتان و افزایش مقدار صمغ زدو و نشاسته مقاوم میزان سفتی نمونه کاهش می‌یابد (شکل ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که مدل درجه یک به دلیل دارا بودن ضریب تبیین بالا (۰/۹۴)، مدل مناسب جهت برازش نتایج سفتی نمونه‌های سس کچاپ است. به علاوه نتایج تجزیه واریانس این پارامتر بیانگر تأثیر معنی‌دار افزودن صمغ زدو و نشاسته مقاوم می‌باشد ($P<0/01$) اما بیشترین اثر مربوط به نمونه حاوی صمغ زانتان بوده است. شاید بتوان دلیل آن‌را کمتر بودن ویسکوزیته صمغ زدو و جذب آب کمتر نشاسته مقاوم در مقایسه با صمغ زانتان عنوان کرد.

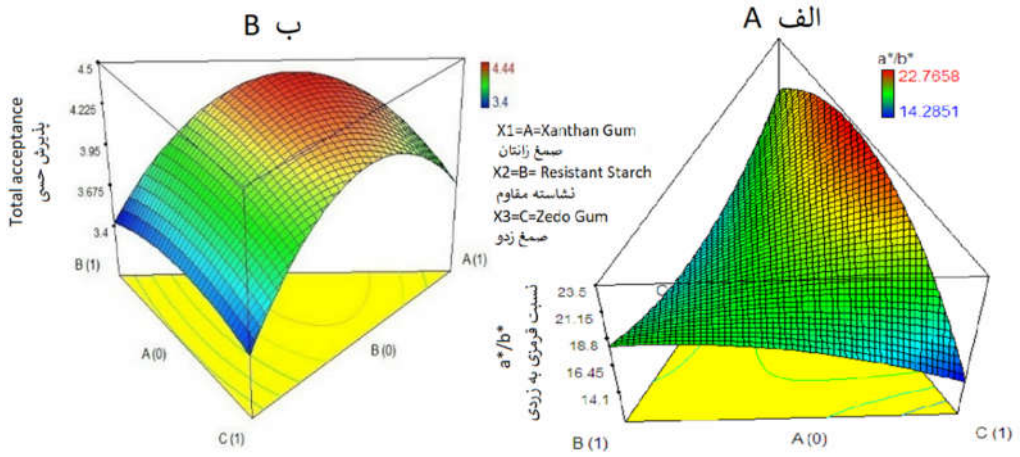
چسبندگی: با توجه به نتایج آزمون بافت‌سنجی (جدول ۳) بیشترین و کمترین میزان چسبندگی به ترتیب در نمونه‌های K1 (۳۷۰/۱) و K10 (۱۵۷/۵) مشاهده شد. همان‌طورکه در شکل ۴ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت صمغ زانتان، میزان چسبندگی نمونه‌های سس کچاپ افزایش یافت. اما با افزایش میزان صمغ زدو و نشاسته مقاوم چسبندگی نمونه‌ها روند کاهشی پیدا کرد. دلیل کاهش چسبندگی نمونه‌های حاوی صمغ زدو و نشاسته مقاوم احتمالاً به قابلیت جذب آب کمتر نشاسته مقاوم و صمغ زدو در مقایسه با صمغ زانتان مرتبط می‌باشد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشخص شد مناسب‌ترین مدل جهت برازش چسبندگی نمونه‌ها، مدل درجه دو بوده که ضریب تبیین بالایی (۰/۹۴) دارد. بر اساس جدول ۴ افزودن هریک از هیدروکلوئیدهای زانتان، زدو و نشاسته مقاوم تأثیر معنی‌دار بر چسبندگی نمونه‌ها دارد.



شکل ۴- الف) سطح مخلوط انسجام (الف) و چسبندگی (ب) نمونه‌های سس کچاپ حاوی صمغ زانتان، زدو و نشاسته مقاوم

Figure 4- Mixture surface of Cohesiveness (A) and Adhessiveness (B) of ketchup sauce samples containing Xanthan gum, Zedo gum and resistant starch

نسبت قرمزی به زردی (a*/b*) : بیشترین میزان a*/b* (۲۲/۷۶) در نمونه K8 (۰/۵ درصد صمغ زانتان و ۰/۵ درصد صمغ زدو) و کمترین آن (۱۴/۲۸) در نمونه K4 (یک گرم صمغ زدو) مشاهده شد (جدول ۳). همان‌طور که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود با افزایش میزان صمغ زدو مقدار a*/b* کاهش می‌یابد. این امر ممکن است به دلیل ماهیت رنگی صمغ زدو باشد. با توجه به این‌که صمغ زدو زرد رنگ بوده طبیعی است که باعث کاهش قرمزی سس کچاپ شود. از طرفی با افزایش مقدار صمغ زانتان و نشاسته مقاوم میزان a*/b* افزایش یافت؛ به طوری که با افزایش مقدار صمغ زانتان میزان قرمزی افزایش می‌یابد. نتایج تجزیه واریانس بیانگر این است که مدل درجه دو به دلیل ضریب تبیین بالا (۰/۹۹۳) مدل مناسب جهت برازش داده‌های حاصل از a*/b* می‌باشد.



شکل ۵- سطح مخلوط نسبت قرمزی به زردی (الف) و پذیرش کلی (ب) نمونه‌های سس کچاپ حاوی صمغ زانتان، صمغ زدو و نشاسته

Figure 5- Mixture surface of a*/b* (A) and Total acceptance (B) of ketchup sauce samples containing Xanthan gum, Zedo gum and resistant starch.

پذیرش کلی: بیشترین و کمترین میزان پذیرش کلی به ترتیب در نمونه‌های K7 (۴/۴۴) و K5 (۳/۴) مشاهد شد (جدول۳). در شکل ۵ نمودار سطح مخلوط پذیرش کلی نمونه‌های سس کچاپ نشان‌دهنده افزایش پذیرش کلی در قسمت میانی به‌ویژه هنگام استفاده از مقادیر مساوی از نشاسته مقاوم و صمغ زانتان می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس پارامتر پذیرش کلی نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر افزودن نشاسته مقاوم، صمغ زدو به فرمولاسیون سس کچاپ است (P<۰/۰۵) و مدل درجه دو، مدل مناسب و رضایت بخش جهت برازش نتایج حاصل از پذیرش کلی به دلیل ضریب تبیین بالاست (۰/۹۰۶). در این مورد ترکیب صمغ زانتان و صمغ زدو و همچنین صمغ زانتان و نشاسته مقاوم بیشترین تأثیر را داشته است.

بهینه سازی فرمولاسیون سس کچاپ: به‌منظور یافتن مقادیر بهینه هیدروکلوئیدهای مورد استفاده در فرمولاسیون سس کچاپ از نرم افزار Design Expert استفاده شد. فرمولاسیون بهینه تولید و ویژگی‌های آن مورد بررسی قرار گرفت. پس از تهیه فرمولاسیون بهینه، آزمون‌ها انجام شده و نتایج آن با نتایج مربوط به مقادیر بهینه مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۴). نتایج نشان داد که مدل بدست آمده به خوبی قادر به پیشگویی فرمولاسیون سس کچاپ است.

جدول ۴- مدل‌های پیش‌گو ویژگی‌های سس کچاپ بر اساس متغیرهای ترکیب

Table 4- Predicting models of ketchup sauce properties based on mixture variables

مقادیر به دست آمده از آزمایش واقعی Experimental values	مقادیر پیش گویی شده توسط مدل بهینه Predicted values	ضرایب مدل Model coefficients								فاکتور اندازه‌گیری شده Response
		R^2	X_{123}	X_{23}	X_{13}	X_{12}	X_3	X_2	X_1	
3.91[a]	3.96[a]	0.815	-1.3	0.19	0.13	0.15	3.92	3.95	3.94	pH
2.8[a]	3[a]	0.890	-	-	-	-	3.85*	6.85*	2.38*	قوام (cm) Consistency
16700[a]	15000[a]	0.840	-	-	-	-	10892*	6560*	18005*	ویسکوزیته Viscosity(cp)
0[a]	0[a]	0.760	-	-	-	-	13.37*	10.7*	6.96 *	آب اندازی (%) Serum separation
161[a]	134.53[b]	0.940	-	-	-	-	80.07**	70.73**	174.4**	سفتی Hardness(g)
295[a]	268.7[b]	0.940	-	-288.7	-80.22	-233.71	181.75*	242.62*	366.35*	چسبندگی(g.s) Adhesiveness
23.03[a]	23.03[a]	0.933	-	5.4*	22.98*	-11.14	14.18*	18.45*	19.78*	a*/b*
4[a]	4.18[a]	0.906	-	0.53	2.45*	3.5*	3.43	3.43	3.67	پذیرش کلی Total acceptability

*معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح یک درصد.

**Significant at 0.01 level and *Significant at 0.05 level

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، می‌توان از صمغ زدو به‌عنوان یکی از هیدروکلوئیدهای بومی ایران و نشاسته مقاوم به‌عنوان فیبر رژیمی جهت کاهش آب‌اندازی این سس پرطرفدار استفاده نمود. به‌کار بردن همزمان صمغ‌های زدو، زانتان و نشاسته مقاوم موجب جلوگیری از جداسازی سرم شد. اما استفاده تنها از صمغ زدو اثر مثبتی بر پایداری نمونه‌ها نداشت؛ به‌طوری‌که بیشترین آب اندازی در نمونه‌های حاوی صمغ زدو مشاهده شد. در نهایت با توجه به نتایج بهینه‌سازی فرمولاسیون و جمع‌بندی تمامی متغیرهای وابسته استفاده ترکیبی ازصمغ‌های زانتان، زدو و نشاسته مقاوم جهت استفاده در صنعت توصیه می‌شود.

References

1. Darabzadeh, N., Farahnaki, A., Majzoobi, M. and Mesbahi, GH. 2012. Comparison of behavior of local locast been gum with commercial locast been and tragacanth gum in ketchup formulation. Iranian Food Research Journal. 22: 2.113-121. (In Persian)
2. Homayouni, A., Amini, A., Keshtiban, AK., Mortazavian, AM., Esazadeh, K., Pourmoradian, S. 2014. Resistant starch in food industry: A changing outlook for consumer and producer. Starch/Stärke. 66:1-2. 102-14.
3. Khalesi, H., Alizadeh, M. and Rezazadbari, M. 2012. Physicochemical and functional properties of zedo gum exudates from Amygdalus scoparia Spach from Mian- Jangal in Fars province. Iranian Food Science and Technology Research J. 8: 3. 317-326. (In Persian)
4. Koocheki, A., Ghandi, A., Razavi, S. M.A., Mortazavi, S. A. and Vasiljevic, T. 2009. The rheological properties of ketchup as a function of different hydrocolloids and temperature. International J. of Food Science and Technology. 44. 596–602.
5. Mesbahi, G., Niakoosari, M., Savadkoohi, S. and Farahnaky, A. 2010. A Comparative Study on the Functional Properties of Carboxymethyl Cellulose Produced from Sugar-beet Pulp and Other Thickeners in Tomato Ketchup. J. of Food Science and Technology. 7: 3. 62-73. (In Persian)
6. Porretta, S,. Birzi, A,. Ghizzoni, C. and Vicini, E. 1995. Effects of ultra-high hydrostatic pressure treatments on the quality of tomato juice. Food Chemistry 52. 35-41.
7. Sahin, H. and Ozdemir, F. 2004. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. Food Hydrocolloids. 18. 1015–1022.
8. Shakiba, S., Khomeiri, M., Amiri, S. and Rezaei, R. 2018. Effect of xanthan gum and Ispharzeh and Basil seeds mucilage on the viscoelastic behavior of ketchup sauce. J. of Food Processing and Preservation. 9: 2. 85-100. (In Persian)