

(Original Research Paper)

Evaluation of Qualitative, Physicochemical and Sensory Characteristics of Peanut Butter Enriched with Date Pulp Using the Response Surface Method (RSM)

Seyyede Faezeh Safaei¹, Sara Jafarian^{2*}, Mojtaba Masoumi³, Mehdi Sharifi Soltani⁴, Leila Roozbeh Nasiraie²

1- Ph.D Student of Food Science and Technology, Noor Branch, Islamic Azad University, Noor, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Noor Branch, Islamic Azad University, Noor, Iran.

3-Assistant professor, Department of Chemical Engineering, Noor Branch, Islamic Azad University, Noor, Iran.

4-Assistant Professor, Department of Food Hygiene, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran.

Received:24/04/2023

Accepted:22/06/2023

DOI: [10.71810/jfst.2025.1004754](https://doi.org/10.71810/jfst.2025.1004754)

Abstract

Nowadays, the desire of consumers to know the active role of functional foods in human health have increased which increases the life extension and prevents the occurrence of digestive diseases, which increases the shelf life of food. Accordingly, the aim of this research was to investigate the beneficial product of peanut butter enriched with date pulp and to evaluate its physicochemical and sensory properties. The amount of roasted peanut in the range of 25-75%, date paste in the range of 15-25% and finally lecithin in the range of 0-1% were evaluated in three levels. The results of this research showed that the most important parameter among other treatments was the percentage of roasted peanuts (X_1). The results of the measurement of unsaturated fatty acid of peanut butter under the influence of the independent variable of the amount of peanut paste alone had the greatest effect on the oleic acid content. The independent variable effect of peanut paste content alone on the firmness of the butter texture and its structural integrity was significant at the 5% level, while the effect of other performance variable parameters was not significant. The quadratic model for evaluating the content of total phenolic compounds was statistically significant ($P < 0.01$), while the lack of fit test showed non-significance ($P > 0.05$), which indicates the suitability of the fitted model. Finally, the highest and lowest sensory evaluation scores were related to the content samples (75% peanut paste, 20% date paste and 0.5% lecithin) and (25% peanut paste, 15% date paste and absence of lecithin) respectively.

Keywords: Peanut Butter, Response level, Physicochemical Properties, Qualitative Properties.

* Corresponding Author: Drsjafarian@yahoo.com

(مقاله پژوهشی)

ارزیابی خصوصیات کیفی، فیزیکی و شیمیایی و حسّی کره بادام زمینی غنی شده با خمیر خرما با روش سطح پاسخ (RSM)

سیده فائزه صفائی^۱، سارا جعفریان^{۲*}، مجتبی معصومی^۳، مهدی شریفی سلطانی^۴، لیلا روزبه نصیرایی^۲

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران.

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران.

۳- استادیار، گروه مهندسی شیمی، واحد آمل، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۴- استادیار، بهداشت مواد غذایی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۴

DOI: [10.71810/jfst.2025.1004754](https://doi.org/10.71810/jfst.2025.1004754)

چکیده

امروزه تمایل مصرف کنندگان به طور روز افزون به دلیل دانستن نقش فعال مواد غذایی عملگرا در سلامت انسان افزایش یافته است، که این امر ضمن افزایش طول عمر و جلوگیری از بروز بیماری های گوارشی سبب گسترش زمان ماندگاری مواد غذایی می گردد. بر این اساس هدف از این پژوهش، بررسی محصول فراسودمند کره بادام زمینی غنی شده با خمیر خرما و ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و حسّی آن تحت تاثیر سه متغیر مستقل مقدار خمیر بادام زمینی در محدوده ۲۵-۷۵ درصد، خمیر خرما در محدوده ۱۵-۲۵ درصد و در نهایت مقدار لیستین در محدوده ۰-۱ درصد در سه سطح مورد ارزیابی بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، مهمترین پارامتر در بین سایر تیمارها تاثیر درصد خمیر بادام زمینی برشته شده بود. نتایج حاصل از اندازه گیری اسید چرب غیر اشباع کره بادام زمینی تحت تاثیر متغیر مستقل مقادیر خمیر بادام زمینی به تنهایی بیشترین تاثیر را بر محتوی اولئیک اسید داشت. اثر متغیر مستقل خمیر بادام زمینی به تنهایی بر سفتی بافت کره و انسجام ساختاری آن در سطح ۵٪ معنی دار بود در حالی که تاثیر سایر پارامترهای متغیر عملکرد معنی داری نداشتند. مدل درجه دوم برای ارزیابی محتوی ترکیبات فنولی کل از نظر آماری معنی دار بود ($P < 0.01$)، در حالی که آزمون ضعف برازش عدم معنی داری ($P > 0.05$) را نشان داد که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. در نهایت بیشترین و کمترین امتیاز ارزیابی حسّی به ترتیب مرتبط با نمونه های محتوی (۷۵ درصد خمیر بادام زمینی، ۲۰ درصد خمیر خرما و ۰/۵ درصد لیستین) و (۲۵ درصد خمیر بادام زمینی، ۱۵ درصد خمیر خرما و عدم حضور لیستین) بود.

واژه های کلیدی: کره بادام زمینی، سطح پاسخ، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، خصوصیات کیفی.

۱- مقدمه

با افزایش تاکید روی سلامت جامعه و پیشگیری از بیماری‌ها و مقرر ساختن تکلیف فردی برای توجه به سلامت، افزایش آگاهی مصرف کنندگان، توجه به میزان دریافت مواد مغذی از رژیم روزانه و پیشرفت دانش غذا و فناوری مربوط به آن نگرش تحقیقات و پژوهش‌های غذایی را تغییر داده است. بر این اساس این تحولات و دانش حاصل از آن منجر به پیشنهاد واژه جدیدی در علم غذایی به نام غذاهای عملگرا گردید (۳۰). غذاهای عملگرا آن دسته از غذاها یا اجزا رژیم غذایی هستند که علاوه بر مواد مغذی نظیر کربوهیدرات، پروتئین، چربی، ویتامین و مواد معدنی اثرات سودمندی نیز بر سلامتی انسان دارند و بنابراین سبب ارتقا سلامت و بهبود کیفیت و کمیت زندگی می‌شوند. بادام زمینی (*Arachis hypogaea L.*) یکی از شناخته شده‌ترین محصولات کشاورزی و متعلق به خانواده *Fabaceae* است که بخش عمده‌ای از آن در آسیا تولید می‌گردد، همچنین به لحاظ ترکیبات مغذی سرشار از پروتئین، روغن، فیبر و منابع آلی غنی از کلسیم، تیامین و نیاسین است (۱۳). بادام زمینی مهمترین دانه روغنی است که در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری کشت شده و به دلیل ارزش غذایی (غنی از پروتئین و چربی) و دارویی بالایی که برخوردار است، جایگاه اقتصادی ویژه‌ای در حوزه روغن‌کشی دارد. بادام زمینی نمک زده و برشته شده (یکی از مراحل اصلی تولید) مشابه اسنک‌های خوراکی یکی از محبوبترین اقلام‌های غذایی به شمار می‌آید (۳۲). کره بادام زمینی به عنوان یکی از غذاهای عملگرا متشکل از سوسپانسیونی متراکم از ترکیبات جامد معلق در فاز روغن هستند (۳۳). این محصول یکی از پرمصرف‌ترین و مهمترین مواد غذایی پخش پذیر با خصوصیات حسی طعم و احساس دهانی مطلوب در دنیا است، امروزه نرخ تولید صنعتی این محصول عمدتاً به صورت برشته و آسیاب شده در حال افزایش است (۱۳، ۳۳). کره بادام زمینی از جمله محصولات صنایع تبدیلی بادام زمینی است که به دلیل ویژگی‌های

تغذیه‌ای و طعم مطلوب، گزینه مناسبی برای رونق بخشی به این صنایع می‌باشد. این محصول خمیری شکل از مخلوط نمودن خمیر بادام زمینی، شیرین کننده، امولسیفایر و ترکیبات طعم دهنده حاصل می‌گردد، خصوصیات تغذیه‌ای آن کاملاً مشابه بادام زمینی برشته شده و ویژگی‌های حسی آن به فرمولاسیون و روش تولید آن وابسته است. کره بادام زمینی به دلیل ارزش غذایی بالا و غنی بودن از پروتئین و ویتامین‌هایی همچون ویتامین E، نیاسین، آنتی‌اکسیدان‌ها و اسید فولیک مورد توجه قرار گرفته است. همچنین فیتواسترول، توکوفرول و ترکیبات فنولی موجود در این مغز از ریسک بسیاری از انواع سرطان، بیماری قلبی و انواع بیماری‌های مزمن می‌کاهد (۲۹). در تولید یک ماده‌ی غذایی با کیفیت، حفظ شاخص‌های کیفی در محصول نهایی نظیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، رئولوژیکی و ارگانولپتیک بر روی مدت زمان ماندگاری آن ماده‌ی غذایی ضروری است. کره بادام زمینی با کیفیت در حضور خمیر خرما (محصول غنی شده) سبب بهبود قابلیت پخش‌پذیری می‌گردد و تاثیر مستقیمی بر روی گرانروی و رفتار جریان آن خواهد داشت (۱۱). رواقی و خدابخشیان (۱۴۰۰)، به ارزیابی اثر دما و مدت زمان نگهداری بر اکسیداسیون کره بادام زمینی پرداختند که حضور اسیدهای چرب غیراشباع بالا در کره بادام زمینی بستر را بسیار مستعد به اکسیداسیون نمود، بطور کلی دما و زمان اثر تشدیدکنندگی بر افزایش اسیدیته و عدد پاراآنیزیدین داشته و مجموعه این تغییرات باعث کاهش ویژگی‌های کیفی محصول نهایی گردید. همچنین پایش عدد پراکسید به تنهایی شاخص مناسبی در بررسی کیفی کره بادام زمینی محسوب نمی‌شود. اکسایش لیپیدها یکی از عوامل مهم در ماندگاری محصولات غذایی است و معمولاً با کاهش ارزش تغذیه‌ای، اثرات نامطلوب بر طعم و رنگ و تولید ترکیبات سمی همراه است (۳). با توجه به اهمیت تضمین سلامت و ارزش غذایی محصول برای مصرف کننده، هدف از این پژوهش، بررسی

۲-۲-۴- بررسی ویژگی های رنگی

L قرار گرفت. با فعال کردن فضای Lab در بخش Plugins، شاخص های فوق محاسبه شد (۳۲). همچنین برآیند اختلاف رنگی (TCD) نیز از معادله (۱) تعیین گردید، که در آن L^* ، a^* و b^* ابعاد رنگ مربوط به کره بادام زمینی غنی شده با خمیر خرما و L_0^* ، a_0^* و b_0^* ابعاد رنگ مربوط به خمیر بادام زمینی تجاری (شاهد) بود.

آنالیز رنگ کره بادام زمینی غنی شده با خرما، از طریق تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^* صورت پذیرفت. جهت اندازه گیری این شاخص ها ابتدا سطح مسطحی در ابعاد ۴ در ۴ سانتی متر از کره بادام زمینی در یک صفحه پخش گردید و به وسیله اسکنر (مدل، HP Scanjet G3010) با وضوح ۶۰۰ پیکسل تصویر برداری شد، سپس تصاویر در اختیار نرم افزار Image

$$\text{TCD} = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad \text{معادله (۱)}$$

رادیکال های چربی دوستی بوده که دارای جذب بیشینه در طول موج ۵۱۷ نانومتر است. در آزمون DPPH گروه های هیدروکسیل ترکیبات آنتی اکسیدانی با دادن اتم هیدروژن (H) به رادیکال های آزاد DPPH منجر به کاهش مولکول های آن می گردند که با تغییر رنگ محلول واکنش از رنگ بنفش تیره به زرد روشن همراه خواهد بود. در نتیجه جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر بیانگر مقدار DPPH باقی مانده می باشد (۳۴). درصد مهار رادیکال آزاد (DPPH) با معادله (۲) محاسبه گردید.

$$\text{Scavenging ability (\%)} = \left[1 - \frac{As}{Ac}\right] \times 100 \quad \text{معادله (۲)}$$

۲-۲-۵- ارزیابی شاخص های آنتی اکسیدانی
مقدار ترکیبات فنولی موجود در خمیر بادام زمینی غنی شده با خمیر خرما توسط رنگ سنجی فولین-سیوکالتو مورد بررسی قرار گرفت. در این روش مقدار کل ترکیبات فنولی بر حسب میلی گرم اسید گالیک در گرم کره بیان گردید (۳۱). اساس کار در این روش احیاء معرف فولین-سیوکالتو توسط ترکیبات فنولی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ که حداکثر جذب را در طول موج ۷۶۰ نانومتر نشان داد. خاصیت مهارکنندگی رادیکال های آزاد (DPPH)، جز

As: میزان جذب نمونه در طول موج ۵۱۷ نانومتر

Ac: میزان جذب نمونه شاهد در طول موج ۵۱۷ نانومتر

مذاب از نوع فاز پیوندی، طول ستون ۳۰ متر، قطر داخلی ستون ۰/۲۲ میلی متر، قطر فاز ساکن ۰/۲۵ میکرون و فاز متحرک از گاز هلیوم با درصد خلوص ۹۹/۹۹۹ و با سرعت جریان ۱ میلی لیتر بر دقیقه با دمای ستون ۱۶۰ درجه سانتی گراد طی مدت ۶ دقیقه تنظیم شد و آنالیز آن با دستگاه گاز کروماتوگرافی با دمای آشکار ساز ۳۰۰ درجه سانتی گراد و کروماتوگرام نمونه تزریقی توسط دستگاه ترسیم شد. در نهایت اطلاعات موجود در پایگاه داده های دستگاه GC/MS مورد تحلیل قرار گرفت.

۲-۲-۶- ارزیابی محتوی اسید اولئیک در کره بادام زمینی با GC/MS

چربی های غیر اشباع غالب موجود در کره بادام زمینی عمدتاً از اسید اولئیک (C18:1) با محدوده ۵۰ تا ۶۰ درصد و اسید لینولئیک (C18:2) محتوی ۱۸ تا ۳۰ درصد تشکیل شده اند. برای تعیین دقیق میزان اسید چرب غیر اشباع اسید اولئیک (Octadec-9-enoic acid) مطابق روش متکلف و همکاران (۱۹۶۶) با کمی تغییر انجام شد. ۰/۲ میکرو لیتر از نمونه کره بادام زمینی مشتق سازی شده تحت شرایط ستون سیلیکای

۲-۲-۲- ارزیابی حسی کره بادام زمینی

بررسی خصوصیات حسی محصول نهایی نظیر شاخص‌های طعم، بافت و رنگ که بعنوان پارامترهای مکمل جهت تعیین پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفت. پذیرش مقبولیت کلی (Overall acceptability) از برآیند خصوصیات حسی کره بادام زمینی غنی شده با خرما توسط ۱۱ متخصص غذایی آموزش دیده از طریق آزمون چشایی بر اساس روش اسحاقی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از آزمون امتیازدهی هدونیک ۵ نقطه‌ای (از ۵ برای بسیار خوب تا ۱ برای بسیار بد) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در بین نمونه‌ها از آب برای نوشیدن و پاک کردن دهان از طعم نمونه قبلی استفاده شد. در نهایت با اعمال ضریب ارزشیابی برای هر صفت، پذیرش کلی کیفیت کره بادام زمینی غنی شده با خرما با استفاده از معادله (۳) محاسبه گردید (۵).

$$Q = \frac{\sum (P \times G)}{\sum P} \quad \text{معادله (۳)}$$

Q = پذیرش کلی (عدد کیفیت کره بادام زمینی)، P = ضریب رتبه صفات و G = ضریب ارزیابی صفات.

آنالیز نتایج به روش سطح پاسخ بر اساس طرح مکعب مرکزی با ۳ تکرار در نقطه مرکزی با استفاده از نرم افزار Design Expert نسخه ۹ صورت گرفت. پاسخ‌های مورد بررسی (Y)، شامل خصوصیات رنگی و پذیرش کلی محصول تولیدی تحت تأثیر سه متغیر مستقل مقدار خمیر بادام زمینی در محدوده ۲۵-۷۵ درصد (X_1)، خمیر خرما در محدوده ۱۵-۲۵ درصد (X_2) و در نهایت مقدار لیستین در محدوده ۰-۱ درصد (X_3) در سه سطح ارزیابی گردید. در مجموع ۱۷ آزمایش توسط نرم افزار Design Expert نسخه ۹ پیشنهاد گردید. سایر عناصر تشکیل دهنده کره بادام زمینی شامل شربت ذرت، دکستروز، نمک، روغن گیاهی هیدروژنه و آب در تمامی تیمارها ثابت در نظر گرفته شد. بر اساس آنالیز مذکور برای هر یک از پاسخ‌های مورد ارزیابی نیز یک مدل چند متغیره (معادله ۴) برای پیش‌بینی اثر متغیرها تعریف شد که در آن β_0 ضرایب ثابت، β_1 ، β_2 ، β_3 ضرایب خطی، β_{11} ، β_{22} ، β_{33} اثرات مربعی و β_{12} ، β_{13} ، β_{23} اثرات متقابل می‌باشند (۲۵). به منظور تحلیل آماری نتایج به دست آمده از آزمون‌های مختلف منطبق با روش سطح پاسخ و در سطح احتمال خطای ۰/۰۵ انجام شد و مدل رگرسیونی مناسب برای پیش‌بینی هر یک از خصوصیات (پاسخ‌ها) مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱).

۲-۲-۸- آنالیز آماری

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad \text{معادله (۴)}$$

جدول ۱- چیدمان واقعی متغیرهای مستقل در این پژوهش

تیمار	بادام زمینی (%)	خمیر خرما (%)	لیستین (%)	تیمار	بادام زمینی (%)	خمیر خرما (%)	لیستین (%)
۱	۷۵	۱۵	۰	۱۰	۲۵	۲۵	۰
۲	۲۵	۲۰	۰/۵	۱۱	۵۰	۲۰	۰/۵
۳	۲۵	۱۵	۱	۱۲	۵۰	۲۰	۰
۴	۷۵	۲۵	۰	۱۳	۵۰	۱۵	۰/۵
۵	۲۵	۲۵	۱	۱۴	۵۰	۲۵	۰/۵
۶	۵۰	۲۰	۰/۵	۱۵	۷۵	۱۵	۱
۷	۵۰	۲۰	۱	۱۶	۲۵	۱۵	۰
۸	۷۵	۲۰	۰/۵	۱۷	۷۵	۲۵	۱
۹	۵۰	۲۰	۰/۵				

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی تناسب مدل براساس ضعف برازش داده-

های پاسخ

براساس نتایج حاصل از پژوهش که در روش سطح پاسخ (RSM) ذکر شده، برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می‌گردد. به منظور ارزیابی صحت مدل‌های برازش یافته، آزمون ضعف برازش (Lack of fit)، ضریب تغییرات (coefficient of variation)، مقادیر R^2 (adj)، R^2 (P) (value) ضرایب تعیین شدند. بر این اساس مدل خطی برای پیشگویی رفتار پاسخ‌ها، مدلی مناسب تشخیص داده شد ولی در مورد صفت ارزیابی حسی، مدل درجه دوم، خصوصیات

پذیرش کلی محصول تولیدی را بهتر توصیف می‌نماید. در مدل‌های گزینش شده، آزمون عدم برازش برای تمام صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود ($P < 0.05$)، که این مسئله در واقع بیانگر این بوده که مدل‌های انتخابی به خوبی روند داده‌ها را نشان می‌دهند. مقادیر ضریب تبیین (R^2) نیز نشانگر تغییرات توصیف شده توسط مدل به تغییرات کل بیان می‌گردد که معیاری از درجه تناسب مدل برازش یافته می‌باشد (۱۶). بر این اساس تناسب تمام مدل‌های حاصل از پاسخ‌های مذکور تحت فعالیت پارامترهای متغیر مستقل در جدول (۲) به اختصار ذکر گردید.

جدول ۲- آنالیز ANOVA و تحلیل آزمون ضعف برازش مدل‌های چند متغیره برای پاسخ‌های این پژوهش

منبع آزمون	DF	سفتی بافت (N)			برآیند رنگ			پذیرش کلی		
		Coefficient	Sum of squares	p-Value	Coefficient	Sum of squares	p-Value	Coefficient	Sum of squares	p-Value
Model	۹	۵/۵۹	۶۹/۶۶	۰/۰۰۰۱	۵/۸۶	۲۳۲/۲۷	۰/۰۰۰۱	۴/۰۷	۲/۹۴	۰/۰۰۰۲
Linear										
X ₁	۱	-۲/۶۰	۶۷/۷۶	۰/۰۰۰۱	-۴/۷۹	۲۲۹/۱۵	۰/۰۰۰۱	۰/۵۱	۲/۶۰	۰/۰۰۰۱
X ₂	۱	-۰/۰۹۴	۰/۰۸۸	۰/۱۷۱۴	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۴۷۲۰	-۰/۰۲۰	۰/۰۰۰۴	۰/۶۱۷۴
X ₃	۱	۰/۰۷۶	۰/۰۵۸	۰/۴۵۵۳	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۳۲	۰/۹۰۷۰	۰/۰۳۰	۰/۰۰۰۹	۰/۴۵۸۸
Quadratic										
X ₁₁	۱	۰/۲۷	۰/۱۹	۰/۱۹۹۸	۱/۱۳	۱/۹۱	۰/۰۵۸۶	۰/۲۰	۰/۱۱	۰/۰۳۰۸
X ₂₂	۱	۰/۰۴۴	۰/۰۰۵۲۴	۰/۸۲۲۸	۱/۸۴	۱۹۰	۰/۰۲۲۰	-۰/۰۵۱	۰/۰۰۶۳	۰/۵۱۴۹
X ₃₃	۱	۰/۱۸	۰/۰۹۱	۰/۳۶۵۰	-۰/۰۷۳	۰/۰۱۴	۰/۸۰۶۰	-۰/۱۰	۰/۰۲۷	۰/۲۱۵۴
Interaction										
X ₁₂	۱	-۰/۲۵	۰/۵۲	۰/۰۴۲۶	-۰/۰۸۸	۰/۰۶۱	۰/۶۱۴۸	-۰/۰۸۷	۰/۰۶۱	۰/۰۸۰۱
X ₁₃	۱	۰/۰۹۰	۰/۰۶۸	۰/۴۴۰۴	۰/۲۱	۰/۳۶	۰/۲۴۱۸	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱۲	۰/۷۷۸۷
X ₂₃	۱	-۰/۲۳	۰/۴۳	۰/۰۷۲۵	-۰/۱۸	۰/۲۶	۰/۳۱۴۷	-۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۰۱۴۸
Residual	۷		۰/۶۸			۱/۵۵			۱/۱۵	
Lack of fit	۵		۰/۵۱	۰/۵۱۳۴		۱/۵۱	۰/۰۸۱۸		۰/۱۰	۰/۱۵۴۷
Pure error	۲		۰/۱۷			۰/۰۳۶			۰/۰۹۶	
Total	۱۶		۷۰/۳۴			۲۳۳/۸۱			۳/۰۴	
R ²		۰/۹۹۰۴			۰/۹۹۳۴			۰/۹۶۶۳		
Adj- R ²		۰/۹۷۸۰			۰/۹۸۴۹			۰/۹۲۲۹		
CV		۵/۲۹			۷/۹۳			۲/۹۵		

جدول ۲- آنالیز ANOVA و تحلیل آزمون ضعف برازش مدل‌های چند متغیره برای پاسخ‌های این پژوهش

منبع آزمون	DF	پیوستگی (N/s)			محتوی فنول		
		Coefficient	Sum of squares	p-Value	Coefficient	Sum of squares	p-Value
Model	۹	۰/۳۰	۰/۰۶۱	۰/۰۰۰۱	۱۰۷/۵۲	۵۳۴۶/۵۲	۰/۰۱۳۱
Linear							
X ₁	۱	-۰/۰۷۷	۰/۰۶۰	۰/۰۰۰۱	-۲۲/۶۴	۵۱۲۴/۳۴	۰/۰۰۰۲
X ₂	۱	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۱۸	۰/۱۲۴۸	-۱/۸۸	۳۵/۳۸	۰/۵۶۵۳
X ₃	۱	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۲۶	۰/۰۷۷۵	-۱/۲۱	۱۴/۵۲	۰/۷۱۰۶
Quadratic							
X ₁₁	۱	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۵۰	۰/۷۸۱۵	۶/۰۲	۹۷/۰۳	۰/۳۵۱۰
X ₂₂	۱	-۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۸۴	۰/۲۷۶۲	-۲/۲۳	۱۴/۵۷	۰/۷۱۰۱
X ₃₃	۱	۰/۰۰۸۳	۰/۰۰۱۸	۰/۱۲۲۳	-۱/۷۰	۷/۷۶	۰/۷۸۵۷
Interaction							
X ₁₂	۱	-۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۲۳	۰/۰۹۲۳	-۰/۹۲	۶/۸۳	۰/۷۹۸۶
X ₁₃	۱	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۴۵	۰/۴۱۷۶	۲/۴۶	۴۸/۴۶	۰/۵۰۲۹
X ₂₃	۱	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۴۵	۰/۴۱۷۶	-۱/۵۶	۱۹/۵۶	۰/۶۶۷۳
Residual	۷		۰/۱۷			۶۸۰/۴۱	
Lack of fit	۵		۰/۱۶	۰/۴۰۶۳		۲۰۲/۱۷	۰/۹۵۱۹
Pure error	۲		۰/۰۱۲			۴۷۸/۲۴	
Total	۱۶		۸/۱۴			۶۰۲۶/۹۴	
R ²		۰/۹۹۳۱			۰/۸۸۷۱		
Adj- R ²		۰/۹۸۴۲			۰/۷۴۲۰		
CV		۲/۵۵			۹/۰۷		

ادامه جدول ۲- آنالیز ANOVA و تحلیل آزمون ضعف برازش مدل های چند متغیره برای پاسخ های این پژوهش

منبع آزمون	DF	DPPH			اولنیک اسید		
		Coefficient	Sum of squares	p-Value	Coefficient	Sum of squares	p-Value
Model	۹	۱۲۳/۷۶	۱۸۰۶/۵۰	۰/۰۰۰۲	۳۸/۵۱	۲۰۱۶/۲۲	۰/۰۰۰۱
Linear							
X ₁	۱	-۱۲/۷۲	۱۶۱۸/۷۵	۰/۰۰۰۱	۱۴/۱۴	۲۰۰۰/۲۴	۰/۰۰۰۱
X ₂	۱	۲/۱۳	۴۵/۲۸	۰/۰۵۳۲	۱/۱۴	۱۲/۸۸	۰/۰۰۵۳
X ₃	۱	۰/۷۱	۵/۰۶	۰/۴۶۳۱	۰/۸۹	۱/۳۴	۰/۲۴۰۰
Quadratic							
X ₁₁	۱	۲/۷۵	۲۰/۳۰	۰/۱۶۳۲	۰/۴۸	۰/۶۳	۰/۴۰۹۱
X ₂₂	۱	۰/۲۷	۰/۱۹	۰/۸۸۴۲	-۰/۰۷۷	۰/۰۱۶	۰/۸۹۳۴
X ₃₃	۱	۱/۴۶	۵/۵۳	۰/۴۳۵۹	-۰/۵۶	۰/۸۴	۰/۳۴۱۸
Interaction							
X ₁₂	۱	-۲/۶۶	۵۶/۵۵	۰/۰۳۵۶	-۰/۲۸	۰/۶۳	۰/۴۰۸۸
X ₁₃	۱	۱/۳۹	۱۵/۴۸	۰/۲۱۶۵	-۰/۰۲۸	۰/۰۰۶۰	۰/۹۳۳۷
X ₂₃	۱	۰/۶۴	۳/۲۶	۰/۵۵۲۶	۰/۰۹۰	۰/۰۶۵	۰/۷۸۵۸
Residual	۷		۵۸/۷۵			۵/۶۹	
Lack of fit	۵		۵۱/۷۲	۰/۲۷۳۰		۳/۲۹	۰/۷۴۶۱
Pure error	۲		۷/۰۳			۲/۴۰	
Total	۱۶		۱۸۶۵/۲۵			۲۰۲۲/۰۱	
R ²		۰/۹۶۸۵			۰/۹۹۷۲		
Adj- R ²		۰/۹۲۸۰			۰/۹۹۳۶		
CV		۲/۲۹			۲/۳۵		

برازش بود. این پارامترها نشان دهنده مناسب یا نامناسب بودن مدل نیز می باشد. هر چقدر مقدار مطلق F بزرگتر و مقدار P کوچکتر باشند، میزان معنی داری برای هر پارامتر به تنهایی و نیز اثرات متقابل آنها بیشتر خواهد بود (۹).

۲-۳- بررسی نتایج خصوصیات شیمیایی و میکروبی کره بادام زمینی

نتایج حاصل از بررسی خصوصیات شیمیایی کره بادام زمینی غنی شده با خمیر خرما مورد استفاده در این پژوهش (درصد رطوبت، چربی، قند، خاکستر، نمک و پروتئین) براساس استاندارد (۲۰۱۰، AACC) در جدول (۳) آمده است. مطابق با نتایج به دست آمده بیشترین درصد ترکیبات متعلق به چربی

با توجه به تجزیه تحلیل جدول ANOVA در پاسخ های حاصل این پژوهش نشان داد که تاثیر تیمار درصد بادام زمینی برشته شده (X₁) در سطح ۵ درصد عملکرد معنی داری داشته و به عنوان مهمترین تیمار در بین سایر تیمارها ارزیابی گردید. لازم به ذکر است که از نظر آماری مدل مناسب است که آزمون ضعف برازش آن معنی دار نبوده و دارای بالاترین مقدار R² adjusted و R² predicted باشد. با بررسی عدم ضعف برازش مدل (Lack of fit) و ارزیابی آزمون F جهت تایید واریانس به دست آمده از مدل رگرسیونی تصدیق شده برای هر پارامتر مستقل در این پژوهش بالاترین ضریب همبستگی حاصل گردید. مهمترین قسمت در جدول تحلیل آماری در بخش آنالیز واریانس ها، پارامترهای به نام ضعف

و اندیس یدی در محصول نهایی ($73/5 \text{ g}/100 \text{ g}$) در حالت تازه خوری حاصل شد. مقادیر مربوط به ترکیبات شیمیایی موجود در کره بادام زمینی تهیه شده با نتایج گزارش شده توسط ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵) و رواقی و خدابخشیان (۱۴۰۰) روی بادام زمینی واریته هندی کشت شده تقریباً همخوانی داشت.

و بعد از آن پروتئین بود. در صورت نامناسب بودن شرایط نگهداری (دماهای بالاتر از دمای اتاق) به سرعت کیفیت ظاهری و بافتی خود را از دست می‌دهند، در واقع رنسیدیتی و اکسیداسیون در بافت کره بدلیل درصد اسیدهای چرب غیر اشباع بالا صورت می‌گیرد. نتایج شاخص عدد اسیدی نمونه کره بادام زمینی ($0/37$ درصد)، پراکسید ($0/95 \text{ meqO}_2/\text{kg}$)

جدول ۳- ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی کره بادام زمینی غنی شده با خرما پس از تولید

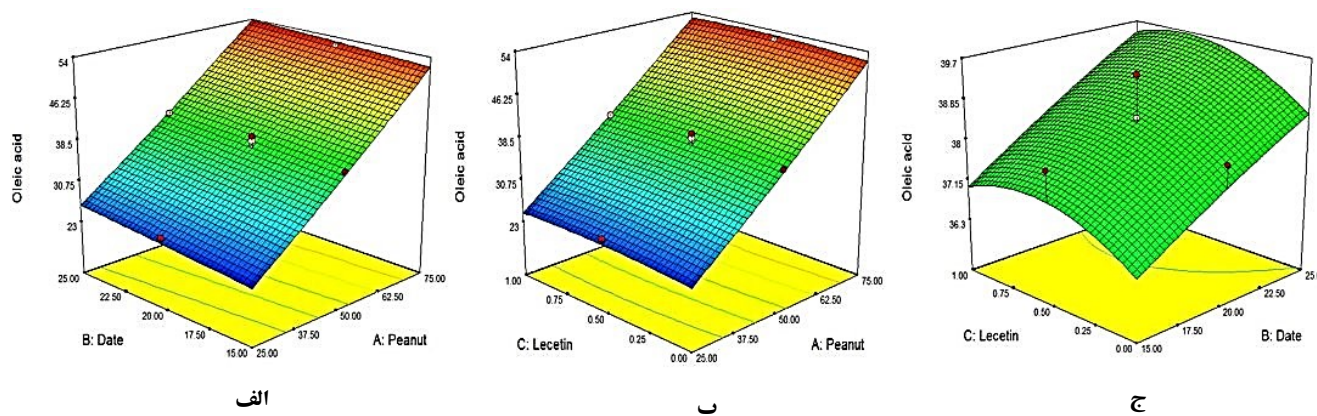
رطوبت (%)	چربی (%)	قند (%)	خاکستر (%)	نمک (%)	پروتئین (%)	جمعیت میکروبی کل (Cfu/g)	کلی فرم	کپک و مخمر (Log Cfu/g)
$0/51 \pm 0/03$	$57/11 \pm 0/24$	$3/74 \pm 0/16$	$2/39 \pm 0/21$	$0/02 \pm 0/01$	$23/17 \pm 0/27$	۲۶۰۰۰	negative	۱۰

۵٪ معنی‌دار نبود (شکل ۱-ب). همچنین در (شکل ۱-ج) اثر متقابل خمیر خرما به همراه لستین تاثیر معنی‌داری در کاهش میزان اسید اولئیک کره بادام زمینی نداشت. نهایتاً مدل چند متغیره درجه دوم معادله (۵) جهت پیش‌بینی اثر متغیرهای مستقل مقدار خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3) و همچنین اثر متقابل (X_1X_2)، (X_1X_3) و (X_2X_3) و همچنین اثرات درجه دوم (X_{11})، (X_{22}) و (X_{33}) بر میزان سفتی بافت کره بادام زمینی ضریب همبستگی $R^2=0/99$ و ضریب تغییرات $2/35$ به دست آمد که با ارزیابی ضعف برازش، تناسب مدل مذکور در معادله ۵ نیز تأیید گردید.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان اسید اولئیک کره بادام زمینی تحت تاثیر متغیر مستقل در جدول ۲ نشان داد که خمیر بادام زمینی (X_1) به تنهایی بیشترین تاثیر را بر محتوی اولئیک اسید داشت که این عملکرد در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. در حالی که تاثیر افزایش محتوی خمیر خرما با افزایش مقدار خمیر بادام زمینی در افزایش میزان اسید اولئیک کره بادام زمینی به شکل خطی و در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (شکل ۱-الف). همچنین اثر متقابل افزایش درصد خمیر خرما خصوصاً در غلظت بالاتر خمیر بادام زمینی سبب تغییر در آزادسازی اسید اولئیک کره بادام زمینی گردید که این تغییرات در سطح

معادله (۵)

$$\text{Oleic acid} = 38.51 + 14.14 X_1 + 1.14 X_2 + 0.37 X_3 - 0.28 X_1X_2 - 0.028 X_1X_3 + 0.090 X_2X_3 + 0.48 X_1^2 - 0.077 X_2^2 - 0.56 X_3^2$$



شکل ۱- مقادیر اسید اولئیک کره بادام زمینی تحت تاثیر پارامترهای مستقل شامل خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3).

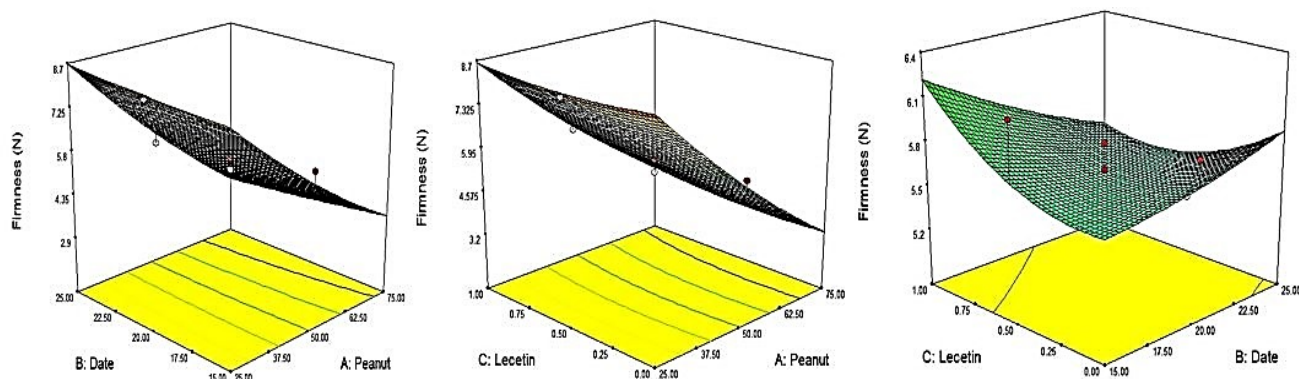
مقدار خمیر بادام زمینی در کاهش میزان سفتی بافت کره بادام زمینی به شکل خطی و در سطح ۵٪ معنی دار بود (شکل ۲-الف). همچنین اثر متقابل افزایش درصد امولسیفایر لستین خصوصاً در غلظت بالاتر خمیر بادام زمینی سبب کاهش در سفتی بافت نمونه کره بادام زمینی گردید که این تغییرات در سطح ۵٪ عدم معنی داری را نشان داد (شکل ۲-ب). همچنین مطابق شکل (۲-ج) اثر متقابل خمیر خرما به همراه لستین تاثیر معنی داری در کاهش استحکام بافت کره بادام زمینی نداشت. بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (۲)، معنی داری تاثیر درصد محتوی خمیر بادام زمینی بر سفتی بافت کره با افزایش خمیر خرما در سطح $P < 0.05$ تایید گردید. نهایتاً مدل چند متغیره درجه دوم معادله (۶) جهت پیش بینی اثر متغیرهای مستقل مقدار خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3) و همچنین اثر متقابل (X_1X_2)، (X_1X_3) و (X_2X_3) و همچنین اثرات درجه دوم (X_{11})، (X_{22}) و (X_{33}) بر میزان سفتی بافت کره بادام زمینی ضریب همبستگی $R^2 = 0.99$ و ضریب تغییرات ۵/۲۹ به دست آمد که با ارزیابی ضعیف برازش، تناسب مدل مذکور در معادله ۶ نیز تائید گردید.

اولئیک اسید به عنوان یکی از مهمترین اسید چرب های غیر اشباع کره بادام زمینی است. اسیدهای چرب تک غیراشباع، کلسترول با دانسیته پایین را کاهش می دهند، پروفایل لیپیدی خون را بهبود می بخشند و باعث کاهش ریسک بیماری های قلبی-عروقی مانند حمله قلبی و تصلب شرایین می شوند. این اسیدهای چرب با کاهش چربی های شکمی در کاهش وزن مؤثرند. اسیدهای چرب چند غیراشباع محتوی اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶ هستند. آلفا لینولنیک اسید نوعی اسید چرب امگا ۳ است که مانع از بروز فشار خون، بیماری های قلبی عروقی و لخته شدن خون می شود (۱). علیرغم فواید بسیار اسیدهای چرب غیراشباع، سرعت اکسیداسیون با افزایش درجه غیراشباعیت افزایش می یابد (۲۹).

۳-۳- بررسی خصوصیات بافتی کره بادام زمینی

نتایج حاصل از اندازه گیری سفتی بافت کره بادام زمینی با دستگاه بافت سنج توسط تیمارهای متفاوت در شکل (۲) آورده شده است. بر این اساس، تاثیر متغیر مستقل مقادیر خمیر بادام زمینی به تنهایی بیشترین تاثیر را بر خصوصیات سفتی کره بادام زمینی داشت که این عملکرد در سطح ۵٪ معنی دار بود. در حالی که تاثیر افزایش محتوی خمیر خرما با افزایش

معادله (۶)



$$\text{Hardness} = 5.59 - 2.60 X_1 - 0.094 X_2 + 0.076 X_3 - 0.25 X_1 X_2 + 0.090 X_1 X_3 - 0.23 X_2 X_3 + 0.27 X_1^2 + 0.044 X_2^2 + 0.18 X_3^2$$

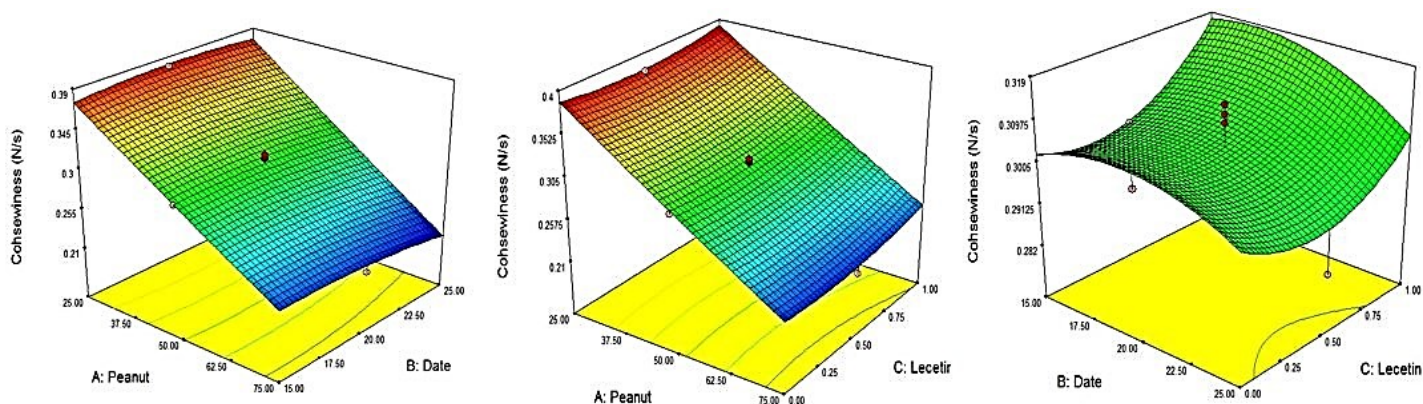
شکل ۲- سفتی بافت کره بادام زمینی تحت تاثیر پارامترهای مستقل شامل خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3).

بادام زمینی گردید. با بررسی اثرات درجه دوم پارامترهای متغیر میزان انسجام بافت کره بادام زمینی با ضریب همبستگی $R^2 = 0.99$ و ضریب تغییرات ۲/۵۵ به دست آمد که با ارزیابی ضعف برآزش، تناسب مدل مذکور نیز در معادله ۷ تأیید گردید.

اثر متغیر مستقل محتوی خمیر بادام زمینی به تنهایی بر انسجام ساختاری کره در سطح ۵٪ معنی دار بود در حالی که تاثیر سایر پارامترهای متغیر اثرات معنی داری و محسوسی نداشت (شکل ۳). در حالیکه اثر متقابل پارامترهای متغیر مستقل سبب تغییرات محسوسی در حفظ انسجام و پیوستگی ساختاری کره

معادله (۷)

$$\text{Cohesiveness} = 0.30 - 0.077 X_1 - 0.043 X_2 + 0.051 X_3 - 0.053 X_1 X_2 + 0.023 X_1 X_3 - 0.023 X_2 X_3 + 0.013 X_1^2 - 0.056 X_2^2 + 0.083 X_3^2$$



شکل ۳- انسجام و پیوستگی ساختاری بافت کره بادام زمینی تحت تاثیر پارامترهای مستقل شامل خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3).

کره می گردد، در نتیجه در بافت کره از بازسازی ساختار شبکه و اتصال مجدد کریستال ها تا حدودی جلوگیری می کند.

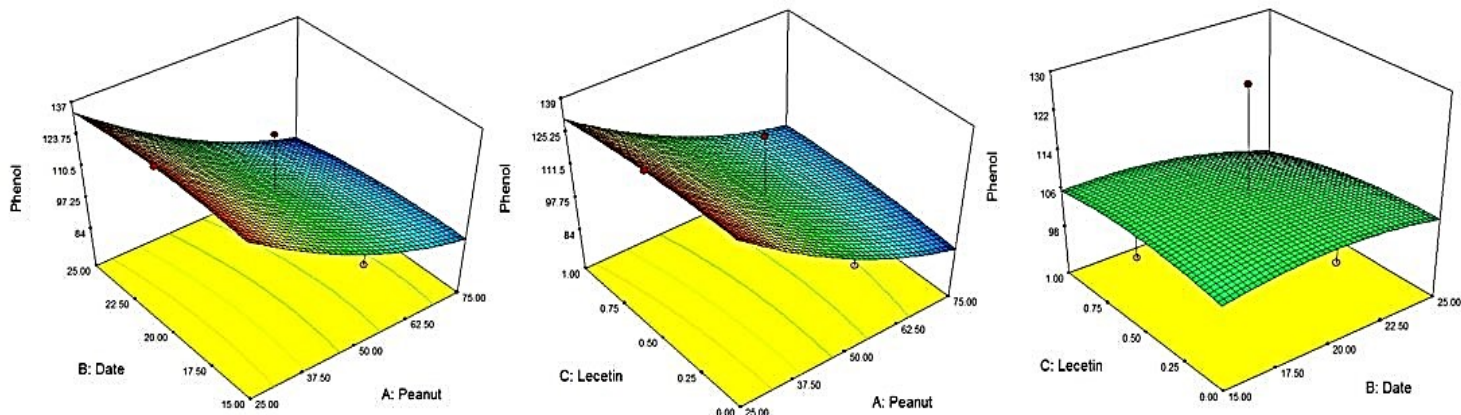
۳-۴- سنجش ترکیبات فنولی و قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد او ۱ دی فیل-۲-پیکریل هیدرازیل DPPH

نتایج آنالیز تجزیه واریانس آماری مقدار کل ترکیبات فنولی موجود در کره بادام زمینی توسط رنگ سنجی فویلین-سیوکالته که در جدول ۲ نشان داد، مدل درجه دوم برای ارزیابی محتوی ترکیبات فنولی کل از نظر آماری معنی دار بوده ($P < 0.01$) در حالی که آزمون ضعیف برازش آن معنی دار نمی باشد ($P > 0.05$) که نشانگر تناسب مدل برازش یافته می باشند. نتایج بدست آمده برای ضرایب همبستگی مدل ($R^2 = 0.88$ و $R^2_{adj} = 0.74$) بیانگر تطابق بسیار خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش شده و دقت بالای مدل بود. مقدار کل ترکیبات فنولی تحت تاثیر متغیرهای مستقل مورد استفاده در شکل (۴) نشان داد. در روش سطح پاسخ برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف شده که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر جداگانه بیان می نماید، بر این اساس مدل مورد استفاده در اندازه گیری مقدار کل ترکیبات فنولی استخراج شده از نوع رابطه ی درجه دوم بود که به صورت معادله ۸ بیان گردید.

در بررسی خصوصیات بافتی محصول دلایل مختلفی را برای توجیه این امر می توان ذکر نمود، از جمله این که با افزایش درجه غیراشباعیت و افزایش اندیس یدی در کره، سفتی محصول کاهش می یابد (۱۸). بنابراین بدیهی است که با افزودن خمیر خرما و ترکیب پایدار کننده (لستین) به کره بادام زمینی، سبب کاهش غیراشباعیت و اندیس یدی محصول و به تبع آن سفتی کره کاهش می یابد، این نتایج با مشاهدات روسو و مارانگونی (۱۹۹۸a,b) که اثر اختلاط چربی کره و روغن کانولا را بررسی کردند مطابقت داشت. شاکراردکانی و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی خصوصیات بافتی کره پسته پرداختند، بر این اساس استفاده از لستین و شکر در فرمول کره پسته و هم چنین حرارت کمتر جهت بو دادن مغز پسته سبب نرمی بیشتر و مالش پذیری بالاتر در محصول تولید شده می گردد. علاوه بر این حضور پودر خرما و کنجد در بافت کره از اتصال های کریستال های چربی جلوگیری کرده و با ایجاد فضای خالی از شکل گیری یک بافت همگن و مستحکم در ساختار کره جلوگیری می کند که با نتایج این پژوهش مغایرت داشت (۲۱). ایبراگر و همکاران (۲۰۱۲)، نشان دادند خروج تدریجی روغن غیر اشباع از ساختار خمیر بادام زمینی و خرما سبب کاهش هر چه بیشتر انسجام و پیوستگی ساختاری

معادله (۸)

$$\text{Phenol} = 107.52 - 22.64 X_1 - 1.88 X_2 - 1.21 X_3 - 0.92 X_1X_2 + 2.46 X_1X_3 - 1.56 X_2X_3 + 6.02 X_1^2 - 2.33 X_2^2 - 1.70 X_3^2$$



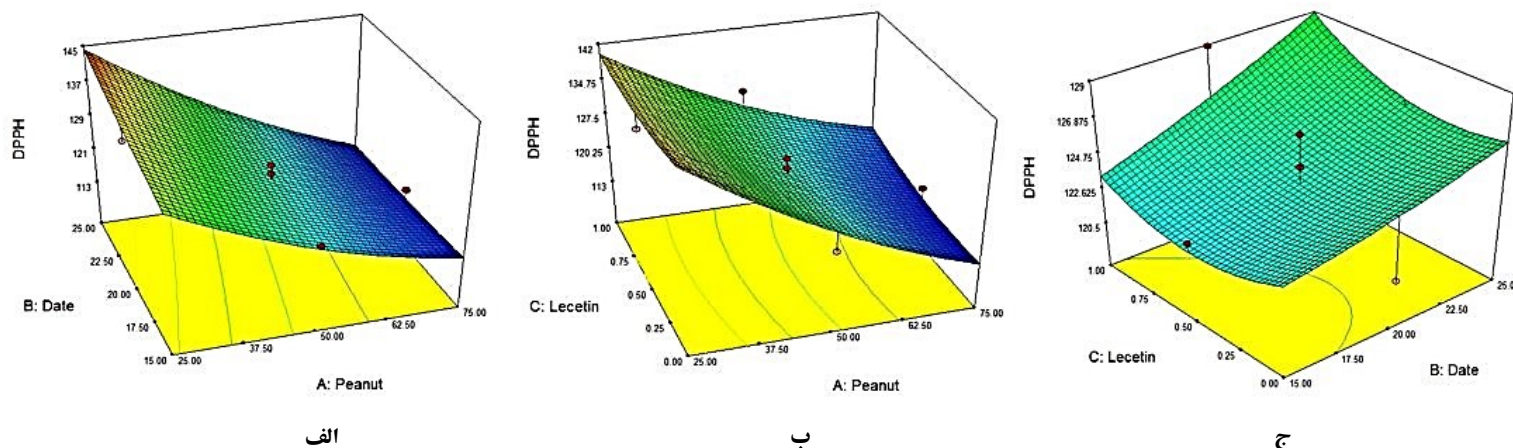
شکل ۴- مقدار فنول کل بافت کره بادام زمینی تحت تاثیر پارامترهای مستقل شامل خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3).

افزایش مقدار خمیر بادام زمینی در افزایش DPPH کره بادام زمینی در سطح ۵٪ معنی دار بود (شکل ۵-الف). همچنین اثر متقابل افزایش درصد امولسیفایر لستین خصوصاً در غلظت بالاتر خمیر بادام زمینی سبب افزایش در DPPH نمونه کره بادام زمینی گردید که این تغییرات در سطح ۵٪ عدم معنی داری را نشان داد (شکل ۵-ب). همچنین در (شکل ۵-ج) اثر متقابل خمیر خرما به همراه لستین روند مشخصی از تغییرات در افزایش DPPH کره بادام زمینی نداشت. با بررسی اثرات درجه دوم پارامترهای متغیر میزان DPPH کره بادام زمینی با ضریب همبستگی $R^2=0.96$ و ضریب تغییرات ۲/۲۹ به دست آمد که با ارزیابی ضعف برازش، تناسب مدل مذکور نیز در معادله ۹ تائید گردید.

نتایج تجزیه واریانس سنجش قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد دی فنیل-۲- پیکریل هیدرازیل DPPH موجود با تغییر رنگ محلول واکنش از رنگ بنفش تیره به زرد روشن همراه بوده که در جدول ۲ مشاهده گردید، مدل درجه دوم برای ارزیابی محتوی قدرت مهارکنندگی DPPH از نظر آماری معنی دار بوده ($P<0.01$) در حالی که آزمون ضعف برازش آن عدم معنی داری آن را نشان داد، که در واقع نشانگر تناسب مدل برازش یافته بود. بر این اساس مدل مورد استفاده در اندازه گیری مقدار کل DPPH تحت تاثیر متغیر مستقل، مقادیر خمیر بادام زمینی به همراه خمیر خرما بیشترین تاثیر را بر خصوصیات قدرت مهارکنندگی DPPH کره بادام زمینی داشتند. بر این اساس تاثیر افزایش محتوی خمیر خرما با

معادله (۹)

$$\text{DPPH} = 123.76 - 12.72 X_1 + 2.13 X_2 + 0.71 X_3 - 2.66 X_1X_2 + 1.39 X_1X_3 + 0.64 X_2X_3 + 2.75 X_1^2 + 0.27 X_2^2 + 1.46 X_3^2$$



شکل ۵- سنجش قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH در کره بادام زمینی تحت تاثیر پارامترهای مستقل شامل خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3).

تحت تاثیر امواج میکروویو استخراج کردند و بیان داشتند که افزایش همزمان توان و زمان فرایند حرارتی موجب تخریب ترکیبات فنولی گردید. توان بالا با افزایش دمای سیستم موجب تسریع آزادسازی ترکیبات فنولی و قدرت مهارکنندگی و حل شدن آن‌ها در حلال می‌گردد.

۳-۵- خصوصیات رنگی محصول تولیدی

نتایج آنالیز واریانس برآیند تغییرات کلی رنگ (TCD) کره بادام زمینی به وسیله نرم افزار J. Image با اندازه‌گیری شاخص‌های رنگی اصلی نظیر (L^* ، a^* و b^*) در جدول (۲) با بررسی عدم معنی‌داری در ضعف برازش مدل نشان داد. بر این اساس تاثیر پارامتر مستقل محتوی خمیر بادام زمینی به تنهایی بر اختلاف کلی رنگ در کره در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تاثیر پارامترهای مذکور نظیر افزایش محدود درصد خمیر خرما با خمیر بادام زمینی بر میزان افزایش شاخص‌های رنگی کره بادام زمینی بصورت تقریباً درجه دوم و در سطح ۵ درصد عدم معنی‌داری را نشان داد (شکل ۶- الف). علاوه بر این اثر متقابل آن با پارامتر مستقل نظیر محتوی خرما با افزایش محتوی خمیر بادام زمینی بر روی برآیند تغییرات کلی رنگ تاثیرگذار بوده ولی عدم معنی‌داری را

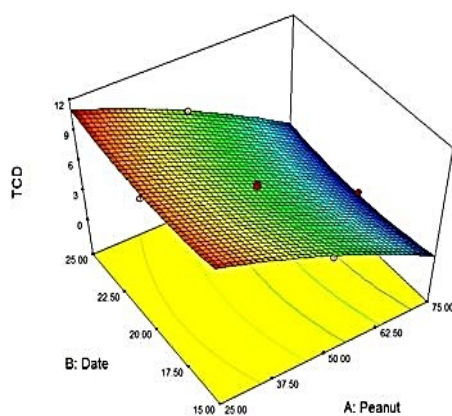
پوست بادام زمینی خشک شده مورد استفاده برای استخراج کره بادام زمینی حاوی مقادیر جزئی رطوبت است و با جذب گرما محیط خشک، رطوبت شروع به تبخیر می‌کند. تبخیر آب باعث ایجاد فشار در دیواره سلولی می‌شود که در نهایت منجر به پارگی سلول می‌شود و در نتیجه خروج مواد فعال و تسریع آزادسازی ترکیبات فنولی و حل شدن آن‌ها به داخل حلال را تسهیل می‌کند و بازده استخراج کره را بهبود می‌بخشد. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج ماندال و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت داشت. کامل (۲۰۰۰) به بررسی ترکیبات پلی فنولی استخراجی از پوست بادام زمینی توسط حلال از طریق پارگی سلولی پرداخت. حسنین و همکاران (۲۰۲۲) با بررسی تاثیر برشته کردن بر پایداری اکسیداتیو دانه بزرک دریافتند که برشته کردن سبب افزایش پایداری اکسیداتیو روغن استخراج شده از دانه بزرک می‌گردد. هم چنین فرآیندهای حرارتی نظیر برشته کردن دردمای بالا و تصفیه شیمیایی و رنگبری با خاک اسیدی سبب تبدیل سزامولین به سزامول و سزامینول می‌گردد که سبب بهبود پایداری اکسیداتیو کنجد برشته و روغن حاصل از آن می‌شوند (چانگ و همکاران، ۲۰۰۲). بلارد و همکاران (۲۰۱۰) ترکیبات فنولی را از پوست بادام زمینی

شاخص روشنایی L^* محصولات روغنی بو داده می‌گردد که نتایج حاضر با پژوهش ماس و آتن (۱۹۸۹) مطابقت داشت. دگان و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تاثیر پيش تیمار مایکروویو بر شاخص کیفی رنگ و بافت، ترکیبات زیست فعال و پایداری نسبی کره بادام زمینی پرداختند. نتایج بر روی شاخص رنگ نشان داد که تاثیر امواج مایکروویو در بهبود شاخص روشنایی و قرمزی رنگ کره بادام زمینی مطلوب موثر بود، در حالیکه بیشترین اختلاف در خصوصیات بافت محصول مشاهده گردید.

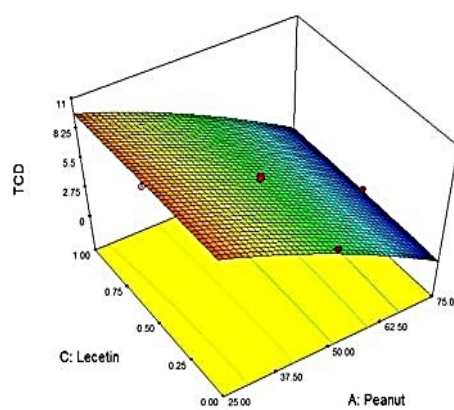
نشان داده بود (شکل ۶-ب). در حالی که تاثیر مستقل محتوی خرما در تقابل با لستین در تشدید برآیند رنگ کره بادام زمینی روند مناسبی را تبعیت نکرد (شکل ۶-ج). بر این اساس با توجه به مدل چند متغیره درجه دوم جهت پیش‌بینی اثر متغیرهای مستقل در فرایند در معادله (۱۰) که شامل ضریب همبستگی $R^2=0.99$ متناسب با مدل درجه دوم و ضریب تغییرات $7/93$ معین گردید. قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی، واکنش‌های کاراملی سازی و تخریب فسفولپید در طول بو دادن و رطوبت اولیه کم، همگی می‌توانند در کاهش محتوی

معادله (۱۰)

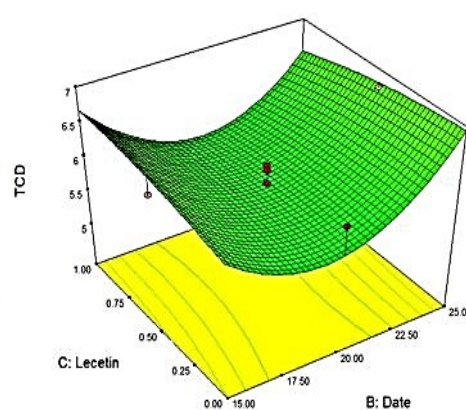
$$\text{TCD} = 5.86 - 4.79 X_1 + 0.11 X_2 - 0.018 X_3 - 0.088 X_1 X_2 + 0.21 X_1 X_3 - 0.18 X_2 X_3 - 0.65 X_1^2 + 0.84 X_2^2 - 0.073 X_3^2$$



الف



ب



ج

شکل ۶- اختلاف برآیند رنگ کل کره بادام زمینی تحت تاثیر پارامترهای مستقل شامل خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3).

لستین در شرایط دمایی ثابت در شکل ۷ نشان داد. نتایج حاکی از تاثیر بیشتر خمیر بادام زمینی با افزایش سطوح خمیر خرما در بررسی عدم طعم اسیدی و رنسیدتی را نشان داد که بر این اساس کمترین امتیاز در تیمارهای ۸ و ۱۵ توسط ارزیابان حاصل گردید. هم چنین نتایج بیانگر این نکته است که وجود مقادیر متفاوت خمیر خرما به همراه نسبت‌های متغیر امولسیون کننده روی طعم و مزه اثر منفی نداشت.

۳-۶- ارزیابی خصوصیات حسی و پذیرش کلی کره بادام زمینی

بررسی خصوصیات حسی نظیر عدم طعم اسیدی و رنسیدتی که از پارامترهای حسی مهم به لحاظ طعم در محصول نهایی است مورد بررسی قرار گرفت، روند ارزیابی طعم (عدم طعم اسیدی و عدم طعم رنسیدتی) با توجه به تجزیه تحلیل جدول ANOVA به عنوان تابعی از خمیر بادام زمینی، خمیر خرما و

مدل درجه دوم و ضریب تغییرات ۲/۳۳ و ۱/۸۸ بترتیب مرتبط با عدم طعم اسیدی و رنسیدیتی تنظیم گردید.

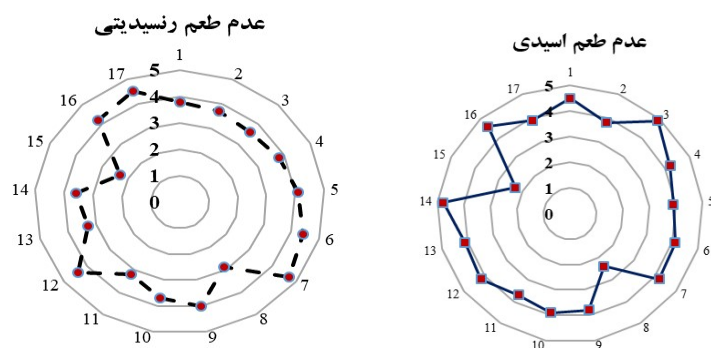
بر این اساس با توجه به مدل چند متغیره درجه دوم جهت پیش بینی اثر متغیرهای مستقل فرایند در معادله (۱۱) و (۱۲) که شامل ضریب همبستگی $R^2=0/95$ و $R^2=0/91$ متناسب با

معادله (۱۱)

$$\text{Lack of acid taste} = 3.11 + 0.21 X_1 - 0.060 X_2 + 0.08 X_3 - 0.027 X_1 X_2 + 0.043 X_1 X_3 + 0.04 X_2 X_3 + 0.04 X_1^2 - 0.07 X_2^2 - 0.02 X_3^2$$

معادله (۱۲)

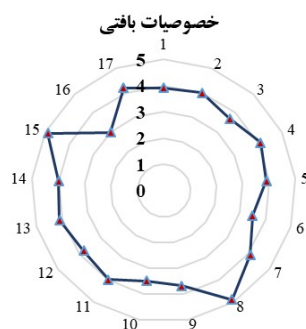
$$\text{Lack of rancidity taste} = 2.64 + 0.14 X_1 - 0.015 X_2 + 0.10 X_3 - 0.047 X_1 X_2 + 0.031 X_1 X_3 - 0.07 X_2 X_3 + 0.01 X_1^2 - 0.018 X_2^2 + 0.061 X_3^2$$



شکل ۷- مقایسه روند ارزیابی طعم (عدم طعم اسیدی و عدم طعم رنسیدیتی) کره بادام زمینی در تیمارهای مستقل شامل خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3).

در شکل ۸ نشان داد. نتایج حاکی از تاثیر افزایش محتوی خمیر خرما با افزایش مقدار خمیر بادام زمینی در کاهش میزان سفتی بافت کره بادام زمینی به شکل خطی و در سطح ۵٪ معنی دار بود.

در ارزیابی خصوصیات حسی دیگر، شاخص بافتی که نشان از گسترش پذیری و عدم وجود سفتی، در محصول نهایی با توجه به تجزیه تحلیل جدول ANOVA به عنوان تابعی از خمیر بادام زمینی، خمیر خرما و لستین در شرایط دمایی ثابت



شکل ۸- مقایسه روند ارزیابی بافت کره بادام زمینی در تیمارهای مستقل شامل خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3).

بر این اساس با توجه به مدل چند متغیره درجه دوم جهت پیش‌بینی اثر متغیرهای مستقل فرایند در معادله (۱۳) که شامل

ضریب همبستگی $R^2=0.97$ متناسب با مدل درجه دوم و ضریب تغییرات ۲/۲۴ تنظیم گردید.

معادله (۱۳)

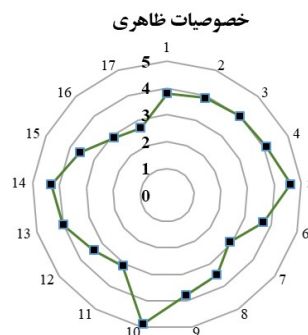
$$\text{Texture properties} = 1.11 - 0.25 X_1 + 0.15 X_2 + 0.24 X_3 - 0.01 X_1 X_2 + 0.71 X_1 X_3 - 0.22 X_2 X_3 + 0.16 X_1^2 + 0.05 X_2^2 + 0.27 X_3^2$$

بررسی نتایج ظاهری و ارزیابی خصوصیات رنگی محصول کره بادام زمینی حاوی خمیر خرما و لستین در شکل ۹ نشان داد درخشندگی کره بادام زمینی به طور معنی‌داری با افزودن خمیر خرما و لستین روند کاهشی دارد. همچنین، با اینکه دمای بالا جهت رست نمودن بادام زمینی روی رنگ محصول نهایی کره بادام زمینی اثر منفی می‌گذارد، اما طعم و مزه

آن را به مراتب بهتر می‌کند. در این میان بالاترین امتیاز یکنواختی رنگ بدست آمده مرتبط با تیمار شماره ۱۰ بود. با توجه به مدل چند متغیره درجه دوم جهت پیش‌بینی اثر متغیرهای مستقل فرایند در معادله (۱۴) با ضریب همبستگی $R^2=0.92$ متناسب با مدل درجه دوم و ضریب تغییرات ۷/۱۳ تنظیم گردید.

معادله (۱۴)

$$\text{Colour properties} = 3.66 + 0.055 X_1 + 0.28 X_2 - 0.04 X_3 + 0.28 X_1 X_2 + 2.14 X_1 X_3 - 1.38 X_2 X_3 + 0.29 X_1^2 + 0.07 X_2^2 - 0.33 X_3^2$$

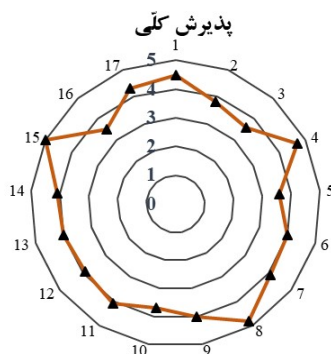


شکل ۹- مقایسه روند ارزیابی بافت کره بادام زمینی در تیمارهای مستقل شامل خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3).

پذیرش نهایی خصوصیات حسی کره بادام زمینی که در واقع برابندی از خصوصیات حسی محصول نهایی است را با توجه به تجزیه تحلیل جدول ANOVA به عنوان تابعی از خمیر بادام زمینی، خمیر خرما و لستین در شرایط دمایی ثابت در شکل ۱۰ نشان داد. به طور کلی هر تیماری که امتیاز نهایی بالاتری را کسب کند از نظر آزمون حسی مورد قبول واقع می‌شود. بر این اساس، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل

آماري در پاسخ‌های حاصل این پژوهش در جدول (۲) نشان داد که سطوح مختلف خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3) و همچنین اثر متقابل ($X_1 X_2$)، ($X_1 X_3$) و ($X_2 X_3$) و همچنین اثرات درجه دوم (X_{11})، (X_{22}) و (X_{33}) تاثیر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بر میزان پذیرش نهایی کره بادام زمینی داشتند. تیمارهای مورد نظر با تیمار ۱ و تیمار ۱۷ می‌باشد. با توجه به نمودار عنکبوتی ترسیم شده از مقایسه

پذیرش کلی تیمارهای کره بادام زمینی بیشترین و کمترین امتیاز پذیرش نهایی به ترتیب با تیمارهای ۷۵ درصد کره بادام زمینی، ۲۰ درصد خمیر خرما و در نهایت ۰/۵ درصد لستین بود.



شکل ۱۰- مقایسه پذیرش کلی کره بادام زمینی در تیمارهای مستقل شامل خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3).

بر این اساس با توجه به مدل چند متغیره درجه دوم جهت پیش‌بینی اثر متغیرهای مستقل فرایند در معادله (۱۵) که شامل معادله (۱۵)

$$OAA = 4.07 + 0.51 X_1 - 0.020 X_2 + 0.030 X_3 - 0.087 X_1 X_2 + 0.013 X_1 X_3 - 0.14 X_2 X_3 + 0.20 X_1^2 - 0.051 X_2^2 - 0.10 X_3^2$$

۳-۲- ارزیابی رابطه بین پاسخ‌های مورد مطالعه با متغیرهای مستقل

با توجه به نتایج همبستگی (روابط رگرسیونی) در کره بادام زمینی تحت تیمارهای مستقل در فرآیند خمیر بادام زمینی (X_1)، خمیر خرما (X_2) و لستین (X_3)، با پارامترهای کیفی و کمی اندازه‌گیری شده در جدول ۴ مشخص گردید. با توجه به نتایج حاصل نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین روابط همبستگی به ترتیب در بین پارامترهای مورد ارزیابی بین اختلاف برآیند رنگ محصول نهایی با پیوستگی و انسجام ساختاری بافت کره بادام زمینی و محتوی مقادیر فنول با اسید اولئیک بود. به منظور ارزیابی صحت در روابط همبستگی بین سایر پاسخ‌های مورد پژوهش آزمون ضعیف برآزش، مقادیر R^2 adjusted و R^2 predicted و در نهایت VIF را کنترل نموده تا بتوان مطلوب‌ترین مدل متناسب با داده‌های پاسخ به دست آید.

در مجموع آزمون حسّی نشان می‌دهد که درست کردن بادام زمینی تاثیر قابل توجهی در بهبود طعم و مزه داشته و حضور لستین اثر بهبود دهندگی روی کره بادام زمینی استحصالی داشت. نبوته و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی پذیرش کلی خمیر بادام زمینی پرداختند، نتایج نشان داد بین افزایش اندیس پراکسید و کاهش پذیرش کلی یک رابطه منفی وجود دارد که در محصولات محتوی خمیر بادام زمینی در تماس با اکسیژن کافی این مورد بیشتر صدق می‌کند، که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت.

جدول ۴- بررسی روابط رگرسیونی بین پاسخ‌های ارزیابی شده در این پژوهش

پارامتر	اسید اولئیک	سفتی بافت (N)	پیوستگی بافت (N/s)	DPPH	فنول	برآیند رنگ	پذیرش کلی
اسید اولئیک	۱						
سفتی بافت (N)	۰/۹۹۳۱	۱					
پیوستگی بافت (N/s)	۰/۹۹۵۸	۰/۹۹۷۲	۱				
DPPH	۰/۹۷۱۲	۰/۹۷۷۸	۰/۹۷۵۲	۱			
فنول	۰/۸۸۹۵	۰/۸۹۵۶	۰/۸۹۳۲	۰/۹۱۵۹	۱		
برآیند رنگ	۰/۹۹۶۱	۰/۹۹۶۹	۰/۹۹۹۶	۰/۹۷۴۹	۰/۸۹۲۲	۱	
پذیرش کلی	۰/۹۶۹۰	۰/۹۷۵۶	۰/۹۷۳۰	۰/۹۹۷۱	۰/۹۱۸۰	۰/۹۷۲۷	۱

۴- نتیجه‌گیری

رویکرد جدید صنعت غذا در راستای تولید فرآورده‌های سودمند، سبب توجه بیشتر به این محصولات گردید از این رو استفاده از کره بادام زمینی به عنوان منبعی غنی از مواد مغذی و ترکیبات فعال به صورت مجزا در فرمولاسیون‌های غذایی مصرف می‌گردد. نتایج نشان داد اثر متغیرهای مستقل مقدار خمیر بادام زمینی (X_1)، محتوی خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3) و همچنین اثر متقابل و همچنین اثرات درجه دوم بر میزان خصوصیات کیفی و فیزیکی و شیمیایی کره بادام زمینی با ضریب همبستگی بالا ارزیابی گردید. تاثیر متغیر مستقل محتوی خمیر بادام زمینی به تنهایی بیشترین تاثیر را بر خصوصیات کیفی مورد استفاده در این پژوهش داشت. در نهایت بالاترین و پائین‌ترین پذیرش کلی تیمارهای کره بادام به ترتیب با تیمارهای (۸) و (۱۶) بود.

۵- منابع

۱. ابراهیمی م، خمیری م، مقصودلو ی. بررسی تاثیر تلقیح کپک *Aspergillus flavus* بر تغییرات میزان اسیدهای چرب، اندیس پراکسید و تولید آفلاتوکسین در چهار وارته رایج بادام زمینی برداشت شده از سطح مزارع استان گلستان. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. ۱۳۹۵؛ ۱۲(۴): ۳۹۴-۴۰۲.

۲. اسحاقی م. ر، سیدین اردبیلی س. م، کلباسی اشتری ا، گرامی ع. بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی، حسی و خروج روغن از بافت کره ی کنجد. مجله ی علمی پژوهشی علوم و فناوری غذایی. ۱۳۹۱؛ ۴(۳): ۱۷-۲۹.

۳. امینی راستابی ج، میرزایی ع. تأثیر پوشش دهی با صمغ فارسی بر ماندگاری مغز گردو. نشریه تحقیقات مهندسی صنایع غذایی. ۱۳۹۷؛ ۱۷(۶۵): ۱۰۱-۱۱۱.

۴. رواقی م، خدابخشیان آ. ارزیابی دما و مدت زمان نگهداری بر اکسیداسیون کره بادام زمینی. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. ۱۴۰۰؛ ۱۷(۵): ۷۷۳-۷۸۳.

۵. عابدفر ع، صادقی ع. مقایسه اثر درصد شکر و زمان تخمیر خمیر ترش حاوی کشت آغازگر اختصاصی (لاکتوباسیلوس پلانتاروم) بر کیفیت نان بربری تولیدی با آردهای دارای دو درجه استخراج متفاوت. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی. ۱۳۹۵؛ ۵(۲): ۱۷۰-۱۵۳.

۶. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۲. کره بادام زمینی، مشخصات و روش آزمایش. استاندارد ملی ایران، شماره ۵۶۹۰، ویرایش دوم.

۷. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۲. روغن ها و چربی های گیاهی و حیوانی، کروماتوگرافی گازی متیل استرهای اسیدهای چرب، قسمت ۲- تهیه متیل استرهای اسید چرب. استاندارد ملی ایران، شماره ۲-۱۳۱۲۶، ویرایش اول.

18. Gonzalez S, Duncan S. E, O'Keefe S. F, Sumner S. S, Herbein J. H. Oxidation and textural characteristics of butter and ice cream with modified fatty acid profiles. *Journal of Dairy Science*. 2003; 86(1): 70-77.
19. Hassanein M. M. M, Abdel-Razek A.G, Afifi S. M, Qian Y, Radziejewska-Kubzdela E, Siger A, Rudzińska M, Abo-Elwafa G.A, Grygier A. Characterization of New Egyptian Linseed Varieties and the Effects of Roasting on Their Pigments, Tocochromanols, Phytosterols, Omega-3 Fatty Acids, and Stability. *Molecules*. 2022; 27(23): 8526.
20. Ibrügger S, Kristensen M, Mikkelsen M.S, Astrup A. Flaxseed dietary fiber supplements for suppression of appetite and food intake. *Appetite*. 2012; 58(2): 490-495.
21. Ivanov S, Rashevskaya T, Makhonina M. Flaxseed additive application in dairy products production. *Procedia Food Science*. 2011; 1: 275-280.
22. Mandal V, Mohan Y, Hemalatha S.J.P.R. Microwave assisted extraction—an innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. *Pharmacognosy reviews*. 2007; 1(1): 7-18.
23. Metcalfe L.D, Schmitz A. A, Pelka J. R. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Analytical chemistry*. 1996; 38(3): 514-515.
24. Moss J. R, Otten L. A relationship between colour development and moisture content during roasting of peanuts. *Canadian Institute of food science and technology journal*. 1989; 22(1): 34-39.
25. Myers R. H, Montgomery D. C, Anderson-Cook C. M. Process and product optimization using designed experiments. *Response surface methodology*. 2002; 2: 328-335.
26. Nepote V, Olmedo R. H, Mestrallet M. G, Grosso N. R. A study of the relationships among consumer acceptance, oxidation
8. AAC C Intl. Approved. 2010. *AACC International Approved Method Of Analysis, 11th Ed*. AACC International PRESS, St Paul, Mn, U.S.A.
9. Atkinson G. M, Boore D. M. Empirical ground-motion relations for subduction-zone earthquakes and their application to Cascadia and other regions. *Bulletin of the Seismological Society of America*. 2003; 93(4): 1703-1729.
10. Ballard T.S, Mallikarjunan P, Zhou K, O'Keefe S. Microwave-assisted extraction of phenolic antioxidant compounds from peanut skins. *Food chemistry*. 2010; 120(4): 1185-1192.
11. Barnes, H.A., Hutton, J.F., Walters K. 1989. *An introduction to rheology* (Vol. 3). Elsevier, Amsterdam, PP. 115-139.
12. Bourne, M. 2002. *Food texture and viscosity: concept and measurement*. Elsevier.
13. Camel V. Microwave-assisted solvent extraction of environmental samples. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2000; 19(4): 229-248.
14. Chang L.W, Yen WJ, Huang S.C, Duh P.D. Antioxidant activity of sesame coat. *Food chemistry*. 2002; 78(3): 347-354.
15. Degon J.G, Zheng C, Elkhedir A, Yang B, Zhou Q, Li W. Effect of microwave pre-treatment on physical quality, bioactive compounds, safety risk factor, and storage stability of peanut butter. *Oil Crop Science*. 2021; 6(3): 137-144.
16. Gharibzahedi S.M.T, Razavi S.H, Mousavi S. M. Developing an emulsion model system containing canthaxanthin biosynthesized by *Dietzia natronolimnaea* HS-1. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2012; 51(4): 618-626.
17. GONG A. N, SHI A.M, LIU H. Z, YU H.W, Li L, LIN W. J, Qiang W. Relationship of chemical properties of different peanut varieties to peanut butter storage stability. *Journal of integrative agriculture*. 2018;17(5): 1003-1010.

- production. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 2009; 13(47(A)): 49-60.
31. Slinkard K, Singleton V. L. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American journal of enology and viticulture*. 1977; 28(1): 49-55.
32. Yang M, Huang F, Liu C, Zheng C, Zhou Q, Wang H. Influence of microwave treatment of rapeseed on minor components content and oxidative stability of oil. *Food and Bioprocess Technology*. 2013; 6: 3206-3216.
33. Yu H, Liu H, Erasmus S.W, Zhao S, Wang Q, van Ruth S. M. An explorative study on the relationships between the quality traits of peanut varieties and their peanut butters. *LWT*. 2021; 151: 112068.
34. Zhang Y, Li S, Wang X, Zhang L, Cheung P.C. Advances in lentinan: Isolation, structure, chain conformation and bioactivities. *Food hydrocolloids*. 2011; 25(2): 196-206.
- chemical indicators, and sensory attributes in high-oleic and normal peanuts. *Journal of Food Science*. 2009; 74(1): 1-8.
27. Rousseau D, Marangoni A.G. Tailoring the textural attributes of butter fat/canola oil blends via *Rhizopus arrhizus* lipase-catalyzed interesterification. 1. Compositional modifications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998a; 46(6): 2368-2374.
28. Rousseau D, Marangoni A.G. Tailoring the textural attributes of butter fat/canola oil blends via *Rhizopus arrhizus* lipase-catalyzed interesterification. 1. Compositional modifications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998b; 46(6): 2375-2381.
29. Shakerardekani A. Factors affecting production, sensory properties and oxidative stability of nut butters and nut. *Spreads-A Rev Am J Food Sci Nut Res*. 2015; 2: 83-88.
30. Shakerardekani A, Shahedi M, Kabir G. Optimizing formulation of pistachio butter