

ارزیابی خصوصیات کیفی، فیزیکی و شیمیایی و حسی 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

* نویسنده مسئول مکاتبات Email: Drsjafarian@yahoo.com

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 بیماری‌های گوارشی سبب گسترش زمان ماندگاری مواد غذایی می‌گردد. 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 حسی 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 اندازه‌گیری 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٪ معنی‌دار بود در حالی که تاثیر سایر پارامترهای متغیر عملکرد معنی‌داری نداشتند. مدل درجه دوم برای ارزیابی محتوی ترکیبات فنولی کل از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0.01$)، در حالی که آزمون ضعف برازش عدم معنی‌داری ($P > 0.05$) را نشان داد که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. در نهایت بیشترین و کمترین امتیاز ارزیابی حسی به ترتیب مرتبط با نمونه‌های 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.

واژه‌های کلیدی: کره بادام زمینی، سطح پاسخ، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، خصوصیات کیفی

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 روغن کشتی 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 سوسپانسیون 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 بدلیل 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 پخش پذیری می‌گردد و تاثیر مستقیمی بر روی گرانش 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 محصول فراسودمند کره بادام زمینی غنی شده با خمیر خرما و ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و حسی آن بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد خام

در تولید کره بادام زمینی از بادام زمینی گلی (*Arachis hypogaea L.*) بومی ایران از استان گیلان (شهرستان آستانه) و خرما کیبک (*Phoenix dactylifera L.*) بومی استان بوشهر استفاده شد. ترکیبات شیمیایی شامل معرف فهلینگ (A, B)، نترات نقره و کلروفرم از شرکت سامچون (کره جنوبی) و سایر معرف‌های شیمیایی و محیط‌های کشت میکروبی از شرکت مرک آلمان تامین شدند، علاوه بر این سایر ترکیبات مصرفی نیز از فروشگاه‌های معتبر مواد غذایی داخل کشور تهیه شدند.

۲-۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۲-۱- تهیه کره بادام زمینی غنی شده با خمیر خرما

تهیه کره بادام زمینی با روش گانگ و همکاران (۲۰۱۸) با کمی تغییرات انجام شد، در این روش ابتدا بادام زمینی در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه در یک آون الکتریکی بصورت تک لایه جهت برشته شدن (با هدف حفظ عطر و طعم مطبوع در کره بادام زمینی) قرار گرفت. جداسازی بادام زمینی برای آسیاب کردن براساس کیفیت بافت، طعم و ظاهر کاملاً تصادفی صورت گرفت. امولسیفایر مونو دی گلیسرید (۱ درصد) به بادام زمینی افزوده شد و توسط آسیاب تا اندازه ذرات حدود ۳۰ میکرومتر آسیاب گردید. در ادامه جهت تهیه خمیر خرما (بدون پوست و هسته گیری شده)، نمونه‌های خرما درجه ۲ و ۳ طی مدت ۱۰ ثانیه در آب داغ با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد غوطه ور گردید. در ادامه پوسته خرما از بدنه آن جدا شد و سپس با چرخ گوشت (مدل MG-1600P، پارس خزر، ایران) چرخ شدند و به محصول کره بادام زمینی به میزان ۱۵ تا ۲۵ درصد جهت غنی‌سازی اضافه شد. سایر عناصر تشکیل دهنده کره بادام زمینی شامل شربت ذرت (فروکتوز)، دکستروز، نمک، روغن گیاهی هیدروژنه و آب در تمامی تیمارها ثابت در نظر گرفته شد. سپس کره بادام زمینی تهیه شده در ظروف پلی اتیلن ترفتالات طی ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

۲-۲-۲-۲- ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میکروبی

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کره بادام زمینی شامل رطوبت، چربی، قند، خاکستر، اسیدیته چربی، پراکسید چربی و عدد یدی براساس استاندارد ملی ایران شماره ۵۶۹۰ (۶) مورد ارزیابی قرار گرفت. اندازه‌گیری مقدار اسیدهای چرب غالب موجود در نمونه نیز مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۱۲۶-۲ (۷) در دمای اتاق انجام شد. جهت ارزیابی شمارش کلی باکتری‌ها ۵ گرم از نمونه هموژن شده کره بادام زمینی غنی شده با خمیر خرما در محلول رینگر رقیق و سپس ۰/۱ از محلول با رقت‌های مختلف روی محیط کشت عمومی Plate Count Agar به صورت سطحی کشت داده شد. در ادامه بعد از گرمخانه گذاری در دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت، به شمارش میزان بار میکروبی در یک گرم (CFU/g) نمونه پرداخته شد.

۲-۲-۲-۳- ارزیابی خصوصیات بافتی

برای ارزیابی تغییرات سختی (Hardness) و پیوستگی (Cohesiveness) بافت کره بادام زمینی غنی شده با خمیر خرما تولیدی به عنوان شاخصی از خصوصیات ویسکوالاستیک کره آن از آزمون بافت‌سنجی استفاده شد. بدین منظور آزمون تجزیه و تحلیل پروفایل بافت (Texture Profile Analysis) در نمونه‌های کره بادام زمینی به وسیله دستگاه بافت‌سنج (مدل TA.XT Plus Stable Micro System، انگلستان)، با پروب استوانه‌ای به قطر ۲۵ میلی‌متری، سرعت پروب ۰/۱ mm/s و نقطه شروع ۵۰ گرم انجام گرفت. نیروی لازم جهت ایجاد ۵۰ درصد فشردگی که معادل با ۴ میلی‌متر عمق نفوذ پروب در بافت نمونه بود با رسم منحنی نیرو-فاصله بررسی گردید (۱۲).

۲-۲-۲-۴- بررسی ویژگی‌های رنگی

آنالیز رنگ کره بادام زمینی غنی شده با خرما، از طریق تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^* صورت پذیرفت. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا سطح مسطحی در ابعاد ۴ در ۴ سانتی‌متر 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 J قرار گرفت. با فعال کردن فضای Lab در بخش Plugins، شاخص‌های 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.

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

۲-۲-۵- ارزیابی شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی

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 میلی‌گرم اسید گالیک در گرم کره بیان گردید (۳۱). اساس کار در این روش احیاء معرف فولین- سیوکالتو توسط ترکیبات فنولی در محیط قلبایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ که حداکثر جذب را در طول موج ۷۶۰ نانومتر نشان داد. خاصیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH)، جز رادیکال‌های چربی‌دوستی بوده که دارای جذب بیشینه در طول موج ۵۱۷ نانومتر است. در آزمون DPPH گروه‌های هیدروکسیل ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با دادن اتم هیدروژن (H) به رادیکال‌های آزاد DPPH منجر به کاهش مولکول‌های آن می‌گردند که با تغییر رنگ محلول و اکسایش از رنگ بنفش تیره به زرد روشن همراه خواهد بود. در نتیجه جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر بیانگر مقدار DPPH باقی‌مانده می‌باشد (۳۴). درصد مهار رادیکال آزاد (DPPH) با معادله (۲) محاسبه گردید.

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

As: میزان جذب نمونه در طول موج ۵۱۷ نانومتر

Ac: میزان جذب نمونه شاهد در طول موج ۵۱۷ نانومتر

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

چربی‌های غیراشباع 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 شده‌اند. برای تعیین دقیق میزان اسید چرب غیراشباع اسید اولئیک (Octadec-9-enoic acid) مطابق روش متکلف و همکاران (۱۹۶۶) با کمی تغییر انجام شد. ۰/۲ میکرولیتر از نمونه کره بادام زمینی مشتق‌سازی شده تحت شرایط ستون سیلیکای مذاب از نوع فاز پیوندی، طول ستون ۳۰ متر، قطر داخلی ستون ۰/۲۲ میلی‌متر، قطر فاز ساکن ۰/۲۵ میکرون و فاز متحرک از گاز هلیوم با درصد خلوص ۹۹/۹۹۹ و با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه با دمای ستون ۱۶۰ درجه‌سانتی‌گراد طی مدت ۶ دقیقه تنظیم شد و آنالیز آن با دستگاه گاز کروماتوگرافی با دمای آشکار ساز ۳۰۰ درجه‌سانتی‌گراد و کروماتوگرام نمونه تزریقی توسط دستگاه ترسیم شد. در نهایت اطلاعات موجود در پایگاه داده‌های دستگاه GC/MS مورد تحلیل قرار گرفت.

۲-۲-۷- 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 آموزشی 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.

۲-۲-۸- آنالیز آماری

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 تاثیر 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، $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ضرایب خطی، $\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}$ اثرات مربعی و $\beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}$ اثرات متقابل می‌باشند (۲۵). به منظور تحلیل آماری نتایج بدست 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).

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

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 داده‌های 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		

ادامه 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	9	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 برآزش مدل‌های چند متغیره برای پاسخ‌های این پژوهش

منبع آزمون	DF	DPPH			اولئیک اسید		
		Coefficient	Sum of squares	p-Value	Coefficient	Sum of squares	p-Value
Model	9	۱۲۲/۷۶	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	

با توجه به تجزیه تحلیل جدول ANOVA در پاسخ‌های حاصل این پژوهش نشان داد که تاثیر تیمار درصد بادام زمینی برشته شده (X_1) 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 R^2 adjusted و R^2 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 واریانس‌ها، پارامترهای به نام ضعف برازش بود. این پارامترها نشان دهنده مناسب یا نامناسب بودن مدل نیز می‌باشد. 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).

۳-۲- 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 (AACC، ۲۰۱۰) در جدول (۳) آمده است. مطابق با نتایج به دست آمده بیشترین درصد ترکیبات متعلق به چربی 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 رنسدیتی و اکسیداسیون در بافت کره بدلیل درصد اسیدهای چرب غیر اشباع بالا صورت می‌گیرد. نتایج شاخص عدد اسیدی نمونه کره بادام زمینی (۰/۳۷ درصد)، پراکسید ($\text{meqO}_2/\text{kg}/۰/۹۵$) و اندیس یدی در محصول نهایی ($۷۳/۵ \text{ g}/۱۰۰ \text{ g}$) 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.

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

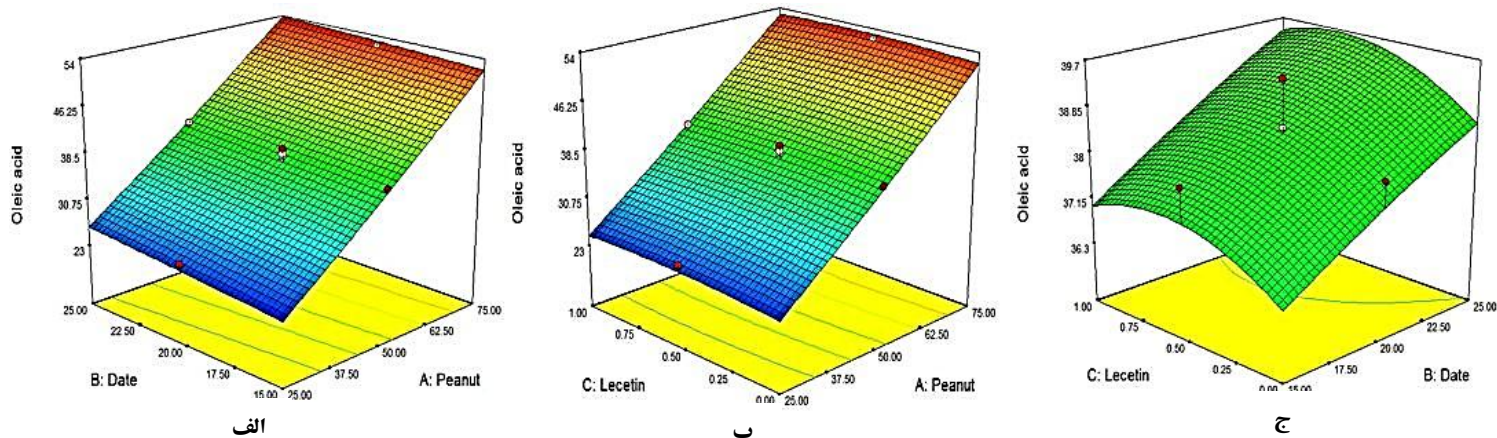
رطوبت (%)	چربی (%)	قند (%)	خاکستر (%)	نمک (%)	پروتئین (%)	جمعیت میکروبی کل (Cfu/g)	کلی فرم	کپک و مخمر (Log Cfu/g)
۰/۵۱ ± ۰/۰۳	۵۷/۱۱ ± ۰/۲۴	۳/۷۴ ± ۰/۱۶	۲/۳۹ ± ۰/۲۱	۰/۰۲ ± ۰/۰۱	۲۳/۱۷ ± ۰/۲۷	۲۶۰۰۰	negative	۱۰

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٪ معنی دار 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٪ معنی دار 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 ۵٪ معنی دار نبود (شکل ۱-ب). همچنین در (شکل ۱-ج) اثر متقابل خمیر خرما به همراه لستین تاثیر معنی داری در کاهش میزان اسید اولئیک کره بادام زمینی نداشت. نهایتاً مدل چند متغیره درجه دوم معادله (۵) 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 ۲/۳۵ به دست آمد که با ارزیابی ضعف برازش، تناسب مدل مذکور در معادله ۵ نیز تائید گردید.

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).

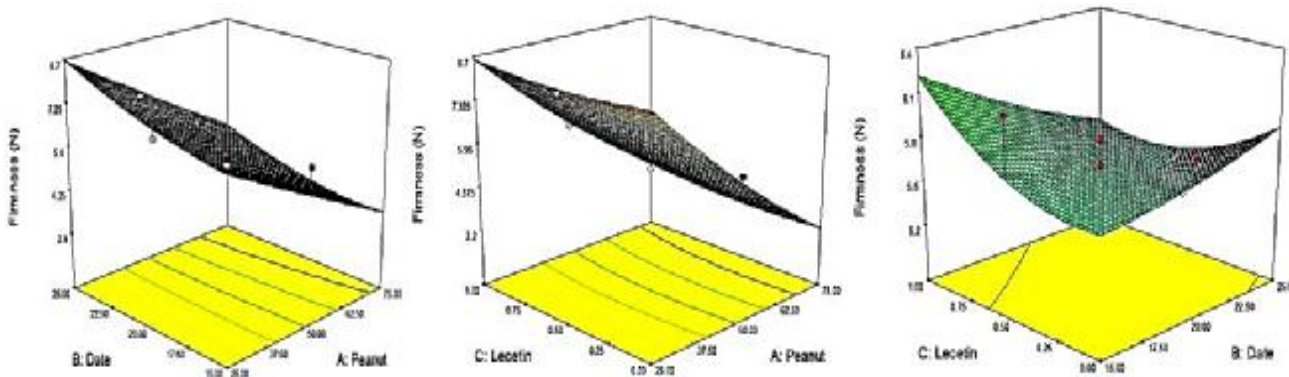
اولئیک اسید به عنوان یکی از مهمترین اسید چرب‌های غیر اشباع کره بادام زمینی است. اسیدهای چرب تک غیر اشباع، کلسترول با دانسیته پایین را کاهش می‌دهند، پروفایل لیپیدی خون را بهبود می‌بخشند و باعث کاهش ریسک بیماری‌های قلبی-عروقی مانند حمله قلبی و تصلب شرایین می‌شوند. این اسیدهای چرب با کاهش چربی‌های شکمی در کاهش وزن مؤثرند. اسیدهای چرب چند غیر اشباع محتوی اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶ هستند. آلفا لینولنیک اسید نوعی اسید چرب امگا ۳ است که مانع از بروز فشار خون، بیماری‌های قلبی عروقی و لخته شدن خون می‌شود (۱). علیرغم فواید بسیار اسیدهای چرب غیر اشباع، سرعت اکسیداسیون با افزایش درجه غیر اشباعیت افزایش می‌یابد (۲۹).

۳-۳- بررسی خصوصیات بافتی کره بادام زمینی

نتایج حاصل از اندازه‌گیری سفتی بافت کره بادام زمینی با دستگاه بافت‌سنج توسط تیمارهای متفاوت در شکل (۲) آورده شده است. بر این اساس، تاثیر متغیر مستقل مقدار 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 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 ضعف برازش، تناسب مدل مذکور در معادله ۶ نیز تایید گردید.

$$\text{Hardness} = 5.59 - 2.60 X_1 - 0.094 X_2 + 0.076 X_3 - 0.25 X_1X_2 + 0.090 X_1X_3 - 0.23 X_2X_3 + 0.27 X_1^2 + 0.044 X_2^2 + 0.18 X_3^2 \quad (6)$$



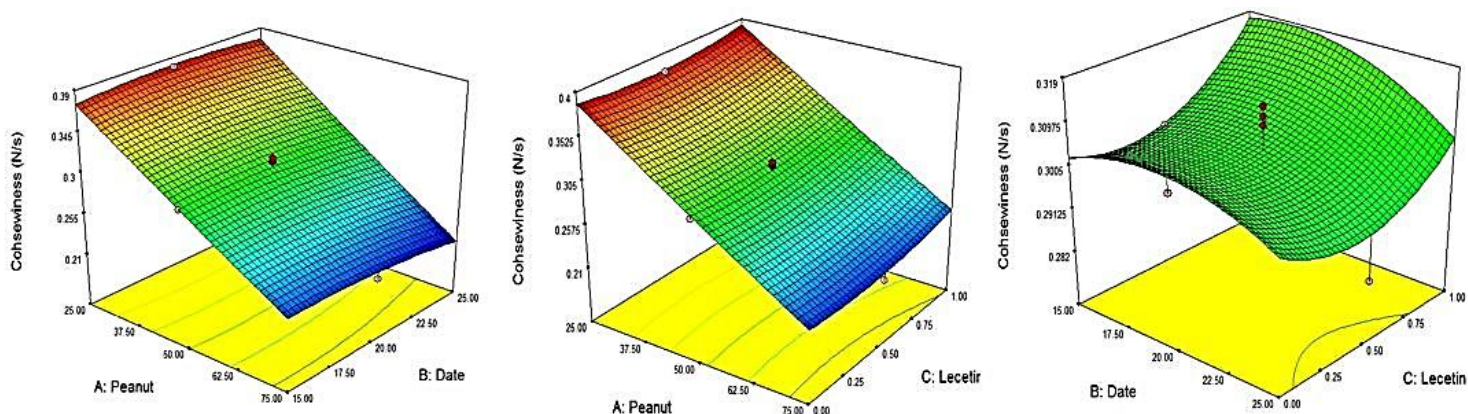
شکل ۲- سفتی بافت کره بادام زمینی تحت تاثیر پارامترهای مستقل شامل خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3).

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 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 برازش، تناسب مدل مذکور نیز در معادله ۷ تایید گردید.

معادله (۷)

$$\text{Cohesiveness} = 0.30 - 0.077 X_1 - 0.043 X_2 + 0.051 X_3 - 0.053 X_1X_2 + 0.023 X_1X_3 - 0.023 X_2X_3 + 0.013 X_1^2$$

$$-0.056 X_2^2 + 0.083 X_3^2$$



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).

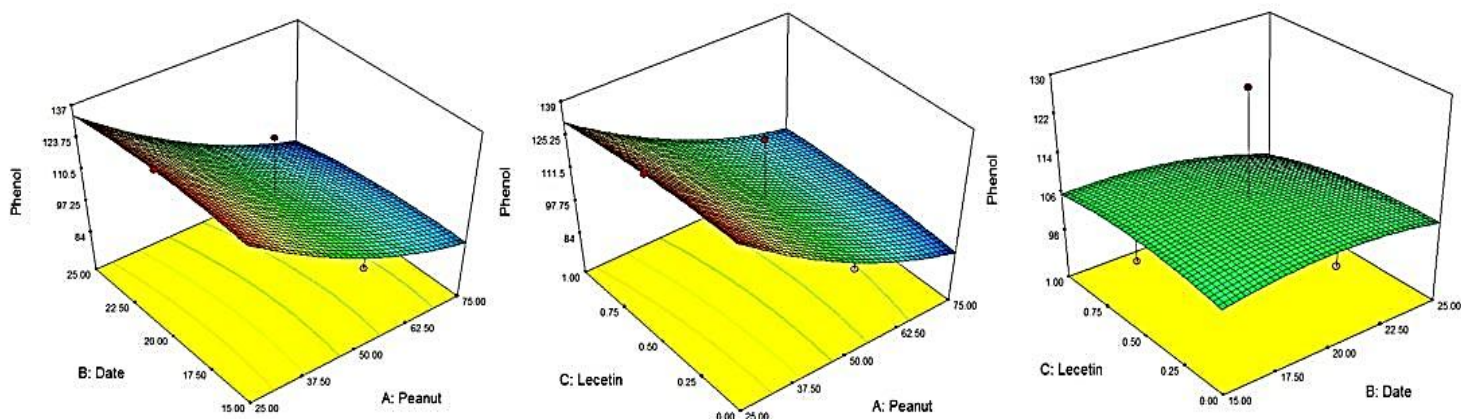
در بررسی خصوصیات بافتی محصول دلایل مختلفی را برای توجیه این امر می‌توان ذکر نمود، از جمله این که با افزایش درجه غیراشباعیت و افزایش اندیس یدی در کره، سفتی محصول کاهش می‌یابد (۱۸). بنابراین بدیهی است که با افزودن خمیر خرما و ترکیب پایدار کننده (لستین) به کره بادام زمینی، سبب کاهش غیراشباعیت و اندیس یدی محصول و به تبع آن سفتی کره کاهش می‌یابد، این نتایج با مشاهدات روسو و مارانگونی (۱۹۹۸ a,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 می‌گردد. علاوه بر این حضور پودر خرما و کنجد در بافت کره از اتصال‌های کریستال‌های چربی جلوگیری کرده و با ایجاد فضای خالی از شکل‌گیری یک بافت همگن و مستحکم در ساختار کره جلوگیری می‌کند 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 کره می‌گردد، در نتیجه در بافت کره از بازسازی ساختار شبکه و اتصال مجدد کریستال‌ها تا حدودی جلوگیری می‌کند.

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

نتایج آنالیز تجزیه واریانس آماری مقدار کل ترکیبات فنولی موجود در کره بادام زمینی توسط رنگ سنجی فولین-سیوکالته که در جدول ۲ نشان داد، مدل درجه دوم برای ارزیابی محتوی ترکیبات فنولی کل از نظر آماری معنی‌دار بوده ($P < 0.01$) در حالی که آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نمی‌باشد ($P > 0.05$) که نشانگر تناسب مدل برازش یافته می‌باشند. نتایج بدست آمده برای ضرایب همبستگی مدل ($R^2 = 0.88$ و $R^2 \text{ adj} = 0.74$) 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 می‌نماید، بر این اساس مدل مورد استفاده در اندازه‌گیری مقدار کل ترکیبات فنولی استخراج شده از نوع رابطه‌ی درجه دوم بود که به صورت معادله ۸ بیان گردید.

معادله (۸)

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

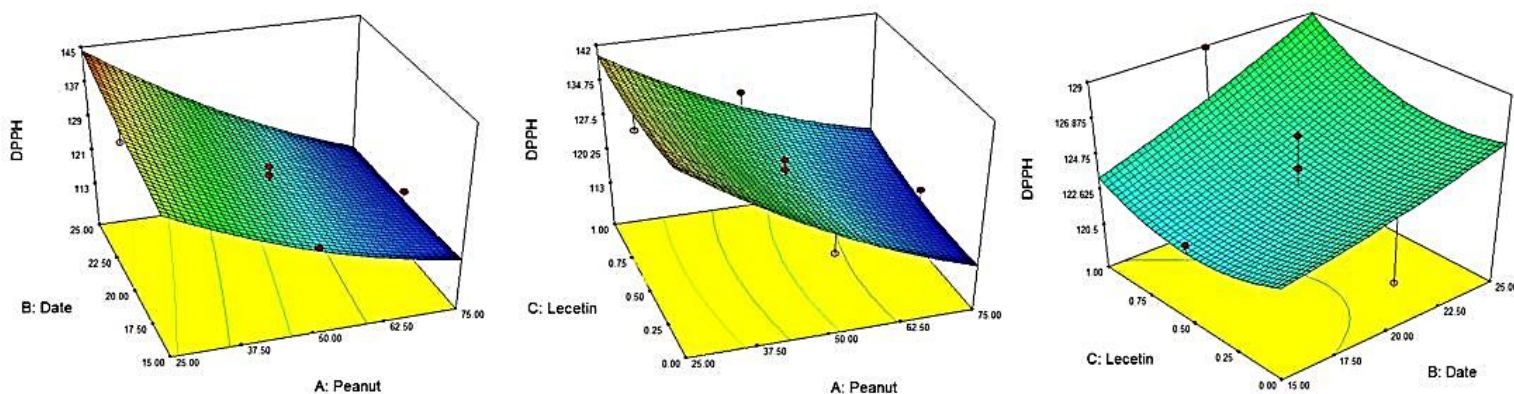


شکل ۴- مقدار فنول کل بافت کره بادام زمینی تحت تاثیر پارامترهای مستقل شامل خمیر بادام زمینی (X_1)، مقدار خمیر خرما (X_2) و محتوی لستین (X_3).

نتایج تجزیه واریانس سنجش قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد او ۱ 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 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 تأیید گردید.

معادله (۹)

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



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).

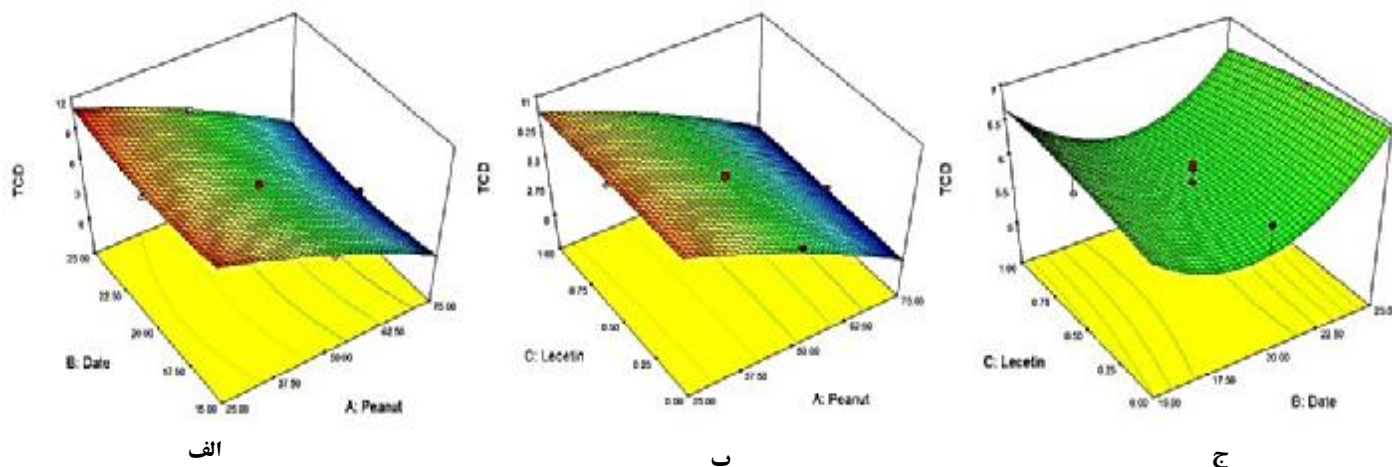
پوست بادام زمینی خشک شده مورد استفاده برای استخراج کره بادام زمینی حاوی مقادیر جزئی رطوبت است و با جذب گرما محیط خشک، رطوبت شروع به تبخیر می کند. تبخیر آب باعث ایجاد فشار در دیواره سلولی می شود که در نهایت منجر به پارگی سلول می شود و در نتیجه خروج مواد فعال و تسریع آزادسازی ترکیبات فنولی و حل شدن آن ها به داخل حلال را تسهیل می کند و بازده استخراج کره را بهبود می بخشد. 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 تأثیر برشته کردن بر پایداری اکسیداتیو دانه بزرک دریافتند که برشته کردن سبب افزایش پایداری اکسیداتیو روغن استخراج شده از دانه بزرک می گردد. همچنین فرآیندهای حرارتی نظیر برشته کردن در دمای بالا و تصفیه شیمیایی و رنگبری با خاک اسیدی سبب تبدیل سزامولین به سزامول و سزامینول می گردد که سبب بهبود پایداری اکسیداتیو کنجد برشته و روغن حاصل از آن می شوند (چانگ و همکاران، ۲۰۰۲). بلارد و همکاران (۲۰۱۰) ترکیبات فنولی را از پوست بادام زمینی تحت تاثیر امواج مایکروویو 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 آن ها در حلال می گردد.

۳-۵- خصوصیات رنگی محصول تولیدی

نتایج آنالیز واریانس برآیند تغییرات کلی رنگ (TCD) کره بادام زمینی به وسیله نرم افزار Image J با اندازه گیری شاخص های رنگی اصلی نظیر (L^* ، a^* و b^*) در جدول (۲) با بررسی عدم معنی داری 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 معنی دار بود. همچنین اثر متقابل تاثیر پارامترهای مذکور نظیر افزایش محدود درصد خمیر خرما با خمیر بادام زمینی بر میزان افزایش شاخص های رنگی کره بادام زمینی بصورت تقریباً درجه دوم و در سطح ۵ درصد عدم معنی داری 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 تاثیر گذار بوده ولی عدم معنی داری را 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 پیش بینی 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. قهوه ای شدن غیر آنزیمی، واکنش های کاراملی سازی و تخریب فسفولپید در طول بو دادن و رطوبت اولیه کم، همگی می توانند در کاهش محتوی شاخص روشنایی L^* محصولات روغنی بو داده می گردد که نتایج حاضر با پژوهش ماس و آتن (۱۹۸۹) مطابقت داشت. دگان و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تاثیر پیش 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.

معادله (۱۰)

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



شکل ۶- اختلاف برابند 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).

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

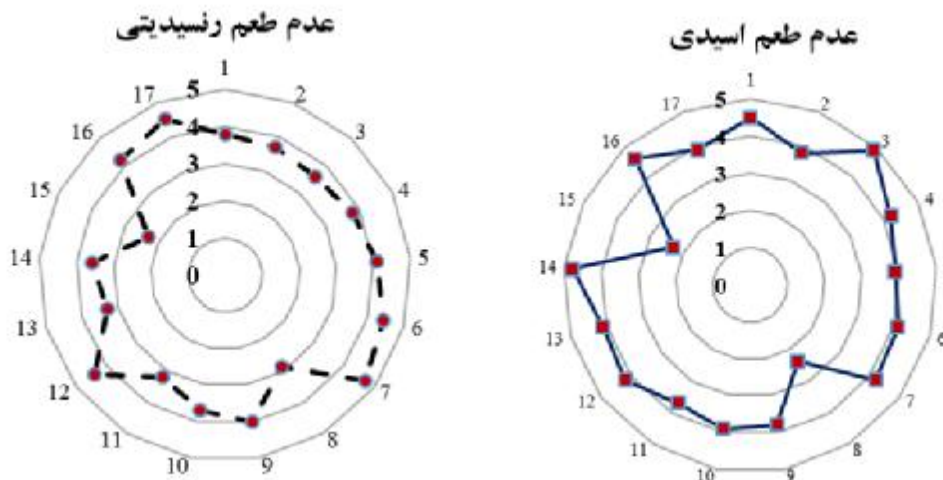
بررسی خصوصیات حسی نظیر عدم طعم اسیدی و رنسدیتی که از پارامترهای حسی مهم به لحاظ طعم در محصول نهایی است مورد بررسی قرار گرفت، روند ارزیابی طعم (عدم طعم اسیدی و عدم طعم رنسدیتی) با توجه به تجزیه تحلیل جدول ANOVA به عنوان تابعی از خمیر بادام زمینی، خمیر خرما و لستین در شرایط دمایی ثابت در شکل ۷ نشان داد. نتایج حاکی از تاثیر بیشتر خمیر بادام زمینی با افزایش سطوح خمیر خرما در بررسی عدم طعم اسیدی و رنسدیتی 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 نسبت های متغیر امولسیون کننده روی طعم و مزه اثر منفی نداشت. 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 مدل درجه دوم و ضریب تغییرات $2/33$ و $1/88$ بترتیب مرتبط با عدم طعم اسیدی و رنسدیتی تنظیم گردید.

معادله (۱۱)

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

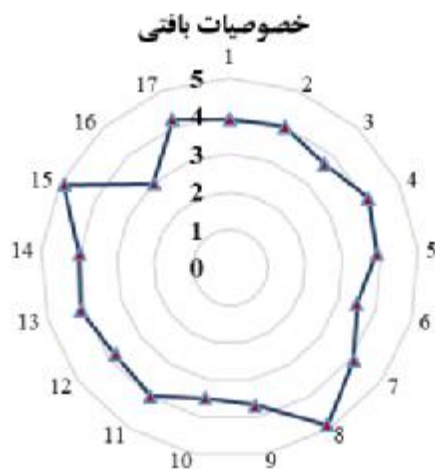
معادله (۱۲)

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



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

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 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.



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).

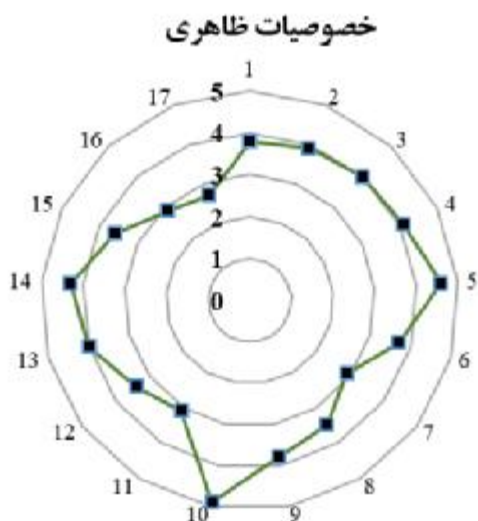
بر این اساس با توجه به مدل چند متغیره درجه دوم جهت پیش بینی اثر متغیرهای مستقل فرایند در معادله (۱۳) که شامل ضریب همبستگی $R^2=0/97$ متناسب با مدل درجه دوم و ضریب تغییرات ۲/۲۴ تنظیم گردید. معادله (۱۳)

$$\text{Texture properties} = 1.11 - 0.25 X_1 + 0.15 X_2 + 0.24 X_3 - 0.01 X_1X_2 + 0.71 X_1X_3 - 0.22 X_2X_3 + 0.16 X_1^2$$

$$+ 0.05 X_2^2 + 0.27 X_3^2$$

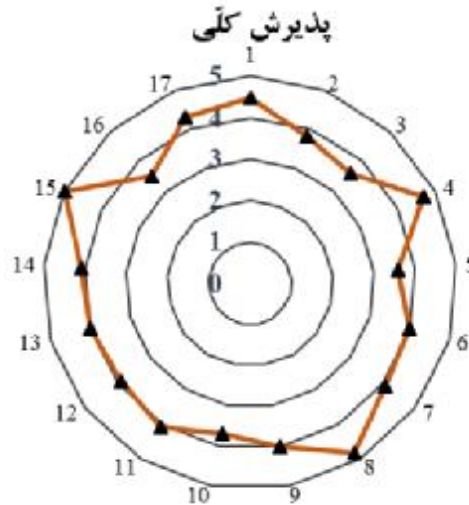
بررسی نتایج ظاهری و ارزیابی خصوصیات رنگی محصول کره بادام زمینی حاوی خمیر خرما و لستین در شکل ۹ نشان داد درخشندگی کره بادام زمینی به طور معنی داری با افزودن خمیر خرما و لستین روند کاهشی دارد. همچنین، با اینکه دمای بالا جهت رست نمودن بادام زمینی روی رنگ محصول نهایی کره بادام زمینی اثر منفی می گذارد، اما طعم و مزه آن را به مراتب بهتر می کند. در این میان بالاترین امتیاز یکنواختی رنگ بدست آمده مرتبط با تیمار شماره ۱۰ بود. با توجه به مدل چند متغیره درجه دوم جهت پیش بینی 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 برآیندی 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 می شود. بر این اساس، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری در پاسخ های 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 معنی داری ($P \leq 0.05$) بر میزان پذیرش نهایی کره بادام زمینی داشتند. تیمارهای مورد نظر با تیمار ۱ و تیمار ۱۷ می باشد. 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 و ۲۵ درصد کره بادام زمینی، ۱۵ درصد خمیر خرما و در نهایت عدم حضور 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 ضریب همبستگی $R^2 = 0.96$ متناسب با مدل درجه دوم و ضریب تغییرات $2/95$ تنظیم گردید.

معادله (۱۵)

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

در مجموع آزمون حسّی نشان می‌دهد که رست کردن بادام زمینی تاثیر قابل توجهی در بهبود طعم و مزه داشته و حضور لستین اثر بهبود دهنده روی کره بادام زمینی استحصالی داشت. نیوته 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.

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 ضعف برازش، 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.

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
	۱						

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

۴- نتیجه گیری

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 (X1)، محتوی خمیر خرما (X2) و محتوی لستین (X3) 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 پائین ترین پذیرش کلی تیمارهای کره بادام به ترتیب با تیمارهای (۸) و (۱۶) بود.

۵- منابع

۱. ابراهیمی، م.، خمیری، م. و مقصدلو، ی. ۱۳۹۵. 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، جلد ۱۲، شماره ۴، ۴۰۲-۳۹۴.
۲. اسحاقی، م. ر.، سیدین اردبیلی، س. م.، کلباسی اشتری، ا. و گرامی، ع. ۱۳۹۱. بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی، حسی و خروج روغن از بافت کره ی کنجد. مجله ی علمی پژوهشی علوم و فناوری غذایی، جلد ۴، شماره ۳، ۲۹-۱۷.
۳. امینی راستابی، ج.، میرزایی، ع. ۱۳۹۷. تاثیر پوشش دهی با صمغ فارسی بر ماندگاری مغز گردو. نشریه تحقیقات مهندسی صنایع غذایی، جلد ۱۷، شماره ۶۵، ۱۱۱-۱۰۱.
۴. رواقی، م.، خدابخشیان، آ. ۱۴۰۰. ارزیابی دما و مدت زمان نگهداری بر اکسیداسیون کره بادام زمینی. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۱۷، شماره ۵، ۷۸۳-۷۷۳.
۵. عابدفر، ع. و صادقی، ع. ۱۳۹۵. مقایسه اثر درصد شکر و زمان تخمیر خمیر ترش حاوی کشت آغازگر اختصاصی (لاکتوباسیلوس پلاننتاروم) بر کیفیت نان بربری تولیدی با آردهای دارای دو درجه استخراج متفاوت. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، جلد ۵، شماره 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 استرها ی اسیدهای چرب، قسمت ۲- تهیه متیل استرها ی اسید چرب. استاندارد ملی ایران، شماره ۱۳۱۲۶-۲، ویرایش اول.

8. AACC Intl. Approved. 2010. *AACC International Approved Method Of Analysis, 11th Ed.* AACC International PRESS, St Paul, Mn, U.S.A.
9. Atkinson, G.M. and Boore, D.M. 2003. Empirical ground-motion relations for subduction-zone earthquakes and their application to Cascadia and other regions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 93(4): 1703-1729.
10. Ballard, T.S., Mallikarjunan, P., Zhou, K. and O'Keefe, S. 2010. Microwave-assisted extraction of phenolic antioxidant compounds from peanut skins. *Food chemistry*, 120(4): 1185-1192.
11. Barnes, H.A., Hutton, J.F. and 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. 2000. Microwave-assisted solvent extraction of environmental samples. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 19(4): 229-248.
14. Chang, L.W., Yen, W.J., Huang, S.C. and Duh, P.D. 2002. Antioxidant activity of sesame coat. *Food chemistry*, 78(3): 347-354.
15. Degon, J.G., Zheng, C., Elkhedir, A., Yang, B., Zhou, Q. and Li, W. 2021. Effect of microwave pre-treatment on physical quality, bioactive compounds, safety risk factor, and storage stability of peanut butter. *Oil Crop Science*, 6(3): 137-144.
16. Gharibzahedi, S.M.T., Razavi, S.H. and Mousavi, S.M. 2012. Developing an emulsion model system containing canthaxanthin biosynthesized by *Dietzia natronolimnaea* HS-1. *International Journal of Biological Macromolecules*, 51(4): 618-626.
17. GONG, A.N., SHI, A.M., LIU, H.Z., YU, H.W., Li, L., LIN, W.J. and Qiang, W. 2018. Relationship of chemical properties of different peanut varieties to peanut butter storage stability. *Journal of integrative agriculture*, 17(5): 1003-1010.
18. Gonzalez, S., Duncan, S.E., O'Keefe, S.F., Sumner, S.S. and Herbein, J.H. 2003. Oxidation and textural characteristics of butter and ice cream with modified fatty acid profiles. *Journal of Dairy Science*, 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. and Grygier, A. 2022. Characterization of New Egyptian Linseed Varieties and the Effects of Roasting on Their Pigments, Tocochromanols, Phytosterols, Omega-3 Fatty Acids, and Stability. *Molecules*, 27(23): 8526.
20. Ibrügger, S., Kristensen, M., Mikkelsen, M.S. and Astrup, A. 2012. Flaxseed dietary fiber supplements for suppression of appetite and food intake. *Appetite*, 58(2): 490-495.
21. Ivanov, S., Rashevskaya, T. and Makhonina, M. 2011. Flaxseed additive application in dairy products production. *Procedia Food Science*, 1: 275-280.
22. Mandal, V., Mohan, Y. and Hemalatha, S.J.P.R. 2007. Microwave assisted extraction—an innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. *Pharmacognosy reviews*, 1(1): 7-18.
23. Metcalfe, L.D., Schmitz, A.A. and Pelka, J.R. 1966. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Analytical chemistry*, 38(3): 514-515.
24. Moss, J.R. and Otten, L. 1989. A relationship between colour development and moisture content during roasting of peanuts. *Canadian Institute of food science and technology journal*, 22(1): 34-39.
25. Myers, R.H., Montgomery, D.C. and Anderson-Cook, C.M. 2002. Process and product optimization using designed experiments. *Response surface methodology*, 2: 328-335.
26. Nepote, V., Olmedo, R.H., Mestrallet, M.G. and Grosso, N.R. 2009. A study of the relationships among consumer acceptance, oxidation chemical indicators, and sensory attributes in high-oleic and normal peanuts. *Journal of Food Science*, 74(1): 1-8.
27. Rousseau, D. and Marangoni, A.G. 1998a. 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*, 46(6): 2368-2374.

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

Evaluation of qualitative, physicochemical and sensory characteristics of peanut butter enriched with date pulp using the response surface method (RSM)

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

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

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

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

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

* Corresponding Author: Drsjafarian@yahoo.com

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.