DOI: http://dx.doi.org/10.22104/jift.2017.485

فصلنامه فناوری‌های نوین غذایی، دوره ۵، شماره ۱، صفحه ۱۴۰-۱۲۳، پاییز ۱۳۹۶

بررسی اثر شرایط فرایند اکستروژن وفرمولاسیون بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میان وعده حجیم بر پایه کنجاله بادام(*Amygdalus communis L.*) و بلغور ذرت

الناز میلانی [1*] ، ندا هاشمی [2]، سیدعلی مرتضوی [3] ، فریده طباطبایی یزدی [3]

1. استادیار، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، سازمان جهاددانشگاهی خراسان رضوی
2. باشگاه پژوهشگران جوان، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
3. استاد،گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: 95/12/22، تاریخ بازنگری: 96/1/21، تاریخ پذیرش: 96/2/2)

چکیده

بحران کمبود مواد غذایی از یک سو و نیاز روز افزون جامعه به فراورده‌های غذایی نوین و مغذی از سوی دیگر، استفاده مجدد پس ماندهای کشاورزی را اجتناب ناپذیر می‌سازد. به‌کارگیری پس ماندهایی مانند کنجاله دانه‌های روغنی موجب ورود مجدد این منابع ارزشمند به چرخه غذایی، ارتقاء ارزش تغذیه‌ای و تولید فراورده فراسودمند در صنعت غذا می‌گردد. از این رو در این تحقیق بر پایه طرح ترکیبی (Combined) اثر متغیرهای فرمولاسیون شامل؛ نسبت سطوح کنجاله بادام (*Amygdalus communis L.*) به بلغور ذرت به مقدار 10:90-30:70درصد وزنی-وزنی و شرایط فرایند اکستروژن شامل سرعت چرخش مارپیچ به میزان220-120 دور بر دقیقه و رطوبت خوراک ورودی با 16-12٪ بر پاسخ‌های میزان رطوبت، فعالیت آبی، تخلخل، شاخص‌های رنگی از جمله روشنی، قرمزی و زردی و ویژگی‌های حسی مانند بافت، رنگ و پذیرش کلی میان وعده حجیم بررسی گردید. نتایج نشان داد؛ ویژگی‌های تحت بررسی فراورده نهایی متاثر از فرمولاسیون خوراک و شرایط فرایند اکستروژن بود، به‌طوری که کاهش نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت و کاهش رطوبت خوراک ورودی موجب کاهش رطوبت و فعالیت آبی محصول گردید. در حالی‌که افزایش کنجاله بادام به بلغور ذرت باعث کاهش تخلخل، شاخص زردی، صفات حسی مانند رنگ و بافت شد. افزایش رطوبت منجر به افزایش تخلخل، کاهش روشنی و ویژگی حسی (بافت) و افزایش سرعت چرخش مارپیچ نیز باعث افزایش تخلخل، شاخص روشنی رنگ، صفات حسی (بافت و پذیرش کلی) شد. نتایج حاکی از این بود که محصول ضمن داشتن ویژگی‌های تغذیه‌ای و بافت متخلخل، از لحاظ مصرف‌کننده نیز مورد پذیرش قرار گرفت. مطابق نتایج بهینه‌یابی به منظور تولید فراورده حجیم با ویژگی مطلوب میزان رطوبت2/76درصد، فعالیت آبی0/212، تخلخل0/723، روشنی رنگ68/62 و پذیرش کلی4/04، شرایط فرایند شامل نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت15:85، سرعت چرخش مارپیچ 196 دور بر دقیقه و میزان رطوبت خوراک ورودی 12٪ تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: اکستروژن، کنجاله بادام، فراورده حجیم، شاخص رنگی و صفات حسی.

* نویسنده مسئول: e.milani@jdm.ac.ir

1- مقدمه

با توجه به رشد فزاینده جمعیت و به دنبال آن افزایش تقاضا و بحران غذا، نیاز به منابع جدید، مغذی و ارزان قیمت امری بدیهی می‌باشد. فراورده جانبی کارخانه‌های صنایع غذایی با توجه به هزینه پایین، حجم بالای تولید و سهولت دسترسی به‌عنوان منابع مناسب برای به گردش درآوردن مجدد چرخه غذایی گامی موثر در توسعه پایدار خواهند داشت [1]. در واقع پسماندهای کشاورزی منابع تجدید پذیری هستند که در صورت عدم استفاده سبب بروز مخاطرات زیست محیطی می‌گردند، از این رو به‌کار گیری پسماندها در فراورده‌های غذایی و تبدیل آن‌ها به محصولات با ارزش یک امر ضروری و رو به گسترش است. بخش مهمی از این فراورده‌های جانبی با قابلیت خوراکی و غنی از پروتئین و فیبر، کنجاله‌ها می‌باشند که حاصل استحصال قسمت اعظم روغن از دانه‌های روغنی هستند. با توجه به بررسی‌های انجام شده میزان ضایعات کارخانجات روغن کشی استان تهران، در سال 1390 بالغ بر 300-250 هزارتن بوده است [2]. در ایران فراورده‌های جانبی این واحدهای تولیدی جایگاهی در مصرف خوراکی انسانی نداشته (به جز کنجاله سویا) و بیش‌تر به‌عنوان خوراک دام و تولید فراورده‌های دامی استفاده می‌شود و یا به هدر می‌روند [۲،۳].

در زمینه استفاده از پسماندهای کشاورزی در فراورده‌های حجیم در سطح بین المللی پژوهش‌هایی انجام گرفته است. لوحانی و موتوکوماراپان به مطالعه بر روی استفاده از ضایعات سیب، یاگچی و گوگز به مطالعه بر روی بکارگیری کنجاله آرد بادام زمینی و ضایعات میوه، بیشارت و همکاران به بررسی امکان استفاده از ضایعات کلم بروکلی و خمیر زیتون و دهقان شعار و همکاران به بررسی امکان استفاده از ضایعات گوجه فرنگی در فراورده‌های حجیم شده غلات پرداختند[8-4]. یکی از روش‌های تولید میان وعده‌ها فرایندپخت اکستروژن(پخت با دما و فشار بالا و زمان کوتاه) است که واکنش‌های متعددی از جمله ژلاتینه شدن نشاسته، ذوب شدن چربی‌ها، دناتوره شدن پروتئین ها، کاهش عوامل ضدتغذیه‌ای به وقوع می‌پیوندد [9].

میان وعده شامل غذاهای سبک و یا حتی جایگزین بخشی از یک وعده غذای معمول میباشد که امروزه جزء لاینفک زندگی شده‌اند، طوری‌که در سال‌های اخیر حدود یک سوم از متوسط انرژی دریافتی از میان وعدهها تامین می‌گردد[9، 10]. علاوه بر این، چگونگی انتخاب میان وعده اثر قابل توجهی بر سلامت مصرف‌کننده دارد[11]. متاسفانه تنوع میان وعده‌های غذایی حجیم در کشور بسیار محدود است؛ هم‌چنین میان وعده‌های حجیم موجود در بازار به علت وجود نمک و چربی بالا، برای سلامت مصرف کننده مخاطره آمیز می‌باشد. در پژوهش‌های صورت گرفته افزایش 70٪ چاقی به‌واسطه مصرف بیش از حد میان وعده‌های ناسالم گزارش گردیده است [11، 12].

مغز بادام محتوی 25-22درصد پروتئین، 12-11درصد فیبر (حدود 25درصد آن فیبر محلول است) و بیش از 50 درصد اسیدهای چرب ضروری (فاقد اسید چرب ترانس)، است. بادام فاقد کلسترول (دارای استرول گیاهی)، غنی از املاح بوده، سدیم پایین و آرژنین بالا دارد [13، 14]. هم‌چنین با داشتن تانن‌ها، اسیدهای فنلیک، آنتوسیانین‌ها و فیتواسترول‌ها منبع ارزشمندی از فیتوکمیکال‌های گوناگون است. از طرف دیگر پوست قهوه‌ای رنگ آن فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی دارد. مصرف بادام به علت حضور فتوکمیکال‌ها، آنتی اکسیدان‌ها، اسیدهای چرب ضروری و فیبرها می‌تواند باعث کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی و برخی از سرطان شود[15].

یکی از ویژگی‌های مورد توجه مصرف‌کننده‌ها در هنگام انتخاب محصولات غذایی، ایمنی و پایداری میکروبی ماده غذایی است. از این میان فراورده‌های غذایی اکسترود شده بر خلاف سایر محصولات غلات مانند فراورده‌های قنادی (کیک و مافین) و هم‌چنین نسبت به مواد اولیه به‌دلیل داشتن رطوبت پایین‌تر ماندگاری بالاتری دارند [16]. علاوه‌بر این رضایت مصرف‌کننده از محصول غذایی ارتباط تنگاتنگی با صفات حسی آن دارد. پذیرش محصول اکسترود شده به صفات فیزیکی (تخلخل، دانسیته و روشنی بافت) و ویژگی‌های حسی (بافت، رنگ و پذیرش کلی) مرتبط است[8 ،17].

مطابق بررسی منابع انجام شده، تاکنون در زمینه فراوری کنجاله دانه‌های روغنی در فرمولاسیون محصولات حجیم شده گزارشی ارائه نشده است، از این رو فراوری کنجاله دانه‌های روغنی با رویکرد تولید میان وعده فراسودمند توسط فناوری اکستروژن، گام موثری در بازگشت سرمایه به صنعت غذایی

کشور ایفا می‌نماید [9]. بدین منظور در پژوهش حاضر، به کمک طرح ترکیبی اثر متغیر فرمولاسیون (سطوح مختلف نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت) و متغیرهای فرایند شامل سطوح رطوبت خوراک ورودی و سرعت چرخش مارپیچ بر میزان رطوبت و فعالیت آبی، تخلخل، شاخص‌های رنگی و حسی میان وعده حجیم مورد ارزیابی قرار گرفت.

2- مواد و روش‌ها

2-1- آماده‌سازی مواد اولیه

بلغور ذرت (*Zea mays L.*) و مغز بادام (*Amygdalus communis L.*) واریته دالسیس از بازار محلی مشهد تهیه گردید. سپس فرایند روغن گیری مغز کامل بادام، همراه پوست قهوه‌ای، به روش پرس سرد GmbH مدل KK500F model ساخت شرکت kern kraft کشور آلمان انجام شد. کنجاله به‌دست آمده توسط آسیاب چکشی Polymix مدل PX-MFC 90 D ساخت کشور سوئیس آسیاب و جهت یکنواخت نمودن اندازه ذرات از الک با اندازه مش 50 عبور داده شد [18].

2-2- آماده‌سازی فرمولاسیون خوراک ورودی

با استفاده از آزمایشات مقدماتی، مقادیر کمینه و بیشینه برای هریک از متغیرها (نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت، سرعت چرخش مارپیچ و رطوبت خوراک ورودی) تعیین گردید. جهت تهیه مخلوط خوراک ورودی اکستروژن، اختلاط بلغور ذرت و کنجاله بادام صورت گرفت و در ادامه با توجه به سطوح تحت بررسی و با استفاده از مربع پیرسون نسبت‌های میزان آب به مخلوط افزوده شد و مخلوط فوق درون ظرف درب‌دار به مدت 24 ساعت در دمای یخچال نگه‌داری گردید.

2-3- فرایند پخت اکستروژن

در این پژوهش از اکسترودر دو مارپیچ با چرخش هم جهت مدل DS56 ساخت شرکت Jinan Saxin کشور چین مستقر در پایلوت اکستروژن پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد استفاده شد. بر اساس پیش تیمارهای انجام شده شرایط ثابت بهینه فرایند اکستروژن شامل دمای اکسترودر 140 درجه سانتی‌گراد و دبی خوراک ورودی 14/5 کیلوگرم بر ساعت در نظر گرفته شد. محصولات اکسترود شده جهت خشک شدن بلافاصله پس از تولید به آون هوای داغ با دمای 40 درجه سانتی‌گراد به مدت 2 ساعت منتقل شد، پس از خنک شدن درون کیسه‌های پلاستیکی پلی اتیلنی ضخیم قرار گرفته و دربندی و تمامی نمونه‌های تولیدی تا انجام آزمایشات تکمیلی دور از نور، حرارت و رطوبت در دمای اتاق نگه‌داری گردیدند [18].

2-4- اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی، میزان رطوبت و فعالیت آبی

میزان رطوبت، چربی و خاکستر بر اساس استاندارد AACC، اندازه‌گیری گردید. میزان پروتئین با استفاده از دستگاه کلداتومات Gerhardt مدل VAP20 ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. میزان کربوهیدرات موجود از اختلاف مجموع درصد چربی، پروتئین، خاکستر و رطوبت از 100 محاسبه شد جهت اندازه‌گیری فعالیت آبی از دستگاه فعالیت آبی سنج NOVASINA مدل Lab Master ساخت سوئیس در دمای 25 °C استفاده گردید [19].

2-5- اندازه‌گیری تخلخل

تخلخل مطابق معادله (1) محاسبه می‌گردد[20].

$$\text{Porosity} = \frac{\text{Bulk Volum} - \text{Apparent Volum}}{\text{Bulk Volum}} \qquad (1)$$

2-6- اندازه‌گیری رنگ محصول

رنگ محصول تولیدی توسط دستگاه رنگ‌سنج هانترلب، مدل 45/0، ساخت آمریکا و مطابق روش لی و همکاران اندازه‌گیری شد. به این منظور ابتدا نمونه‌ها پودر و در کاپ مخصوص ریخته شد تا سطح آن کاملا پوشانده شود. در این آزمون مقادیر L، a، b تعیین گردید. مقادیر L که بین صفر (سیاه) تا 100 (سفید) متغیر است شاخص روشنی، مقادیر مثبت a شاخص قرمزی و مقادیر منفی آن شاخص سبزی محصول می‌باشد. هم‌چنین مقادیر مثبت b شاخص زردی و مقادیر منفی آن شاخص میزان آبی بودن محصول است[21].

7-2- ارزیابی حسی

ارزیابی‌های حسی شامل بافت، رنگ و پذیرش کلی محصول حجیم تولیدی ، توسط 20 نفر ارزیاب متشکل از13 نفر زن و 7 نفر مرد در حدود 45 -25 ساله، دانشجویان و کارمندان جهاد دانشگاهی مشهد انجام گردید، به‌علاوه ارزیاب‌ها همگی به‌طور تصادفی و بر اساس علاقه و قابلیت فهم روش ارزیابی انتخاب شدند و پیش از این سابقه استفاده از محصولات اکسترود شده را داشتند. قبل از شروع ارزیابی، نسبت به دستورالعمل چگونگی تکمیل برگه ارزیابی به هر کدام از افراد گروه ارزیابی آموزش اولیه داده شد. از سیستم امتیاز دهی پنج نقطه‌ای شامل خوب، به نسبت خوب، متوسط، به‌نسبت بد و بد برای سنجش پارامترهای مذکور استفاده گردید. از هر نمونه سه عدد به‌طور تصادفی درون ظروف یک بار مصرف بدون رنگ و بدون بو قرار داده شدند و با شماره های 3 رقمی انتخاب شده از اعداد جدول تصادفی، شماره‌گذاری شدند. در هر بار، 4 ارزیاب به‌طور مجزا و هم‌زمان در شرایط نور روز و در دمای محیط نمونه‌ها را ارزیابی کردند. از ارزیاب‌ها خواسته شد قبل از شروع ارزیابی و هم‌چنین پس از هر بار چشیدن محصول دهان خود را با آب معدنی شستشو دهند. امتیازات مربوط به هر ویژگی به نحوی محاسبه گردید که برای بیش‌ترین امتیاز (خیلی خوب) عدد5 و جهت کم‌ترین امتیاز (بد) عدد 1 در نظر گرفته شد[5].

7-2- طرح آزمایشات و تجزیه و تحلیل آماری

مهم‌ترین مسئله این تحقیق بررسی آثار اصلی و متقابل فاکتورهای فرمولاسیون (نسبت بلغور ذرت: کنجاله بادام) و متغیرهای فرایند اکستروژن (سرعت چرخش مارپیچ و رطوبت خوراک ورودی) بود، از این رو طرح آماری طرح ترکیبی انتخاب گردی. در این مطالعه با توجه به جدول (1) اثر متغیرهای مستقل شامل نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت با نماد A، سرعت چرخش مارپیچ با نماد C و رطوبت خوراک ورودی با نماد D نشان داده شده است؛ تغییرات رطوبت (٪)، فعالیت آبی، تخلخل، شاخص‌های رنگی (روشنی، قرمزی و زردی) و ارزیابی حسی (بافت، رنگ و پذیرش کلی) به‌عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند. در این روش آماری برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می‌شود(معادله 2) که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر به‌طور جداگانه بیان می‌نماید.

$$Y_i = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_{ii}^2 + \sum b_{ij} x_i x_j + \varepsilon \qquad (2)$$

در این مدل b_0 ضرایب ثابت مدل x_i متغیرهای مستقل می‌باشد. به‌منظور بررسی برازش مدل‌ها مقادیر R^2، R^2 تصحیح شده مدل و p ضرایب تعیین و بررسی شدند[22]. جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات و رسم نمودارهای مربوط و نرم افزار از Design Expert 7.1.6 بهره گرفته شد.

3- نتایج و بحث

1-3- ترکیبات شیمیایی مواد اولیه

ترکیبات شیمیایی مواد اولیه مورد استفاده بر اساس وزن مرطوب در جدول(2) آورده شده است.

2-3- تاثیر متغیرهای فرمولاسیون و فرایند اکستروژن بر میزان رطوبت فراورده حجیم شده

بر اساس نتایج آنالیز واریانس مندرج در جدول(3)، همان‌طور که مشخص است عبارت‌های معنی‌دار مدل شامل نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت و رطوبت خوراک ورودی بودند ($p<0/05$). چنان‌چه مشاهده می‌شود آزمون عدم قطعیت برازش مدل بیانگر عدم معنی‌داری آن بود. از سوی دیگر بر اساس جدول (3) مقادیر بالای ضریب تبیین (0/936) و ضریب

جدول (1) نمایش متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر آن‌ها

متغیرهای مستقل	نماد ریاضی	کد و سطح مربوطه		
		-1	0	+1
نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت (٪)	A	10	20	30
سرعت چرخش مارپیچ(rpm)	C	120	175	220
رطوبت خوراک ورودی(٪)	D	12	14	16

جدول(2) ترکیبات شیمیایی مواد اولیه (کنجاله بادام و بلغور ذرت) (100g/g) بر اساس وزن خشک

ترکیب ماده غذایی	رطوبت	خاکستر	کربوهیدرات	پروتئین	چربی
کنجاله بادام	0/09±5/7	0/07±3/27	0/59±38/7	0/38±33/6	0/63±16/9
بلغور ذرت	0/12±11/3	0/05±0/65	0/78±75/5	0/51±6/89	0/15±2/8

جدول(3) نتایج حاصل از آنالیز واریانس

	رطوبت	فعالیت‌آبی	تخلخل	شاخص‌های رنگ				صفات حسی	
				روشنی	قرمزی	زردی	رنگ	بافت	پذیرش‌کلی
نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت	0/0001**	0/0004**	0/0001**	0/9654 ns	0/9431 ns	0/0001**	0/0001**	0/0001**	0/0083**
سرعت چرخش مارپیچ	0/188 ns	0/6877 ns	0/0023**	0/0294*	0/9410 ns	0/0149*	0/0001**	0/0037**	0/0001**
رطوبت خوراک ورودی	0/0004**	0/0130*	0/0015**	0/0101*	0/0002**	0/1398 ns	0/0001**	0/0049**	0/0199*
مدل	0/0001**	0/0005**	0/0001**	0/0005**	0/0001**	0/0001**	0/0001**	0/0001**	0/0001**
عدم برازش	0/353ns	0/121ns	0/923 ns	0/328 ns	0/200 ns	0/124 ns	0/879 ns	0/181 ns	0/23 ns
ضریب تبیین	0/936	0/941	0/905	0/814	0/844	0/909	0/91	0/891	0/873
ضریب تصحیح شده تبیین	0/909	0/842	0/84	0/686	0/736	0/847	0/879	0/85	0/829

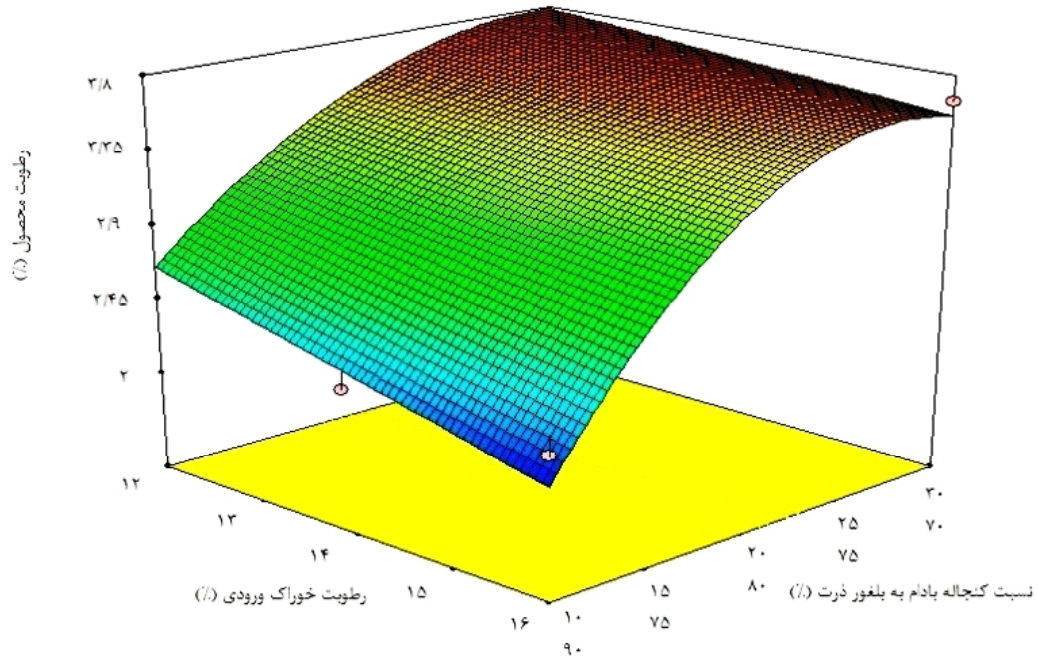
** معنی دار در سطح99٪، * معنی دار در سطح 95٪، ns عدم معنی داری

تبیین تصحیح شده (0/909)، بیانگر تناسب بالای مدل برای برازش داده‌ها است. میزان رطوبت حاصله از این نمونه‌ها بین مقادیر 1/89و 3/94 بود، که این محدوده مشابه نتایج رطوبت غذای کودک اکسترود شده (مخلوطی از آردهای گندم، ذرت، جوانه گندم و بادام زمینی) بود [23]. از آن‌جایی‌که افزایش حجم ناشی از ژلاتیناسیون نشاسته و تبخیر آب می‌باشد، لذا مقدار رطوبت باقی‌مانده در محصول به‌عنوان تابعی از متغیرهای مستقل مطرح است. برخی محققین اعمال فرایند اکستروژن تحت دمای زیاد و سرعت بالای چرخش مارپیچ را باعث وقوع تغییرات ساختاری در پروتئین و در نهایت کاهش رطوبت محصول دانسته‌اند[20]. همان‌گونه که در شکل (1) مشاهده می‌گردد، بیش‌ترین میزان رطوبت محصول در نمونه‌هایی با رطوبت خوراک ورودی بالا و کم‌ترین میزان هم به نمونه‌هایی با رطوبت خوراک ورودی پایین تعلق داشت. نتایج مشابه توسط آسار و همکاران در فراورده حجیم بر پایه برنج- بادام زمینی نیز گزارش شده است [16]. با توجه به این‌که رطوبت به‌عنوان پلاستیسایزر عمل می‌کند بر ویژگی‌های بافتی مانند تخلخل و دانسیته اثر گذار خواهد بود. با افزایش رطوبت خوراک ورودی، فشار بخار در دای[1] افزایش یافته، هسته زایی تهییج شده و بافتی با تخلخل و ضریب انبساط بالاتری تولید می‌گردد [16، 20] که این پدیده منطبق بر یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری تخلخل نیز می‌باشد. بر اساس شکل (1) با افزایش میزان کنجاله بادام میزان رطوبت محصول تولیدی افزایش می‌یابد. علت این پدیده وجود پروتئین و فیبر بالا است که توانایی باند شدن و نگه‌داری آب آزاد را در شبکه ماده غذایی دارند که این نتایج منطبق بر نتایج حاصل از محصولات اکسترود شده دیگر مانند برنج، نخود و بادام زمینی و بر پایه پوره سیب می‌باشد [16، 20].

3-3- تاثیر متغیرهای فرمولاسیون و فرایند اکستروژن بر فعالیت آبی فراورده حجیم شده

در مورد میزان فعالیت آبی نمونه حجیم شده بر اساس نتایج آنالیز واریانس (جدول3) همان‌طور که مشخص است عبارت‌های

1. دای به قطعه‌های در اکستروژن گفته می‌شود که مذاب پلیمری از یک سو وارد آن می‌شود و در طرف دیگر در هنگام خروج به شکل روزنه دای در آمده، با یک سطح مقطع ثابت به‌طور پیوسته شکل دهی شده و از آن خارج می‌گردد.



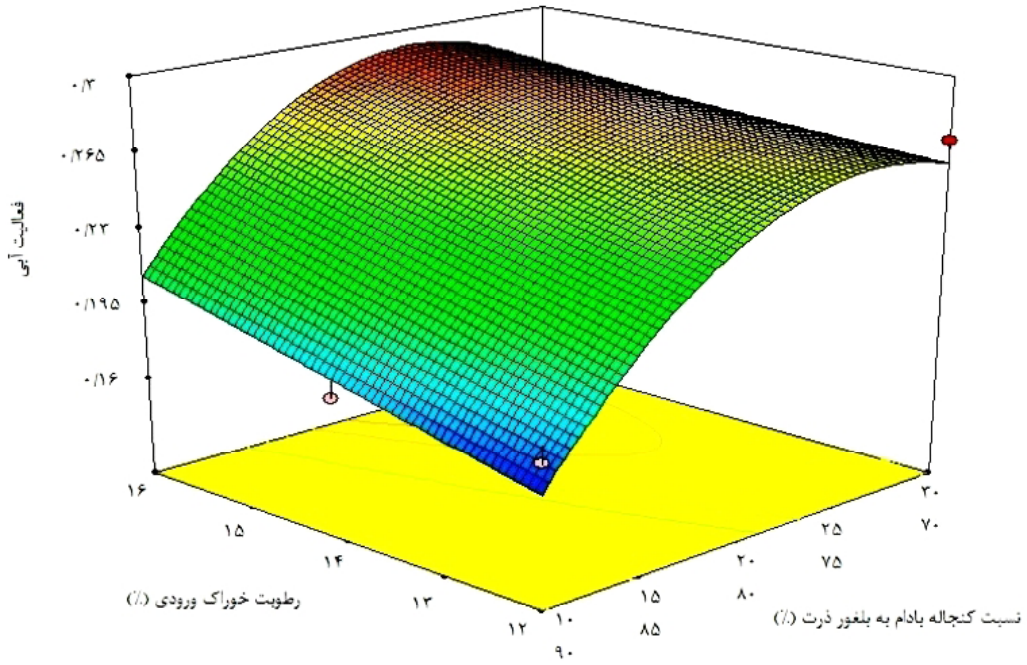
شکل(1) نمودار تأثیر رطوبت خوراک ورودی و نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت بر رطوبت فراورده میان وعده حجیم

معنی‌دار مدل شامل نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت و رطوبت خوراک ورودی بودند ($p<0/05$). معنی‌دار نبودن آزمون عدم برازش نشان دهنده برازش مناسب مدل برای داده های مورد بررسی می‌باشد و هم‌چنین مقادیر بالای ضریب تبیین و ضریب تبیین تصحیح شده ، به‌ترتیب0/941 و 0/842 بیانگر تناسب بالای مدل برای برازش داده‌ها است (جدول 3). میزان فعالیت آبی حاصله از این نمونه‌ها بین مقادیر 0/148و0/308بود. مواد غذایی با فعالیت آبی کم‌تر از 0/7 در مقابل رشد میکروب‌ها و با فعالیت آبی کم‌تر از 0/6 در مقابل رشد کپک‌ها مقاوم و مصون هستند [24]. بر اساس شکل (2) همان‌گونه که انتظار می‌رود در نمونه‌هایی که رطوبت بالاتری دارند، میزان فعالیت آبی بالاتری نیز اندازه‌گیری شده است[24]. این نتایج منطبق بر گزارشات سایر محققین می‌باشد [25، 26].

سرعت چرخش مارپیچ تاثیر معنی‌داری بر میزان فعالیت آبی ندارد، عدم تاثیر این فاکتور بر میزان رطوبت نیز مشاهده گردید. چوانان و همکاران نیز در بررسی‌های خود به همین نتیجه رسیده بود [25]. با افزایش میزان کنجاله بادام از 10 تا 20٪ روند تغییرات فعالیت آبی به ورت افزایشی بود ولیکن با افزایش سطح کنجاله بادام از 20 تا 30٪ نمودار فعالیت آبی روند ثابتی را طی نموده به‌طوری‌که در غلظت 30٪ کاهش جزئی در روند نمودار مشاهده گردید. تغییرات میزان فعالیت آبی در ماده غذایی متاثر از تغییرات ساختار میکروسکوپی و ماکروسکوپی ماده غذایی است که توانایی باند شدن آب با ذرات ماده غذایی و واکنش‌های رخ داده در ماده غذایی را مشخص می‌نماید. چوانان و همکاران محصول اکسترود شده بر پایه DDGS و پروتئین آب پنیر تهیه نمود. مطابق گزارش نامبردگان افزایش DDGS از 20 تا 30٪ میزان فعالیت آبی 6/4٪ افزایش یافت و با افزایش DDGS از 30 تا 40٪ میزان فعالیت آبی میزان فعالیت آبی 4٪ کاهش می‌یابد [25]

4-3- تاثیر متغیرهای فرمولاسیون و فرایند اکستروژن بر تخلخل فراورده حجیم شده

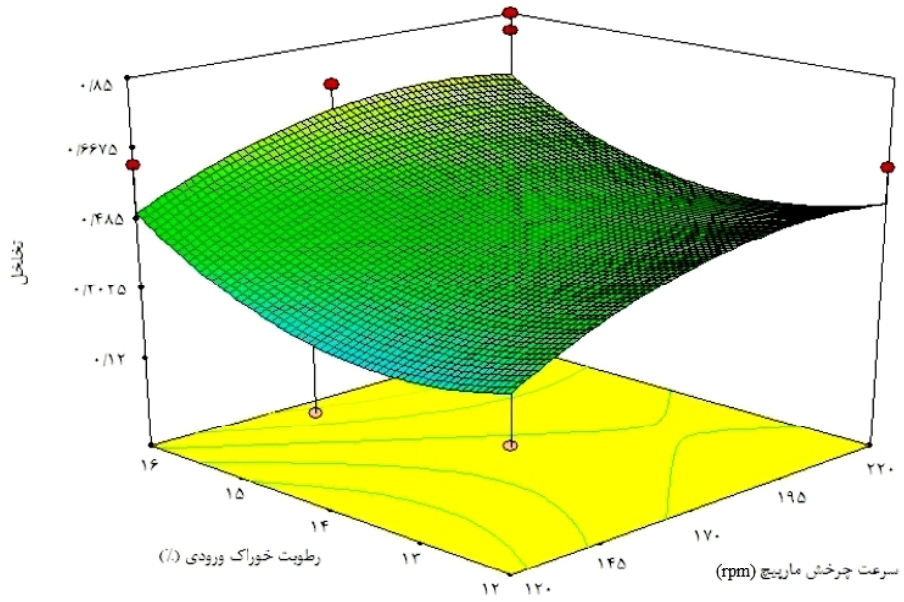
بر اساس نتایج آنالیز واریانس مندرج در جدول (3) همان‌طور که مشخص است عبارت‌های معنی‌دار مدل شامل نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت و رطوبت خوراک ورودی و سرعت مارپیچ بودند و هم‌چنین اثر متقابل‌های نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت-سرعت چرخش مارپیچ و میزان نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت-رطوبت نیز معنی‌دار بودند. از نظر آماری مدل خطی برای متغیر فرمولاسیون و مدل درجه دوم برای متغیر فرایند معنی‌دار بود ($p<0/05$). چنان‌چه مشاهده



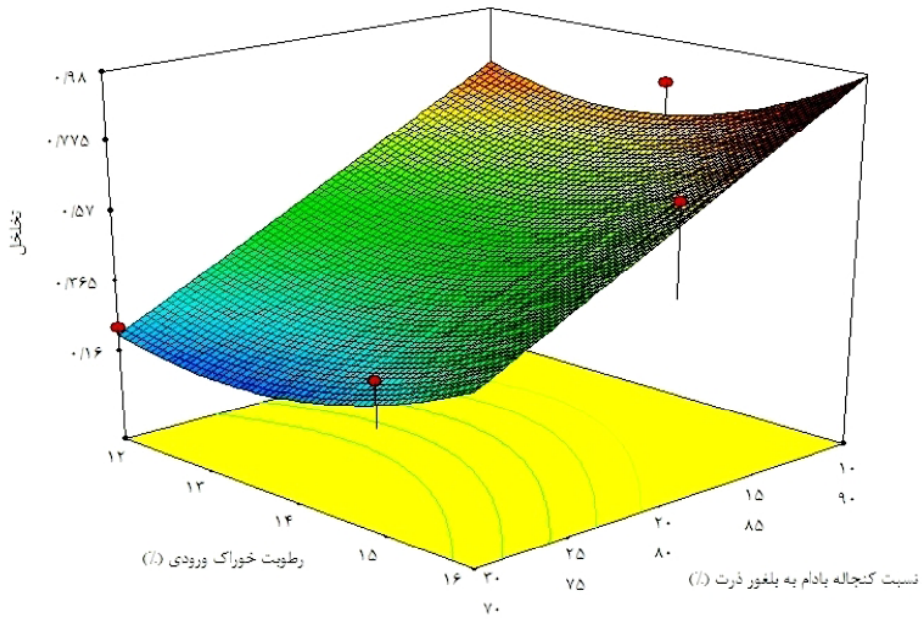
شکل(1) نمودار تأثیر رطوبت خوراک ورودی و نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت بر فعالیت آبی میان وعده حجیم

می‌شود آزمون عدم قطعیت برازش مدل بیانگر عدم معنی‌داری آن بود. از سوی دیگر بر اساس جدول (3) مقادیر بالای ضریب تبیین(0/905) و ضریب تبیین تصحیح شده (0/84)، بیانگر تناسب بالای مدل برای برازش داده‌ها است. میزان حداقل و حداکثر تخلخل به‌دست آمده در این پژوهش بر اساس داده‌های آماری به‌ترتیب 0/0606و0/912می‌باشد. شکل (3)، اثر همزمان متغیرهای سرعت چرخش مارپیچ، رطوبت خوراک ورودی و نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت را بر میزان تخلخل محصول بافت داده و حجیم نشان داده شده است. با توجه به شکل 3-الف، افزایش رطوبت از میزان14تا 16٪ تاثیر معنی‌داری بر افزایش تخلخل فراورده حجیم شده داشت، این رفتار به علت افزایش حضور آب در دسترس و تولید مراکز هسته زایی قابل توجیه است[27]. در این حالت حباب‌های کوچک‌تر و بیش‌تری شکل می‌گیرند و بافت محصول اسفنجی می‌گردد[27]. افزایش تخلخل با افزایش میزان رطوبت توسط محققینی چون یاگچی و گوگز (افزایش رطوبت 12 تا 18٪) و ماجومدار و سینگ (افزایش رطوبت 18 تا 22٪) اوزر و همکاران (افزایش رطوبت 11 تا 13%) و پانکی‌یاما و همکاران (افزایش رطوبت 12 تا 18٪) گزارش شده است [28-30].

افزایش سرعت چرخش مارپیچ سبب افزایش میزان تخلخل گردید. تاثیر سرعت چرخش مارپیچ بر تخلخل مربوط به افزایش تنش برشی اعمال شده بر گدازه در حال اکسترود می‌باشد که منجربه کاهش ویسکوزیته و الاستیسیته خمیر شده، به رشد حباب‌ها در طول فرایند کمک می‌کند[20]. نتایج مشابه توسط ماجومدار و سینگ نیز ارائه شده است[30]. همان‌گونه که در شکل 3-ب، مشاهده می‌گردد، افزایش میزان کنجاله بادام بر تخلخل نمونه‌های اکسترود شده اثر منفی دارد. طوری که کم‌ترین میزان تخلخل(0/0606) به سطوح بالای میزان کنجاله بادام (30٪) مربوط می‌گردد. نشاسته مسئول ایجاد بافت با ساختار اسفنجی است با کاهش غلظت آن تخلخل کم‌تری در ساختار بافت ایجاد می‌گردد[29] ،هم‌چنین افزایش میزان فیبر به دلیل خاصیت هیدروفوبی قوی مانعی جهت ژلاتینه شدن نشاسته، تشکیل دیواره مناسب برای سلول‌های هوایی و گسترش سلول‌های هوایی می‌باشد [20، 31، 32]. این یافته‌ها منطبق بر نتایج یاگچی و گوگز در مورد نمونه‌های اکسترود شده محتوی پودر بادام زمینی چربی‌گیری شده و اوشه و همکاران در محصول اکسترود شده محتوی پوره سیب می‌باشد[20، 29].



(الف)



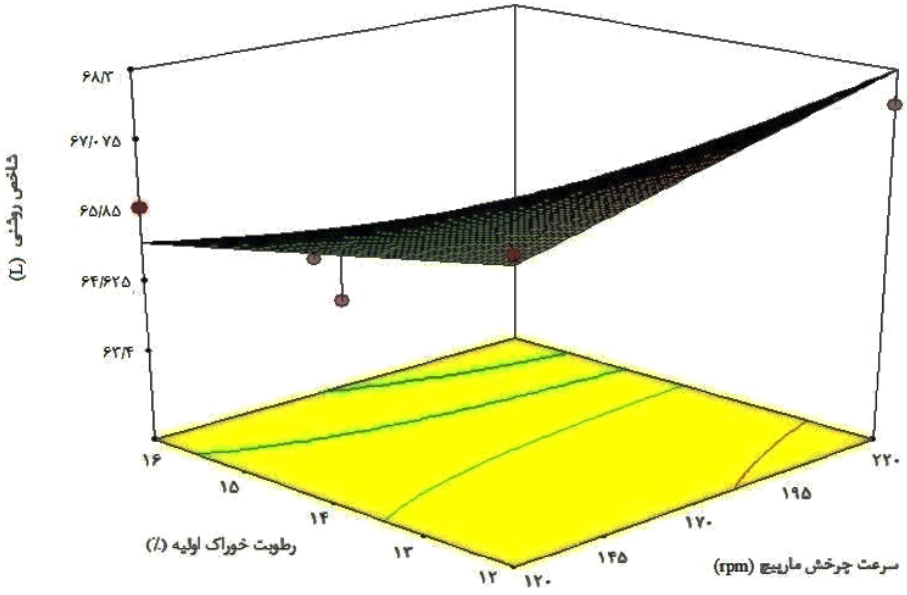
(ب)

شکل(3) نمودار تأثیر رطوبت خوراک ورودی و سرعت چرخش مارپیچ الف) و رطوبت خوراک ورودی و نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت، ب) بر تخلخل میان وعده حجیم

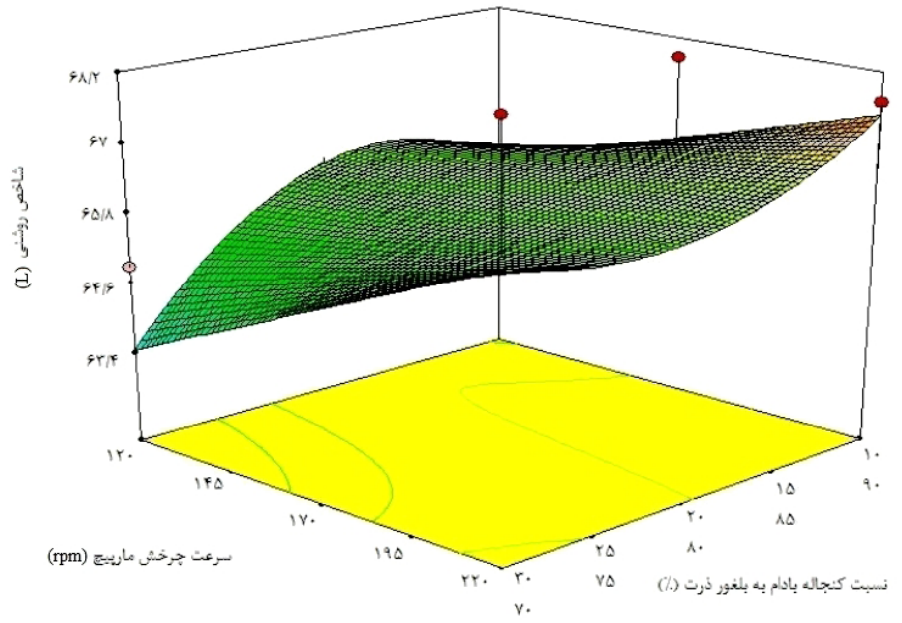
5-3- تاثیر متغیرهای فرمولاسیون و فرایند اکستروژن بر ویژگی‌های رنگی فراورده حجیم شده شاخص روشنی (L) محصول بافت داده

نتایج تجزیه واریانس شاخص روشنی در جدول (3) نشان می‌دهد که از نظر آماری مدل چند جمله‌ای برای متغیر فرمولاسیون و مدل خطی برای متغیر فرایند معنی‌دار بود. همان‌طور که مشخص است عبارت معنی‌دار مدل مربوط به برهم کنش رطوبت خوراک ورودی-نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت بود ($p<0/05$). آزمون عدم قطعیت برازش مدل بیانگر عدم معنی‌داری آن بود. از سوی دیگر بر اساس جدول (3) مقادیر بالای ضریب تبیین (0/814) و ضریب تبیین تصحیح شده (0/686)، بیانگر تناسب بالای مدل برای برازش داده‌ها

است. مقادیر به‌دست آمده برای شاخص روشنی 61/455 تا 68/707 بود. چنان‌چه مشاهده می-شود آزمون عدم قطعیت برازش مدل بیانگر عدم معنی‌داری آن بود. اثر همزمان دو متغیر فوق بر میزان شاخص روشنی (L) در شکل (4) نشان داده شده است. میزان (L)، اندازه‌گیری روشنایی رنگ است و از روشنایی 100 برای نمونه کاملا سفید و صفر برای کاملا سیاه درجه بندی می‌شود. روشنایی با میزان ژلاتیناسیون همبستگی مثبتی نشان می‌دهد. بر اساس شکل 4-الف، در میزان رطوبت 12٪ با افزایش سرعت چرخش مارپیچ میزان روشنی افزایش یافت در حالی‌که در میزان رطوبت بیش‌تر (16٪) عکس این حالت مشاهده می‌گردد. طوری‌که بیش‌ترین میزان شاخص روشنی به سرعت چرخش 220 و رطوبت 12٪ متعلق بود.



(الف)



(ب)

شکل(4) نمودار تأثیر رطوبت خوراک ورودی و سرعت چرخش مارپیچ الف) و سرعت چرخش مارپیچ و نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت، ب) بر شاخص روشنی(L)میان وعده حجیم

این پدیده احتمالا به علت افزایش سرعت برشی و کاهش زمان ماند و مهم‌تر از همه افزایش انرژی مکانیکی ویژه است [35-33]. درگزارشات دورگه و همکاران و لی و همکاران نیز نتایج مشابهی مشاهده گردید [21، 33]. با افزایش رطوبت و افزایش سرعت چرخش مارپیچ میزان روشنی رنگ کاهش می‌یابد، که متاثر از تشدید دو عامل واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی و تخریب رنگدانه‌های کاروتنوئید می‌باشد[21].

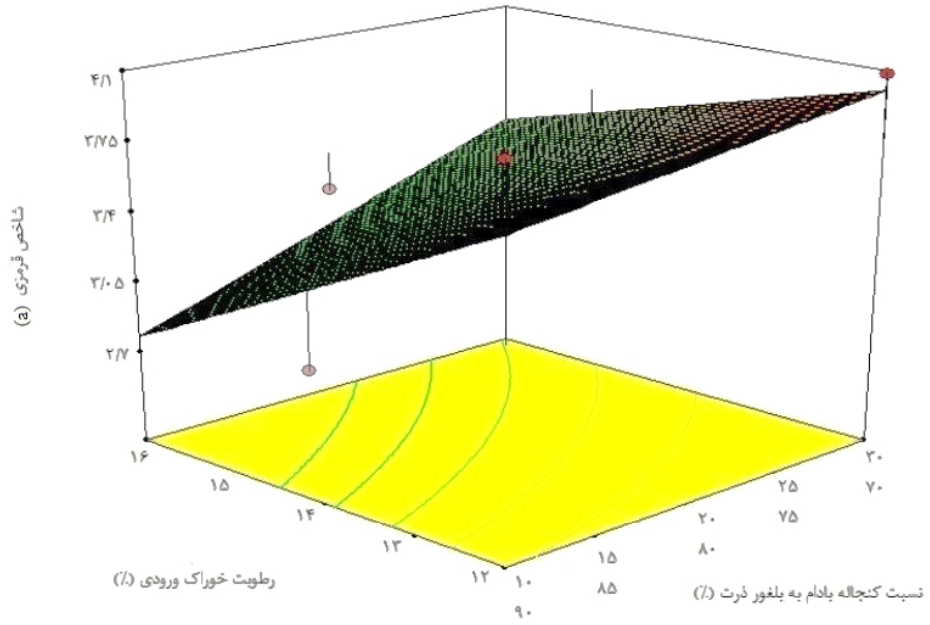
همان‌گونه که در شکل 4-ب، مشاهده می‌گردد با افزایش میزان کنجاله بادام شاخص روشنی محصول کاهش می‌یابد. تغییرات شاخص اندیس روشنی متاثر از چند عامل است: 1- تخلخل و افزایش حجم در نتیجه ژلاتینه شدن بیش‌تر نشاسته ، باعث ایجاد رنگ روشن‌تر در محصول می‌شود، لذا با کاهش میزان نشاسته، تخلخل کاهش یافته محصول تیره‌تر می‌گردد[8، 36]. 2- واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی که با افزایش میزان کنجاله بادام به علت افزایش پروتئین، فیبر و قند در مخلوط اکسترود شده است تشدید می‌شود[5، 17]. 3- به‌علت حضور رنگدانه‌های موجود در پوست بادام تیرگی بیش‌تری در محصول مشاهده می‌گردد[6].

نتایج یاگچی و گوگز در زمینه محصول حجیم شده محتوی آرد فندق چربی‌گیری شده، ناسزیمنتو و همکاران در مورد فراورده حجیم شده بر پایه کنجاله کنجد و ذرت و ساچتی و همکاران در مورد محصول حجیم محتوی شاه بلوط نیز موید همین مطلب است [6 ،32، 37].

6-3- شاخص قرمزی (a) محصول بافت داده شده

بر اساس جدول (3) نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که از نظر آماری برای شاخص قرمزی (a) فراورده حجیم شده مدل خطی برای متغیر فرمولاسیون و مدل چند جمله‌ای برای متغیر فرایند معنی‌دار بود ($p<0/05$). هم‌چنین مقادیر بالای ضریب تبیین و ضریب تبیین تصحیح شده، به‌ترتیب0/844 و 0/736 بیانگر تناسب بالای مدل برای برازش داده‌ها است (جدول 3). میزان شاخص قرمزی 2/36 تا 4/18 اندازه گیری گردید. همان‌طور که مشخص است عبارت معنی‌دار مدل مربوط به مدل، رطوبت خوراک ورودی و هم‌چنین اثر متقابل رطوبت خوراک ورودی-نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت و اثر متقابل سرعت چرخش مارپیچ-رطوبت خوراک ورودی میباشد ($p<0/05$). چنان‌چه مشاهده می‌شود آزمون عدم قطعیت برازش مدل بیانگر عدم معنی‌داری آن بود. اثر هم‌زمان دو متغیر فوق بر میزان شاخص روشنی (a) در شکل (5)، نشان داده شده است.

با افزایش میزان کنجاله بادام شاخص رنگ قرمز افزایش یافته که به احتمال زیاد، به دلیل وجود رنگدانه‌های قهوه‌ای در پوست بادام موجود در فرمولاسیون فراورده می‌باشد. مشابه این



شکل(5) نمودار تأثیر رطوبت خوراک ورودی و نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت بر شاخص قرمزی(a)میان وعده حجیم

نتایج توسط یاگچی و گوگز در نمونه‌های محصول با آرد فندق چربی‌گیری شده نیز گزارش گردیده بود[6]. تغییرات شاخص a و b در طی فرایند اکستروژن به‌طور معمول به‌صورت معکوس نسبت به یکدیگر می‌باشد. با افزایش رطوبت شاخص قرمزی (a) کاهش یافته که به علت محافظت بیش‌تر رنگدانه‌ها در مقابل تخریب و پایین بودن انجام واکنش‌های قهوه‌ای شدن نسبت به محدوده رطوبتی بالاتر است[35، 38] و هم‌چنین با افزایش انرژی مکانیکی ویژه که در اثر کاهش رطوبت و افزایش سرعت چرخش مارپیچ حادث می‌گردد شاخص قرمزی (a) افزایش می‌یابد [34].

3-7- شاخص زردی (b) محصول بافت داده شده

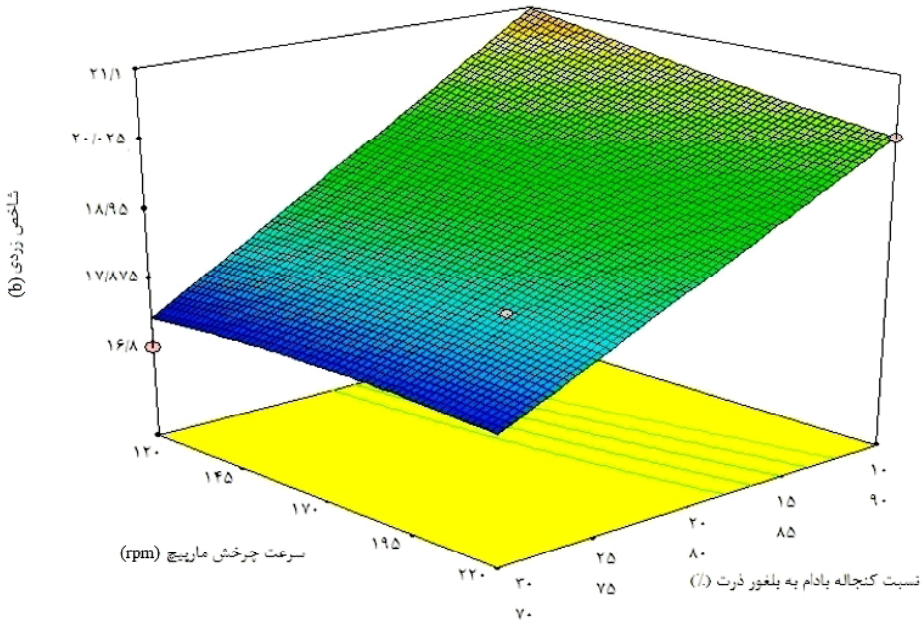
بر اساس جدول (3) نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که از نظر آماری برای شاخص زردی (b) فراورده حجیم شده مدل خطی برای متغیر فرمولاسیون و مدل درجه دوم برای متغیر فرایند معنی‌دار بود ($p<0/05$). چنان‌چه مشاهده می‌شود آزمون عدم قطعیت برازش مدل بیانگر عدم معنی‌داری آن بود و هم‌چنین مقادیر بالای ضریب تبیین و ضریب تبیین تصحیح شده، به‌ترتیب 0/909 و 0/847 بیانگر تناسب بالای مدل برای برازش داده‌ها است (جدول 3). مقادیر شاخص زردی بین 16/8 و22/08 محاسبه گردید. همان‌طور که مشخص است عبارت معنی‌دار مدل مربوط به مدل، نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت، سرعت چرخش مارپیچ و اثر متقابل نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت- سرعت چرخش مارپیچ میباشد ($p<0/05$). اثر همزمان دو متغیر فوق بر میزان شاخص روشنی (b) در شکل (6) نشان داده شده است، بر اساس این شکل در نمونه‌هایی با نسبت کنجاله بادام -بلغور ذرت (10-90) میزان شاخص رنگ زرد در حداکثر میزان است. با کاهش میزان کنجاله بادام و بالطبع افزایش بلغور ذرت میزان رنگدانه کاروتنوئید و نشاسته در محصول افزایش می‌یابد. افزایش این رنگدانه در کنار افزایش میزان نشاسته باعث زیاد شدن میزان شاخص زردی در محصول می‌گردد.

نتایج حاصل از آنالیز آماری نشان داد که افزایش سرعت چرخش مارپیچ در فرمولاسیون کنجاله بادام-بلغور ذرت (10-90) موجب کاهش رنگ زرد فراورده‌های اکسترود می‌شود. افزایش سرعت چرخش مارپیچ از یک نظر منجربه افزایش نیروی برشی، انرژی مکانیکی ویژه و زمان ماند میگردد که به افزایش واکنش‌های قهوه‌ای شدن می‌انجامد. از طرف دیگر، افزایش تنش برشی می‌تواند باعث افزایش تخریب رنگدانه‌های کاروتنوئید و کاهش رنگ زرد محصول گردد[32، 36].

3-8- ویژگی‌های حسی

3-8-1- رنگ

رنگ ماده غذایی جزء عوامل مهم در جذب مشتری و انتخاب آن



شکل(6) نمودار تأثیر سرعت چرخش مارپیچ و نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت بر شاخص زردی(b) میان وعده حجیم

محصول توسط مصرف‌کننده است. بر اساس نتایج آنالیز واریانس صفات حسی رنگ (جدول 3) از نظر آماری مدل درجه دوم برای متغیرهای فرمولاسیون و هم‌چنین فرایند معنی‌دار بود. چنان‌چه مشاهده میشود آزمون عدم قطعیت برازش مدل بیانگر عدم معنی‌داری آن بود ($p<0/05$). هم‌چنین مقادیر بالای ضریب تبیین و ضریب تبیین تصحیح شده، به‌ترتیب 0/91 و 0/879 بیانگر تناسب بالای مدل برای برازش داده‌ها است (جدول 3). عبارت‌های معنی‌دار مدل شامل نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت، سرعت چرخش مارپیچ و میزان رطوبت خوراک ورودی و هم‌چنین اثر متقابل نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت- سرعت چرخش مارپیچ، نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت-رطوبت خوراک ورودی و هم‌چنین سرعت چرخش مارپیچ-رطوبت خوراک ورودی بودند ($p<0/05$). میزان امتیاز داده شده از سوی ارزیابان حسی به رنگ نمونه‌هاها بین مقادیر 2و4/9 بود.

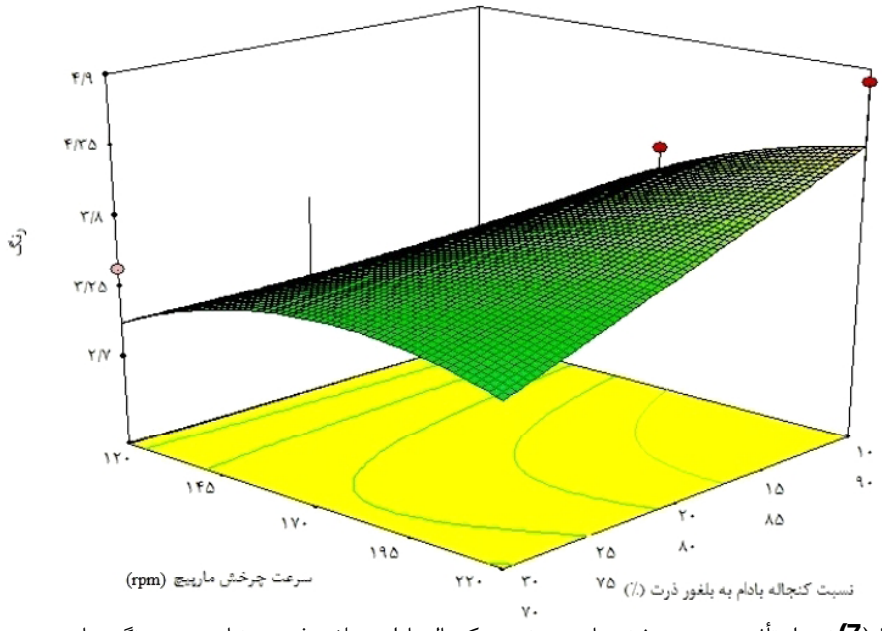
در شکل (7) اثر متقابل نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت و سرعت چرخش مارپیچ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد در نمونه‌های محتوی نسبت کنجاله بادام -بلغور ذرت (10-90) میزان صفت حسی رنگ در حداکثر میزان است. با افزایش میزان کنجاله بادام در محصول از دید ارزیابان حسی کاهش یافت.

تخریب رنگدانه‌های خوراک ورودی، محو شدگی وکاهش رنگ در اثر انبساط و تولید رنگ‌های نامطلوب جدید به علت واکنش‌های کاراملیزاسیون، واکنش‌های مایلارد و تولید محصولات ناشی از واکنش‌های اکسیداتیو چربی و پروتئین باعث ایجاد تغییرات رنگی در محصولات حجیم شده می‌گردد [38]. در نتیجه با افزایش میزان پروتئین در نمونه‌های حاوی 30٪ کنجاله بادام امکان انجام واکنش‌های مایلارد (واکنش گروه‌های آمینو پروتئین کنجاله بادام با کربوهیدرات بلغور ذرت) افزایش پیدا کرده احتمال تولید رنگدانه‌های قهوه‌ای غیر محلول زیادتر شده در نتیجه ویژگی رنگی فراورده از دید مصرف‌کننده کاهش چشمگیری می‌یابد[38]. کاهش ویژگی حسی رنگ در نمونه اسنک تهیه شده با افزایش آرد فندق چربی‌گیری شده توسط یاگچی و گوگز، افزایش میزان عدس توسط لازو و کروکیدا و هم‌چنین با افزایش آرد نوعی بادام زمینی توسط ساچتی و همکاران نیز گزارش شده است[6، 37، 38].

بر اساس شکل (7) و نتایج حاصل از آنالیز آماری افزایش سرعت چرخش مارپیچ در فرمولاسیون کنجاله بادام -بلغور ذرت (10-90) موجب افزایش رنگ فراورده‌های اکسترود می‌شود.

2-8-3- بافت

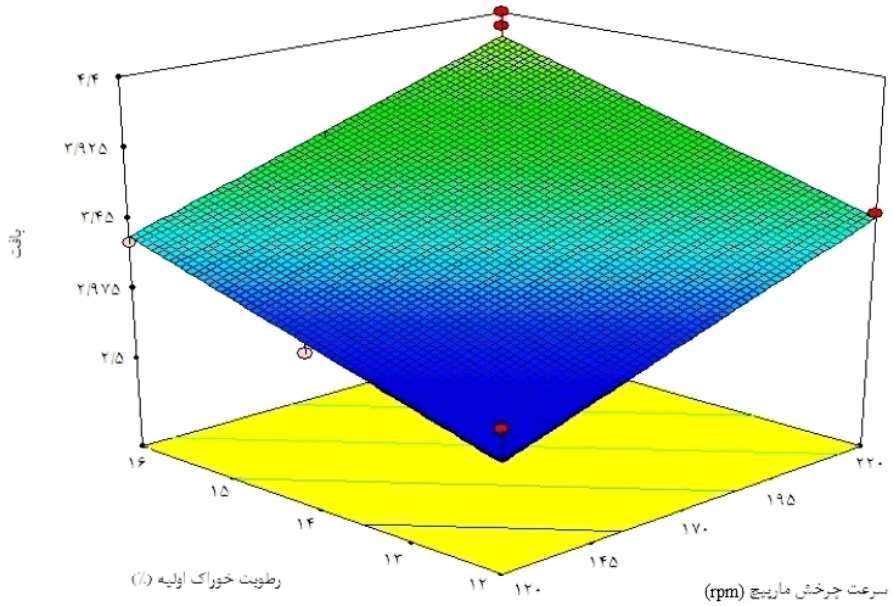
بر اساس نتایج آنالیز واریانس (جدول 3) از نظر آماری مدل درجه دوم برای متغیرفرمولاسیون و مدل خطی برای



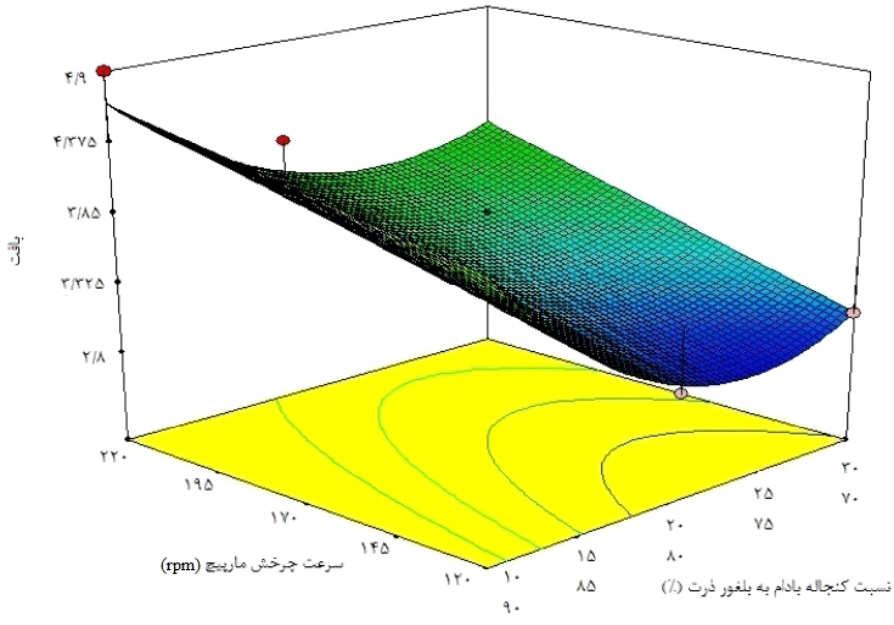
شکل(7) نمودار تأثیر سرعت چرخش مارپیچ و نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت بر نتایج حسی رنگ میان وعده حجیم

متغیر فرایند معنی‌دار بود (p<0/05). عبارت‌های معنی‌دار مدل شامل نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت میزان رطوبت خوراک ورودی و سرعت چرخش مارپیچ بودند. چنان‌چه مشاهده می‌شود آزمون عدم قطعیت برازش مدل بیانگر عدم معنی‌داری آن بود. هم‌چنین مقادیر بالای ضریب تبیین و ضریب تبیین تصحیح شده، به‌ترتیب0/891 و 0/85 بیانگر تناسب بالای مدل برای برازش داده‌ها است (جدول 3). میزان امتیاز دهی داوران حسی به بافت نمونه‌ها ها بین مقادیر 2/8و4/9بود.

همان‌گونه که در شکل8-الف، ملاحظه می‌شود، با افزایش سرعت چرخش مارپیچ و افزایش رطوبت میزان مطلوبیت بافت از دید داوران حسی افزایش می‌یابد. متغیرهای فرایند اکستروژن (سرعت چرخش مارپیچ و میزان رطوبت) روی



(الف)



(ب)

شکل(4) نمودار تأثیر رطوبت خوراک ورودی و سرعت چرخش مارپیچ الف) و سرعت چرخش مارپیچ و نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت، ب) بر شاخص روشنی(L)میان وعده حجیم

ویژگی‌های ماکروساختار فراورده اکسترود شده تاثیر قابل توجهی دارد، زیرا این عوامل روی میزان ژلاتینه شدن نشاسته و در نتیجه تعداد و اندازه حفرات هوایی تشکیل شده اثر گذار هستند. به‌طور کلی با توجه به این‌که با افزایش سرعت چرخش مارپیچ و افزایش رطوبت، ویسکوزیته خمیر کاهش می‌یابد، درجه ژلاتنیزاسیون و رشد حباب‌ها افزایش می‌یابد لذا از لحاظ بافتی محصول نرم‌تری حاصل می‌گردد[38].

با توجه به شکل8-ب، با افزایش کنجاله بادام از 10 تا 25٪ به دلیل افزایش فیبر و پروتئین و چربی میزان صفت حسی بافت کاهش شدیدی یافت. در ارزیابی سختی بافت توسط ساچتی و همکاران با افزایش 20 تا 40٪ آرد نوعی بادام زمینی در اسنک نیز افزایش سختی گزارش شده است[37]. روند تغییرات میزان صفات حسی بافت با میزان سختی اندازه گیری شده توسط روش دستگاهی مشابه می‌باشد. همبستگی خوب بین مقادیر اندازه‌گیری شده بافت به روش ارزیابی حسی و روش دستگاهی به‌وسیله سایر محققین نیز قید شده است [5]

3-8-3- پذیرش کلی

بر اساس جدول (3) و نتایج آنالیز واریانس مندرج در آن مدل درجه دوم برای متغیرهای فرمولاسیون و هم‌چنین فرایند معنی‌دار بود چنان‌چه مشاهده می‌شود، آزمون عدم قطعیت برازش مدل بیانگر عدم معنی‌داری آن بود. هم‌چنین مقادیر بالای ضریب تبیین و ضریب تبیین تصحیح شده، به‌ترتیب0/873 و 0/829 بیانگر تناسب بالای مدل برای برازش داده‌ها است (جدول 3). عبارت‌های معنی‌دار مدل شامل میزان کنجاله بادام، سرعت چرخش مارپیچ و میزان رطوبت و اثر متقابل نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت و سرعت چرخش مارپیچ بودند ($p< 0/05$). میزان امتیاز دهی داوران حسی به میزان پذیرش کلی نمونه‌ها ها بین مقادیر 2/3و4/75 بود.

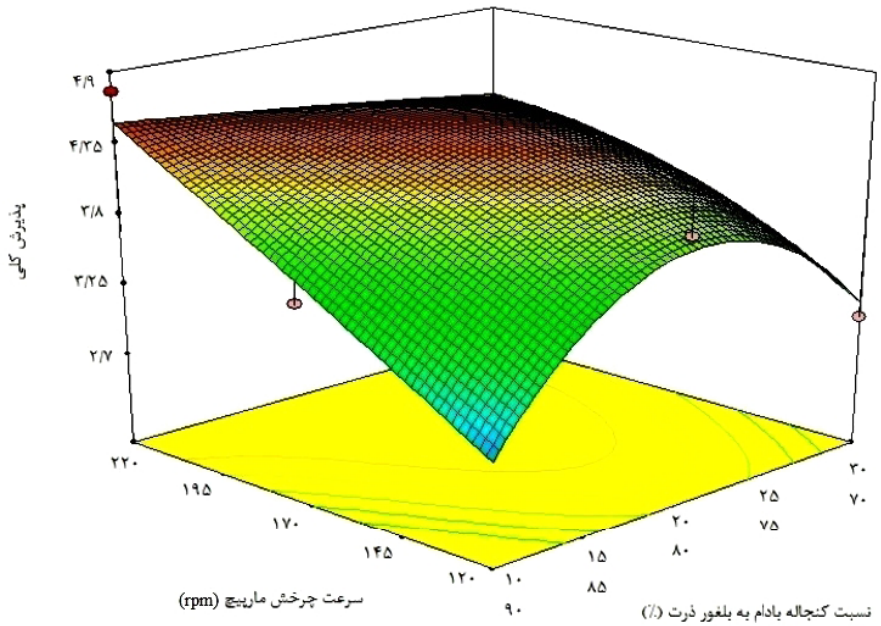
با افزایش 10٪ تا 20 میزان کنجاله بادام شاهد افزایش پذیرش کلی و در مقادیر بیش از 20٪ شاهد کاهش میزان پذیرش کلی بودیم، طوری‌که کم‌ترین میزان پذیرش کلی در میزان30٪ کنجاله بادام مشاهده گردید. چون میزان پذیرش کلی فاکتوری است که متاثر از تمامی عوامل ظاهری محصول شامل بافت، طعم، آروما و شکل ظاهری است. لذا در امتیاز دادن مقادیر پذیرش کلی مصرف‌کننده و ارزیابان مجموعه عوامل مختلف را مد نظر قرار می‌دهد[8]. بر اساس شکل (9) از لحاظ پذیرش کلی داوران حسی به نمونه تولید شده در سرعت چرخش 220 و نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت 10به90 حداکثر امتیاز را دادند. مورسی و همکاران نیز بیش‌ترین میزان پذیرش کلی (امتیاز خوب) را در مقادیر متوسط پودر برگ پنیرک (3-1٪) که غنی از فیبر و پروتیئن است گزارش نمودند [40]. به‌علاوه ناسزیمنتو و همکاران نیز حداکثر پذیرش کلی مصرف‌کننده‌ها را در نمونه اسنک غنی شده با 20٪ کنجاله کنجد گزارش نموده است[32]. هم‌چنین در پژوهش ساچتی و همکاران نیز بیش‌ترین میزان پذیرش کلی توسط داوران حسی به اسنک با سطوح متوسط(30%) آرد نوعی بادام زمینی داده شده بود [37]. یاگچی و گوگز هم بیان نمودند که اسنک‌هایی با میزان آرد فندق چربی‌گیری شده بالا پذیرش کلی بیش‌تری از سوی داوران حسی دریافت نمودند[5]. یافته‌های این پژوهش حاکی از این است که اسنک حجیم شده به نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت (20 به 80) علاوه بر داشتن خصوصیات تغذیه‌ای مطلوب، ویژگی‌های عملگری و بافتی (میکروساختار و ماکروساختار) مناسب مورد پذیرش مصرف‌کننده‌ها نیز می‌باشد.

3-9- بهینه‌یابی فرمولاسیون و فرایند اکستروژن در تولید فراورده حجیم

نتایج بهینه جهت دستیابی به فراورده ای با ویژگی کمینه رطوبت و فعالیت آبی، بیشینه میزان تخلخل و میزان روشنی، کمینه بافت و بیشینه پذیرش کلی در جدول (4) قابل مشاهده است. بر این اساس نسبت کنجاله بادام : بلغور ذرت15:85، سرعت چرخش مارپیچ 196 دور بر دقیقه و میزان رطوبت خوراک ورودی12٪ تعیین گردید.

4- نتیجه‌گیری

با عنایت به آثار سوء تغذیه‌ای فراورده‌های حجیم موجود مانند وجودشکر، نمک، چربی‌های اشباع و کالری بالا نگرانی در زمینه مصرف این گروه مواد غذایی وجود دارد، فراورده حجیم شده به لحاظ میزان فروش و میزان تقاضا بالا بستر مناسبی



شکل(9)نمودار تأثیر سرعت چرخش مارپیچ و نسبت کنجاله بادام به بلغور ذرت بر نتایج حسی پذیرش کلی میان وعده حجیم

جدول(4) نتایج بهینه یابی شرایط اکستروژن و فرمولاسیون

صفات	رطوبت(٪)	فعالیت آبی	تخلخل	روشنی	ویژگی‌های حسی	
					بافت	پذیرش کلی
مقادیر بهینه	2/76	0/21	0/723	68/62	3/78	4/04

را جهت تولید فراورده‌های سالم، مغذی و قابل جایگزینی با نمونه‌های تجاری موجود فراهم نموده است. در زمینه تولید محصولات جدید رضایت مصرف‌کننده از محصول غذایی جدید ارتباط تنگاتنگی با صفات حسی آن دارد. پذیرش محصول اکسترود شده به صفات فیزیکی و ویژگی‌های حسی مرتبط است. در پژوهش حاضر بررسی ویژگی‌های محصول حجیم تولیدی نشان دهنده قابلیت استفاده مجدد از فراورده‌های جنبی واحدهای روغن‌کشی در صنایع تبدیلی و کارایی آن در تولید فراورده حجیم فراسودمند بود. هم‌چنین نتایج حاکی از کاهش میزان رطوبت محصول و فعایت آبی، تخلخل و روشنی رنگ و هم‌چنین افزایش سفتی بافت با افزایش نسبت کنجاله و افزایش سرعت چرخش مارپیچ روشنی رنگ افزایش یافته، افزایش رطوبت و سرعت چرخش مارپیچ صفت حسی بافت کاهش یافته بود. در نهایت فرمول بهینه یابی شده شامل کنجاله بادام : بلغور ذرت15:85، سرعت چرخش مارپیچ196 دور بر دقیقه و میزان رطوبت بود. و افزایش سرعت چرخش مارپیچ روشنی رنگ افزایش یافته، افزایش رطوبت و سرعت چرخش مارپیچ صفت حسی بافت کاهش یافته بود. در نهایت فرمول بهینه یابی شده شامل کنجاله بادام : بلغور ذرت15:85، سرعت چرخش مارپیچ196 دور بر دقیقه و میزان رطوبت بود.

منابع

[1] Lario, Y., Sendra, E. (2004). Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-product. *IF-SET.*, 5, 113-117.

[2] Kebriti, M., Hoseini Mazhari, S. Z., Gerami, A., Ghiassi, B., Esfandyar, Ch. (2011). Survey on the Rate of Losses and Wastes in Oil Seeds Processing Plants in

Tehran Province. *Food Tech. Nutr.*, 8(1), 42-51.

[3] Esfahlan, A.J., Jamei, R ., Esfahlan, R.J., Esfahlan, A.J. (2010). The importance of almond (Prunus amygdalus L.) and its by-products. *Food Chem*., 120, 349-360.

[4] Lohani, U.C., Muthukumarappan, K. (2016). Effect of Extrusion Processing Parameters on Antioxidant, Textural and Functional Properties of Hydrodynamic Cavitated Corn Flour, Sorghum Flour and Apple Pomace-Based Extrudates. *J Food Process Eng*. doi: 10.1111/jfpe.12424.

[5] Yağci, S., Göğüş, F.)2009.(Development of extruded snack from food by-products: A response surface analysis. *J. Food Process Eng*., 32, 565-586.

[6] Yağci, S., Göğüş, F. (2009). Selected physical properties of expanded extrudates from the blends of hazelnut flour-durum clear flour-rice. *Int. J. Food Prop*., 12, 405-413.

[7] Bisharat, G.I., Eleni , P.N., Panagiotou, N.M., Krokida, M.K., Maroulis , Z.B. (2014). Thermal, textural, & physicochemical analysis of corn extrudates enriched with broccoli or olive paste. *Int. J. Food Prop*., 17(9), 2100-2116.

[8] Dehghan-Shoar, Z. Hardacre, A.K., Breean, C.S. (2010). The physico-chemical characteristics of extruded snacks enriched with tomato lycopene. *Food Chem*., 123(4), 1117-1122.

[9] Altan, A., Maskan, M. (2011). Development of Extruded Foods by Utilizing Food Industry By-Products, in M. Maskan, M., Altan, A. (Eds.), *Advances in Food Extrusion*, CRC Press, Publishing Inc., New York, U. S. A., PP.121-228.

[10] Johnson, G.H., Anderson G.H. (2010). Snacking Definitions: Impact on Interpretation of the Literature and Dietary Recommendations. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 50(9), 848-871.

[11] Forbes, S.L., Kahiya, E., Balderstone, C. (2016). Analysis of Snack Food Purchasing and Consumption Behavior. *J. Food Prod. Market*., 22(1), 65-88.

[12] Gregori, D., Foltran, F., Ghidina, M., Berchialla, P. (2011). Understanding the influence of the snack definition on the association between snacking and obesity: a review. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 62(3), 270-275.

[13] Ozcan, M.M., Unver, A., Erkan, E., Arslan, D. (2011). Characteristics of some almond kernel and oils. *Sci. Hort.*, 127, 330-333.

[14] Ros, E. (2010). Health benefits of nut consumption. *Nutr. J.*, 2 (7), 652-682.

[15] Mandalari, G., Tomaino, A., Arcoraci, T., Martoranab, M., Lo Turco, V., Cacciola, F., Rich, G.T., Bisignano, C., Saija, A., Dugo, P., Cross, K.L., Parker, M.L., Waldron, K.W., Wickham, M.S. J. (2010). Characterization of polyphenols, lipids and dietary fibre from almond skins (Amygdaluscommunis L.). *J. Food Comp. Anal*., 23, 166-174.

[16] Asare , E.K., Sefa-Dedeh, S., Afoakwa, E.O., Sakyi-Dawson, E., Budu, A.S. (2012), Extrusion cooking of rice-groundnut-cowpea mixtures-effects of extruder characteristics on nutritive value & physic-functional properties of extrudates using response surface methodology. *J. Food Process Preserv.*, 36, 465-476.

[17] Altan, A., McCarthy, K.L. Maskan, M. (2008). Twin-screw extrusion of barley–grape pomace blends: Extrudate characteristics & determination of optimum processing conditions. *J. Food Eng*., 89: 24-32.

[18] Hashemi, N., Mortazavi, SA, Milani, E, Tabatabai Yazdi, F. (2017). Microstructural and textural properties of puffed snack prepared from partially deffated almond powder and corn flour. *J. Food Process Preserv.* 2017. doi:10.1111/jfpp.13210.

[19] AACC. (2000). Approved Methods of the AACC (10th ed). American Association of cereal Chemists, st Paul.

properties of extruded snack foods developed from food-by-products. *J. Food Eng*., 86, 122-132.

[30] Majumdar, R. K. and Singh, R. K. R. (2014). The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties & sensory characteristics of fish-based expend snacks. *J. Food Process Preserv*., 38, 864-879.

[31] Van der Sman, R. G. M. and Broeze , J. (2013). Structuring of indirectly expend snacks based on potato ingredients: A review. *J. Food Eng*., 114(4), 413-425.

[32] Nascimento, E.M.G.C., Carvalho, C.W.P., Takeiti, C.Y., Freitas, D.G.C. Ascheri, J.L.R. (2012). Use of sesame oil cake (Sesamum indicum L.) on corn expend extrudate. *Food Res. Int*., 45, 434-443.

[33] Durge, A.V., Sarkar, S., Singhal, R.S. (2013). Stability of anthocyanins as pre-extrusion coloring of rice extrudates. *Food Res. Int*., 50, 641-646.

[34] Fang, Y., Zhang, B., Wei, Y. (2014). Effects of the specific mechanical energy on the physicochemical properties of texturized soy protein during high-moisture extrusion cooking. *J. Food Eng*., 121, 32-38.

[35] Kaur, A., Kaur, S., Singh, M., Singh, N., Shevkani, K., Singh, B. (2015). Effect of banana flour, screw speed & temperature on extrusion behavior of corn extrudates. *J. Food Sci. Technol*., 52(7), 4276–4285.

[36] Jozinović, A ., Šubarić, D., Aćkar, Đ., Babić, J., Milićevič, B. (2016). Influence of spelt flour addition on properties of extruded products based on corn grits. J. Food Eng., 172, 31-37.

[37] Sacchetti, G., Pinnavaia, G.G., Guidolin, E., Dalla Rosa, M. (2004). Effects of barrel temperature & feed composition on the functional, physical & sensory properties of chestnut & rice flour-based snack-like products. *Food Res. Int*., 31(5), 27-534.

[38] Lazou, A., Krokida, M. (2010). Sensory properties & acceptability of corn & lentil extruded puffs. J. Sens. Stud., 25(6), 838-860.

[20] O'Shea, N., Arendt, E., Gallagher, E. (2014). Enhancing an extruded puffed snack by optimizing die head temperature, screw speed and apple pomace inclusion. *Food Bioproc. Tech*., 7, 1767-1782.

[21] Lei, H., Ruan, R., Fulcher, R.G., van Lengerich, B. (2008). Color development in an extrusion-cooked model system. *Int. J. Agric. Biol. Eng*., 1, 55-63.

[22] Bower, J. (2013). *Statistical Methods for Food Science; Introductory Procedures for the Food Practitioner,* 2nd ed., Wiley-Blackwell Publishing, Oxford, U. K., PP 238-254.

[23] Kavitha, S., Parimalavalli, R. (2014). Development and Evaluation of Extruded Weaning Foods. *EAR*., 2(4), 5197-5210.

[24] Jensen, P.N., Risbo, J. (2007). Oxidative stability of snack & cereal products in relation to moisture sorption. *Food Chem*., 103(3), 717-724.

[25] Chevanan, N., Muthukumarappan, K., Rosentrater , K.A . (2009). Extrusion studies of aquaculture feed using distillers dried grains with solubles & whey. *Food Bioproc. Tech*., 2, 177-185.

[26] Makowska, A., Cais-Sokolińska, D., Lasik, A. (2014). Effect of technological factors on water activity of extruded corn product with an addition of whey proteins. *Acta. Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 13(3), 243-247.

[27] Ozer, E.A., Ibanoglu, S., Ainsworth, P., Cahide, Y. (2004). Expansion characteristics of a nutritious extruded snack food using response surface methodology. *Eur. Food Res. Technol*., 218, 474-479.

[28] Pankyamma, V., Basu, S., Suryaprabha Bhadran, S., Chouksey, M. K., Gudipati, V. (2014). Fish oil-fortified extruded snack: evaluation of physical properties & oxidative stability by response surface methodology. *J. Food Process Eng,*. 37, 349-361.

[29] Yağci , S . and Göğüş , F. (2008). Response surface methodology for evaluation of physical & functional

[39] Anuonye, J.C., Inyang, C.U., Chinma, C.E., James, S.Y. (2012). Sensory Properties of Extruded Blends of 'Acha' & Soybean Flour-A Response Surface Analysis. NIFOJ., 30(1), 101-108.

[40] Morsy, N.E., Rayan, A.M., Youssef, K.M.)2015). Physico Chemical Properties, Antioxidant Activity, Phytochemicals & Sensory Evaluation of Rice-Based Extrudates Containing Dried Corchorus olitorius L. Leaves. *J. Food Process Technol*. doi:10.4172/2157-7110.1000408.