



بررسی تاثیر افزودن سبوس گندم و رطوبت ورودی در فرآیند اکستروژن بر ویژگی های

فیزیکو شیمیایی اسنک حجیم سبوس دار بر پایه گندم

لاله گروسی^۱، شهرام بیرقی طوسی^{۲*}، غلامعلی گلی موحد^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی. کاشمر، کاشمر، ایران.

۲- استادیار، گروه پژوهشی فرآوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی. جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران.

۳- مربی، گروه پژوهشی فرآوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی. جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۶

کلمات کلیدی:

اسنک،

اکستروژن،

رطوبت،

سبوس،

نشاسته.

DOI: 10.52547/fsct.18.117.365

* مسئول مکاتبات:

toosi@acecr.ac.ir

یکی از مهم ترین مشکلات جامعه ای امروز ما کمبود پروتئین و فیبر در رژیم غذایی می باشد، از این رو با غنی سازی اسنک با فیبر و پروتئین می توان محصولی با ارزش تغذیه ای بالا و کالری و چربی و کلسترول کم تولید کرد. با توجه به محبوبیت و مصرف بالای محصولات اکستروژن شده در بین عموم افراد جامعه از جمله کودکان و نوجوانان، ارتقای ویژگی های تغذیه ای این فرآورده ها اهمیت زیادی دارد. بر این اساس، در این پژوهش برخی از ویژگی های اسنک حاوی نشاسته (۴۰ تا ۷۶ درصد)، سبوس گندم (صفر تا ۳۰ درصد) و رطوبت (۱۴ تا ۲۰ درصد)، بررسی شد. همچنین در کلیه نمونه ها گلوتن گندم (۱۰ درصد) اضافه گردید و مخلوط های آماده شده در دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد با سرعت ماریچ ۱۵۰ دور در دقیقه، اکستروژن شدند. با افزایش رطوبت و سبوس شاخص جذب آب، شاخص انحلال در آب ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد و با افزایش رطوبت و سبوس چگالی ذره ای و چگالی واقعی و سختی افزایش می یابد و با افزایش نشاسته ضریب انبساط و شاخص جذب آب، شاخص انحلال در آب و شاخص L^* افزایش می یابد و چگالی ذره ای و چگالی واقعی کاهش می یابد. با افزایش رطوبت شاخص a^* افزایش می یابد و با افزایش سبوس کاهش می یابد. با افزایش رطوبت ضریب انبساط ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد اما با افزایش سبوس ضریب انبساط کاهش می یابد. با توجه به نتایج به دست آمده، استفاده از ۱۳ درصد سبوس گندم، ۶۱ درصد نشاسته گندم و ۱۶ درصد رطوبت خوراک ورودی، باعث تولید نمونه ای با کیفیت مطلوب می گردد.

۱- مقدمه

اکستروژن مواد غذایی به واسطه تولید طیف وسیعی از فرآورده‌های غذایی نظیر پاستا، غلات صبحانه، اسنک، انواع پروتئین بافت داده شده، آرد و نشاسته اصلاح شده مخصوص سوپ، غذای کودک، غذای حیوانات خانگی و پودر نوشیدنی فوری به یکی از مشهورترین فرآیندهای کاربردی و اقتصادی در نیم قرن اخیر تبدیل شده است [۱].

متاسفانه صنایع تبدیلی موجود در ایران قادر به استفاده مجدد از کلیه فرآورده‌های جانبی نمی‌باشد، سبوس گندم به علت قیمت ارزان و عدم آگاهی مورد استفاده چندانی در صنایع غذایی قرار نمی‌گیرد. سبوس گندم از ۷۰ درصد پروتئین، فیبر رژیمی، پلی‌فنول‌ها و انواع ریز مغزی‌ها تشکیل شده است. بهبود ارزش تغذیه‌ای فرآورده‌های حجیم می‌تواند نقش موثر در وضعیت تغذیه‌ای و سلامت جامعه ایفا کند، توسعه بازار مصرف فرآورده‌های رژیمی عملکرد^۱ و قابلیت مناسب فناوری اکستروژن در تولید این قبیل فرآورده‌ها، متنوع بودن، طیف فرآورده‌های تولیدی، کیفیت مطلوب آنها، پایین بودن هزینه‌های تولید، بالا بودن راندمان، عدم دارا بودن فاضلاب و همچنین مصرف کم آب در طول پروسه از جمله مزیت‌های این روش تولید می‌باشد. مصرف بالای اسنک و نگرانی‌های تغذیه‌ای در این خصوص هدف اصلی پژوهش، فرمولاسیون و تولید میان وعده غذایی اکستروژن شده کم کالری (حاوی پسمانده) با ارزش افزوده به عنوان جایگزین مناسب اسنک‌های حجیم رایج موجود در بازار بوده تا در ارتقاء سلامت جامعه موثر باشد. سبوس دانه غلات نظیر گندم برنج جو به عنوان پسماند کارخانجات فرآوری آرد غنی از فیبر پروتئین و آنتی اکسیدان می‌باشد. مزایای فیبر رژیمی شامل کاهش فشار خون، تعدیل وزن بدن، کاهش ابتلا به سرطان روده بزرگ پروستات، کاهش خطر بیماری‌های قلبی، دیابت و یبوست می‌باشد [۳].

بخش نشاسته‌ای دانه‌های گندم تقریباً مشابه یکدیگر بوده و محتوای آمیلوپکتین و آمیلوز آن‌ها ثابت است. میزان پروتئین گندم بین ۸ تا ۱۵ درصد بوده و نقش اصلی آن جذب آب و ایجاد ویژگی‌های کشسانی خمیر می‌باشد [۴]. تولیدکنندگان مواد غذایی به دنبال ایجاد تنوع و عرضه محصولات جدید می‌باشند، بنابراین، اثر ترکیب خوراک و متغیرهای فرآیند بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کف‌های جامد تشکیل شده از

نشاسته ذرت و دانه کنجد را به روش اکستروژن مورد مطالعه قرار دادند. پروتئین‌ها طی فرآیند پخت اکستروژن دنا توره می‌شوند که این امر منجر به از دست رفتن ظرفیت جذب آب آنها می‌شود و شرایط مناسبی برای تشکیل پیوندهای درون و بین مولکولی پروتئین با آمیلوز و آمیلوپکتین به وجود می‌آورد. بنابراین افزودن پروتئین نیز می‌تواند تخریب مولکولی نشاسته را کاهش دهد. و همچنین فیبرها در شرایط اکستروژن غیر محلول باقی می‌ماند و باعث افزایش چگالی می‌شوند [۶]. در مورد اثر اکستروژن بر خصوصیات آرد دانه کامل جوی دوسر بیان کردند که دو نیروی غالب شامل نیروی الاستیک و نیروی حاصل از رشد حباب‌ها در اثر فشار بخار آب در میزان انبساط فرآورده‌های حجیم، دخالت دارند. رشد حباب‌ها در نتیجه تفاوت فشار بین فشار داخل حباب و فشار اتمسفری اتفاق می‌افتد [۷].

اسنک (میان وعده) یک واژه عمومی است که شامل غذاهای سبک یا حتی جایگزین بخشی از یک وعده غذایی معمولی می‌باشد. در دنیای مدرن امروز میان وعده‌ها جزء اصلی زندگی شده‌اند. با توجه به حساسیت خانواده‌ها نسبت به مصرف محصولات اکستروژن شده به ویژه توسط کودکان و نوجوانان، تقاضا برای مصرف محصولات اکستروژن شده سالم با ویژگی‌های تغذیه‌ای بهبود یافته رو به گسترش است. از آن جا که مصرف فیبر خطر ابتلا به بسیاری از بیماری‌ها را کاهش می‌دهد، تهیه اسنک با فیبر افزایش یافته می‌تواند در بهبود تغذیه کودکان مؤثر واقع شود. در همین راستا، از آن جا که میزان فیبر و رطوبت تاثیر زیادی بر کیفیت فرآورده اکستروژن شده دارد، این مطالعه برای دستیابی به نسبت‌های مناسب این ترکیبات برای تهیه فرآورده با ویژگی‌های مطلوب صورت گرفت. این پژوهش با هدف بررسی تاثیر جایگزینی سبوس گندم و رطوبت در نسبت‌های مختلف بجای روغن با هدف بهبود ارزش تغذیه‌ای و کاهش ابتلا به بیماری‌های مختلف و تاثیر شرایط فرآیند اکستروژن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصول اکستروژن شده انجام گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

مواد اولیه مورد استفاده در این پژوهش شامل سبوس و نشاسته (کارخانه خزر خوشه واقع در استان مازندران، شهرستان بابل)

1. functional

و گلو تن گندم (نشاسته اداک شیراز) بود.

۲-۲- آماده سازی فرمولاسیون خوراک ورودی

با استفاده از آزمایشات مقدماتی، مقادیر کمینه و بیشینه برای هر یک از متغیرها نشاسته، سبوس گندم و رطوبت تعیین گردید. جهت تهیه مخلوط خوراک ورودی اکستروژن، اختلاط نشاسته، سبوس گندم صورت گرفت و از مش ۴۰ عبور داده شد و در ادامه با توجه به سطوح تحت بررسی و با استفاده از مربع پیرسون نسبت های میزان آب مخلوط افزوده و پس از ۱۵ دقیقه مخلوط کردن، نمونه ها در کیسه های پلی اتیلن بسته بندی شدند و به منظور یکنواخت سازی رطوبت، به مدت یک شب در دمای محیط قرار داده شد.

۳-۲- فرآیند پخت اکستروژن

برای انجام این پژوهش از اکستروژن دو مارپیچ همسو گرد مدل DS56 ساخت شرکت jinan saixin کشور چین مستقر در پایلوت اکستروژن پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی استفاده شد. در این پژوهش اثر افزودن نشاسته (۴۰ تا ۷۶ درصد)، سبوس گندم (صفر تا ۳۰ درصد) و رطوبت (۱۴ تا ۲۰ درصد) انجام شد و در کلیه مخلوط ها گلو تن گندم (۱۰ درصد) اضافه گردید.

۴-۲- آزمون ها

۱-۴-۲- اندازه گیری ترکیبات شیمیایی و میزان رطوبت

میزان رطوبت، چربی و خاکستر براساس استاندارد AACC اندازه گیری گردید. میزان پروتئین با استفاده از دستگاه کلدال اتومات Gerhardt مدل VAP20 ساخت آلمان و چربی با استفاده از دستگاه سوکسله اتومات شرکت سازنده گرهارد ساخت آلمان اندازه گیری شد.

۲-۴-۲- ضریب انبساط

ابتدا ۱۰ عدد از فرآورده اکستروژن شده از هر تیمار به صورت تصادفی انتخاب شد و سپس با استفاده از کولیس دیجیتال اینسایز ساخت کشور چین، سه نقطه از قطر آن اندازه گیری شد. از نتایج حاصله میانگین گرفته تا متوسط قطر فرآورده به دست آید و قطر قالب دستگاه اکستروژن (۲/۵ mm) اندازه گیری و در نهایت توسط رابطه (۱) نسبت انبساط براساس mm محاسبه شد [۸].

$$\text{Exrat} = M_1 / M_2 \quad (\text{رابطه ۱})$$

۲-۴-۳- شاخص جذب آب (WAI)

شاخص جذب آب (WAI) میزان آب جذب شده توسط گرانول یا پلیمر نشاسته پس از تورم در آب اضافی را اندازه گیری می کند و می تواند به عنوان شاخص ژلاتیناسیون استفاده کرد. جهت اندازه گیری ضریب جذب آب میزان ۱ g - ۰/۵ از نمونه پودر شده اسنک به فالكونی که از قبل توزین شده اضافه گردید، سپس 10 ml آب مقطر به مخلوط اضافه شد و در دمای محیط به مدت 10 min با شیکر هم زده می شود. در مرحله بعد مخلوط حاصل در سانتیفریوژ شرکت سازنده هرولب و ساخت آلمان، با سرعت ۳۰۰۰ دور به مدت ۲۰ min سانتیفریوژ گردید. در نهایت مایع رویی را از فالكون خارج کرده و ژل باقی مانده توزین شد. از طریق معادله (۱) شاخص جذب آب براساس g/g محاسبه گردید. قسمت رسوب S حدود ۲/۵ گرم نمونه M از رابطه ۲ محاسبه گردید [۹].

$$\text{WAI} = S/M \times 100 \quad (\text{رابطه ۲})$$

۲-۴-۴- شاخص انحلال در آب (WSI)

شاخص انحلال در آب (WSI) میزان پلی ساکاریدهای آزاد یا پلی ساکاریدهای آزاد شده از گرانول پس از افزودن آب اضافی را اندازه گیری می کند. همچنین این آزمون می تواند به عنوان شاخص از هم پاشیدگی ترکیبات ملکولی و اندازه گیری درجه تبدیل نشاسته طی اکستروژن محسوب گردد. جهت اندازه گیری ضریب حلالیت محلول حاصل از سانتیفریوژ، ژل باقی مانده از آزمون جذب آب، در یک پلیتی که از قبل توزین شده بود اضافه گردید و سپس پلیت در آون هوای داغ بادمای C° ۱۰۵ قرار گرفت تا آب آن به طور کامل تبخیر گردد و در نهایت پلیت به همراه رسوبات موجود توزین و در نهایت از طریق معادله (۳) شاخص انحلال در آب به صورت درصد بیان گردید [۹].

$$\text{WSI} = M_{ds} / M_s \times 100 \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در رابطه ۲، M_{ds} : وزن ماده خشک محلول در مایع رویی فلكون و M_s : رک وزن نمونه به گرم می باشد.

۲-۴-۵- چگالی ظاهری

چگالی ظاهری از طریق جابجایی دانه ارزن طبق استاندارد (۲۰۰۰) AACC به شماره ۱۰ - ۰۵ محاسبه شد [۱۰].

2. Water absorption index

3. Water solubility index

۲-۴-۶- چگالی واقعی

حدود ۵۰ گرم از نمونه پودر شده (m) در استوانه شیشه‌ای مدرج ۲۵۰ میلی لیتری ریخته و حجم آن اندازه گیری شد. برای تعیین چگالی واقعی (ρ_t) به استوانه مدرج به مدت دو دقیقه ضربه زده تا خلل و فرج لابه لای ذرات از بین رفته و سپس حجم آن اندازه گیری شد (V) و مقدار آن طبق رابطه ۳ محاسبه گردید [۱۱]:

$$\rho_t = m / V \quad \text{رابطه ۴}$$

۲-۴-۷- رنگ سنجی

از دستگاه هانتربل مدل 45/0 ساخت کشور آمریکا جهت تعیین شاخص های رنگی اسنک های تولید شده استفاده شد. مقدار کافی از نمونه های پودر شده اسنک به کاپ مخصوص انتقال یافت به گونه ای که سطح پایینی کاپ به طور کلی پوشیده شود. در نهایت مقادیر L^* ، a^* و b^* با ۴ تکرار ثبت شدند. مقادیر L^* به عنوان شاخص روشنی است و بین صفر (سیاه رنگ) تا ۱۰۰ (سفید رنگ) متغیر است. هم چنین مقادیر a^* شاخص قرمزی و مقادیر $-a^*$ شاخص سبزی نمونه ها و مقادیر b^* برای شاخص زردی نمونه ها و $-b^*$ برای شاخص رنگ آبی نمونه ها گزارش می شود [۱۲].

۲-۴-۸- بافت سنجی

بافت اسنک ها با استفاده از دستگاه آنالیز بافت مدل TA-Plus ساخت شرکت لویو انگلستان ارزیابی شد. به صورت تصادفی

Table (1) Independent factors with their codes

Code and levels				Independent factors
+1	0	-1	abbreviate	
30	10	0	A	Wheat bran (%)
76	66	40	B	wheat starch (%)
20	17	14	C	Moisture (%)

Table (2) Composition of wheat bran and wheat starch

Gluten wheat	starch wheat	bran Wheat	Component
63.10	11.8	3.2	Moisture(%)
58.2	3.1	58.2	Fat(%)
87.62	7.07	15.3	Protein(%)
2.4	0.95	2.4	Ash(%)

۳-۲- ضریب انبساط

ضریب انبساط فاکتوری جهت توصیف سطح مقطع عرضی فرآورده های اکستروژن شده است. هنگام خروج خمیر از دای و آزاد شدن یک باره بخار آب، افزایش حجم همراه با ایجاد

۱۰ عدد از فرآورده های اکستروژن شده انتخاب شد، و تحت اثر پروب مخصوص آزمون نفوذ (پروپ استوانه ای) قرارداده شدند. سرعت حرکت پروب قبل از نفوذ و در حین نفوذ ۱ mm.s و همچنین تا عمق ۱۰ mm بود. پس از انجام آزمون نیز مقدار بیشینه نیرو بر حسب نیوتن محاسبه شد. [۱۲].

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش با تکرار نقطه مرکزی در طرح باکس بنکن ۱۷ آزمایش و متغیرهای مستقل نشاسته و سبوس گندم و رطوبت. برای طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل نتایج از نرم افزار Design Expert استفاده شد. به این منظور از معادلات مناسب برای نشان دادن رابطه هر یک از متغیرهای وابسته در مدل رگرسیون با متغیرهای مستقل، استفاده و نمودارهای کانتور مخلوط آنها بوسیله این نرم افزار ترسیم گردید در این نمودارها سه متغیر در سه ضلع مثلث مشخص شده و مقادیر بدست آمده برای هر پاسخ روی اضلاع مثلث نشان داده شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویژگی های فیزیکوشیمیایی مواد اولیه

ویژگی های فیزیکوشیمیایی سبوس و نشاسته گندم در جدول (۲) ارائه شده است.

ساختار متخلخل و اسفنجی صورت می گیرد. میزان افزایش حجم فرآورده اکستروژن شده به عواملی چون ویسکوزیته خمیر، توزیع یکنواخت رطوبت و نیروهای موجود در حین فرایند پخت اکستروژن بستگی دارد [۱۳]. در شکل ۱ مورد (b) با افزایش رطوبت در ابتدا ضریب انبساط کاهش یافته و سپس

نیز افزایش می یابد [۱۷ و ۱۸].

$$\text{ExRate} = +70.01 \text{ water} + 4.15 \text{ Bran} + 0.51 \text{ Strach} \\ +78.60 \text{ water Bran} + 78.5 \text{ Water Strach}$$

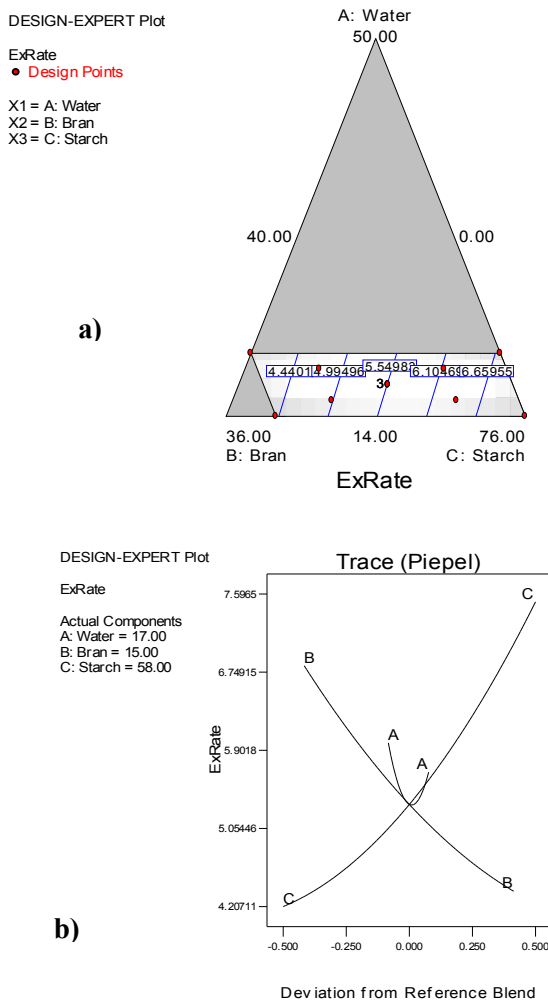


Fig 1 The effect of moisture, bran and starch variables on the coefficient of expansion
a- The shape of the response surface, b- The shape of the trace

۳-۳- شاخص جذب آب

شاخص جذب آب نشان دهنده میزان آب جذب شده توسط نشاسته بعد از متورم شدن در حضور آب زیاد می باشد که برابر با وزن ژل تشکیل شده است. این فاکتور نه تنها شاخصی از ژلاتیناسیون نشاسته است بلکه نشان دهنده نسبت مولکول-های آسیب ندیده ای است که در طی اکستروژن قابلیت جذب آب را حفظ نموده اند [۱۹]. میزان شاخص جذب آب بستگی به گروه های هیدروفیل در دسترس و ظرفیت تشکیل ژل توسط ماکرومولکول ها دارد [۲۰].

افزایش می یابد. با توجه به این که با افزایش رطوبت چگالی افزایش می یابد و همچنین رطوبت خوراک اولیه مسئول تشکیل بخار در دل فرآیند پخت است، این پدیده منجر به ژلاتینه شدن نشاسته و انبساط بیشتر فرآورده اکستروژن شده می شود. با افزایش رطوبت ورودی ویسکوزیته ماده مذاب فرآورده اکستروژن شده به علت وجود آب بیشتر، برای تشکیل بخار، کاهش می یابد و همه این عوامل باعث افزایش حباب های هوا شده و دیواره سلولی کوچک تر می شود. با افزایش رفته رفته بیشتر رطوبت دیواره سلولی ضخیم شده و خواص ویسکوالاستیک ماده مذاب فرآورده اکستروژن شده دچار تغییر می شود و ساختار ماتریکسی نشاسته سفت تر می شود و ضریب انبساط کاهش می یابد [۳]. همان گونه که در شکل ۱ مورد (b) مشاهده می گردد با افزایش سبوس ضریب انبساط کاهش می یابد. افزایش سبوس و پروتئین معمولاً به منزله کاهش قابلیت تورم می باشد و بر هم کنش سبوس و پروتئین موجود باعث تولید کمپلکس هایی می شود که منجر به کاهش ضریب انبساط فرآورده اکستروژن در قالب می گردد. سبوس نامحلول دارای خواص هیدروفیلیک است که باعث جذب بیشتر آب می شود از این رو باعث تغییر درجه حرارت انتقال شیشه ای خواهد شد. سبوس با اتصال به حباب ها موجب ترکیدن و کاهش کشش پذیری سلول های هوا می گردد و با افزایش سبوس ضریب انبساط کاهش می یابد زیرا میزان ضریب انبساط به درجه ژلاتینه شدن نشاسته بستگی دارد، هرچه ژلاتینه شدن نشاسته بیشتر شود ضریب انبساط بیشتر می شود، چون در فرمولاسیون هم گلو تن وجود دارد هم سبوس به علت افزایش میزان سبوس در نتیجه کاهش میزان نشاسته و با توجه به اینکه پروتئین نمی تواند به خوبی نشاسته منبسط شود. ضخامت دیواره سلولی افزایش می یابد و خواص ویسکوالاستیک ماده مذاب فرآورده اکستروژن شده دچار تغییر می شود و ساختار ماتریکس نشاسته سخت تر می شود و ضریب انبساط کاهش می یابد [۸ و ۱۳ و ۳۴]. همان گونه که در شکل ۱ مورد (b) مشاهده می شود با افزایش نشاسته به دلیل افزایش جایگزینی نشاسته نسبت به سبوس و رطوبت در فرمولاسیون محصول اکستروژن شده باعث تغییر ساختمان مولکولی آمیلوپکتین نشاسته می شود و بنابراین الاستیسیته خمیر مواد را کاهش داده و باعث افزایش رشد حباب های هوا و افزایش تخلخل و افزایش حجم فرآورده اکستروژن شده می شود و ضریب انبساط

کاهش یافته و امکان آسیب دیدن مولکول نشاسته کمتر شده و شاخص جذب آب افزایش می‌یابد. هرچه زنجیره‌های پلیمری نشاسته سالم‌تر، گروه‌های هیدروفیل در دسترس بیشتر، امکان ایجاد اتصالات با آب بیشتر و در نتیجه مقادیر شاخص جذب آب بالاتر می‌رود [۱۸ و ۲۰]. با افزایش نشاسته شاخص جذب آب افزایش می‌یابد. فرآیند اکستروژن ضمن ایجاد شکاف و تخریب در زنجیره نشاسته که تولید دکستین را به دنبال دارد ممکن است باعث ایجاد اثرات متقابل مولکولی بین نشاسته تخریب شده پروتئین و چربی شود که انحلال پذیری و به دنبال آن شاخص جذب آب را افزایش می‌یابد. میزان آب در طول فرآیند اکستروژن اثر مهمی روی تبدیل نشاسته به دکستین دارد. میزان رطوبت بر میزان ژلاتینه شدن نشاسته اثرگذار است. با افزایش نشاسته و با توجه به اینکه در فرمولاسیون آب وجود دارد نشاسته ژلاتینه می‌شود و شاخص جذب آب بیشتر می‌شود [۱۸ و ۲۰ و ۲۱]. در شکل ۲ مورد (b)، شاخص جذب آب با افزایش سبوس ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. زیرا با افزایش سبوس بیشتر رفته رفته شاخص جذب آب کاهش می‌یابد زیرا با افزایش سبوس مقدار سبوس از نشاسته در فرمولاسیون بیشتر می‌شود و به دلیل کاهش دسترسی به مولکول‌های آب بر ژلاتیناسیون نشاسته تاثیر گذاشته و چون سبوس با نسبت نشاسته و آب بیشتر می‌شود در سطح بالای سبوس سبب کاهش جذب آب می‌شود. شاخص جذب آب با افزایش سبوس در رطوبت بالا (۱۶ درصد) کاهش می‌یابد به طوری که این پدیده در نمونه‌هایی با محتوای ۳۰ درصد سبوس و ۱۲ درصد رطوبت مشاهده می‌شود. این پدیده به دلیل پایین بودن میزان نشاسته در نمونه و در نتیجه کاهش غلظت نشاسته می‌باشد هرچند که پروتئین‌های حاوی گروه‌های هیدروفیل مانند $-OH - NH_2$ - $COOH - SH$ نسبت به گروه‌های آمیلوز و آمیلو پکتین نشاسته تمایل به جذب آب کمتری دارد [۱۶].

در ابتدا که سبوس افزایش می‌یابد شاخص جذب آب ابتدا افزایش می‌یابد بعد از اینکه مقدار سبوس بیشتر افزوده می‌شود با افزایش سبوس نشاسته کاهش می‌یابد و با کاهش نشاسته گروه‌های آمیلوز و آمیلو پکتین نشاسته تمایل به جذب آب کمتری دارد، بنابراین شاخص جذب آب کاهش می‌یابد همان گونه که در شکل ۲ مورد (b) دیده می‌شود با افزودن سبوس شاخص جذب آب ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد [۱۴].

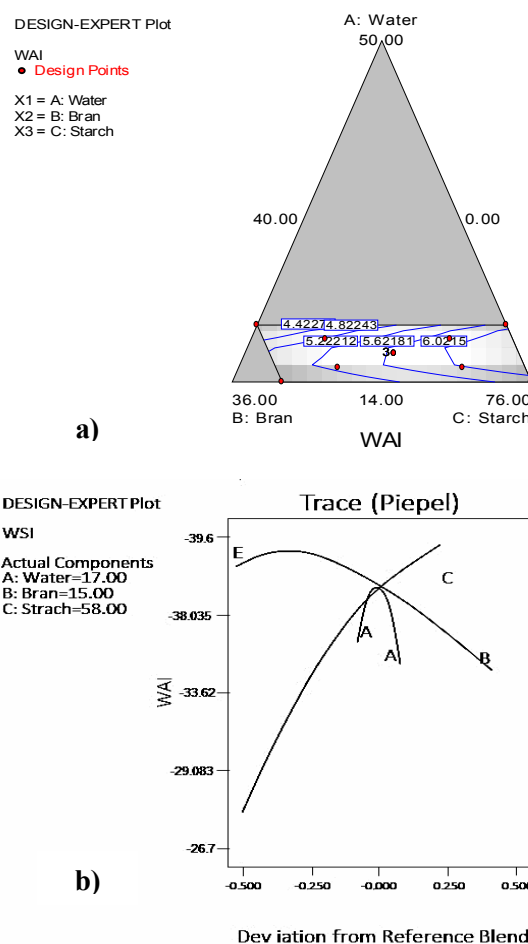


Fig 2 The effect of moisture, bran and starch variables on the water absorption index
a- The shape of the response surface,
b- The shape of the trace

در شکل ۲ مورد (b) با افزایش رطوبت ابتدا شاخص جذب آب افزایش و سپس کاهش می‌یابد. تحقیقات نشان داده است که با افزودن رطوبت در ابتدا شاخص جذب آب افزایش می‌یابد و رفته رفته با افزایش یافتن بیشتر رطوبت میزان ژلاتینه شدن افزایش می‌یابد. زمانی که نشاسته در میزان رطوبت بالاتر فرآیند می‌شود آسیب کمتری دیده و امکان دناتوره شدن پروتئین نیز کاهش می‌یابد زیرا آب به عنوان پلاستیسایزر عمل کرده، از تجربه نشاسته جلوگیری کرده و به حفظ توانایی ظرفیت جذب آب نشاسته کمک می‌کند. این نتایج مطابق با گزارشات محصولات اکستروژن شده ای بر پایه عدس و ذرت می‌باشد [۱۸]. ژلاتیناسیون یکی از مهم‌ترین تغییرات ایجاد شده طی فرآیند اکستروژن و اجزای نشاسته‌ای می‌باشد. به دلیل این که میزان رطوبت بر میزان ژلاتینه شدن نشاسته اثرگذار است، لذا این متغیر روی میزان جذب آب نیز موثر است، نیروی برش

بیشتر رطوبت منجر به کاهش تخریب نشاسته و در نتیجه کاهش میزان انحلال در آب فرآورده اکستروژن شده می‌شود. تخریب مولکول‌های درشت به مولکول‌های کوچک بیشتر می‌شود. در نتیجه وزن مولکولی نشاسته و ترکیبات پلیمری کاهش یافته و شاخص انحلال در آب افزایش می‌یابد و سپس رفته رفته با افزایش بیشتر رطوبت شتخص انحلال در آب کاهش می‌یابد. [۳۵]. که به دلیل فروپاشی گرانول‌های نشاسته و آزاد شدن ترکیبات با وزن مولکولی پایین در گدازه است. افزایش انحلال به شدت و نوع واکنش‌هایی که در طی اکستروژن کردن ایجاد می‌گردد بستگی دارد. تمام تغییرات ماکرومولکولی در طی اکستروژن تحت تاثیر نیروهای برشی توسعه یافته قرار می‌گیرد. سرعت برش وابسته است به انرژی مخصوص مکانیکی و پارامترهای سیستم که این‌ها خود به شرایط اکستروژن و خصوصیات مواد وابسته هستند. همان گونه که در شکل ۳ مورد (b) دیده می‌شود با افزودن سبوس انحلال در آب ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد زیرا در ابتدا که سبوس اضافه می‌شود و مقدار سبوس در ابتدا که کم است منجر به تخریب پلی ساکارید ها شده و سبب از هم گسیختگی ساختمان پیوسته گدازه در اکستروژن شده و در نتیجه از تغییر شکل الاستیک در طی فرآیند ممانعت به عمل آورده و از تخریب ترکیبات ماکرومولکولی جلوگیری می‌کند اما رفته رفته که مقدار سبوس افزایش می‌یابد مقدار سبوس از نشاسته در فرمولاسیون ما بیشتر می‌شود و به دلیل کاهش دسترسی به نسبت نشاسته و آب بیشتر می‌شود در سطوح بالای سبوس سبب کاهش شاخص انحلال در آب می‌شود. مانع از تخریب پلی ساکاریدها شده و سپس افزایش الاستیک شدن محصول اکستروژن شده می‌شود [۲۴]. در شکل ۳ مورد (b) با افزودن نشاسته شاخص انحلال در آب افزایش می‌یابد زیرا با افزایش نشاسته مقدار سبوس گندم و رطوبت کم است و نشاسته نسبتش بیشتر است و هرچه نشاسته بیشتر افزایش پیدا کند در طول پخت اکستروژن، پروتئین محلول به سبب دناتوره شدن کاهش می‌یابد که منجر به تغییرات ساختار شده و گروه هیدروفیل از قبیل $\text{SH} - \text{COOH} - \text{NH}_2 - \text{OH}$ - قادر می‌شوند با نشاسته پیوند عرضی برقرار کنند [۱۶].

$$\text{WSI} = -73.72 \text{ water} + 22.58 \text{ Bran} + 39.13 \text{ Strach} + 176.34 \text{ water Bran} + 78.70 \text{ Water Strach}$$

$$\text{WAI} = -80.88 \text{ water} + 4.52 \text{ Bran} + 5.77 \text{ Strach} + 96.07 \text{ water Bran} + 104.64 \text{ Water Strach}$$

۳-۴- شاخص انحلال در آب

شاخص انحلال در آب نشان دهنده تخریب مولکول نشاسته است و میزان پلی ساکارید محلول آزاد شده از ترکیبات نشاسته پس از اکستروژن را بیان می‌کند [۲۵].

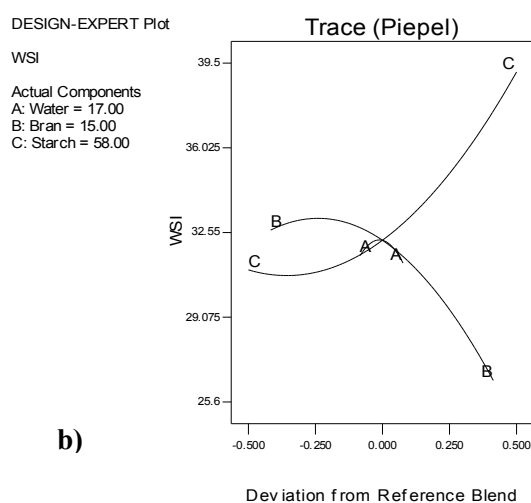
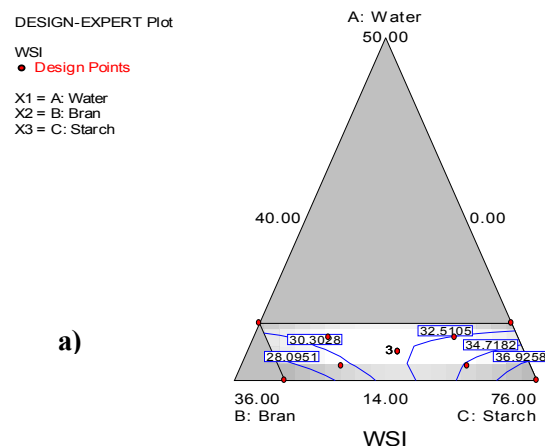


Fig 3 The effect of moisture, bran and starch variables on the water solubility index
a- The shape of the response surface, b- The shape of the trace

در شکل ۳ مورد (b) اثر همزمان متغیرها بر شاخص انحلال در آب نشان داده است که با افزودن رطوبت ابتدا شاخص انحلال در آب افزایش و سپس کاهش می‌یابد با افزایش میزان رطوبت در ابتدا شاخص انحلال در آب بیشتر می‌شود اما با افزایش

کردگی فرآورده می‌شود [۱۳]. با افزایش نشاسته با ایجاد برهمکنش بین نشاسته و آب شبکه قابل انبساطی ایجاد می‌شود و چگالی واقعی کاهش می‌یابد. افزایش نشاسته باعث کاهش چگالی واقعی می‌شود، زیرا افزایش نشاسته باعث افزایش مرکز هسته‌زایی و سبب تجزیه شبکه نمونه شده، در نتیجه چگالی واقعی کاهش می‌یابد [۲ و ۲۵].

$$\text{Real Density} = +1.24 \text{ water} + 0.89 \text{ bran} - 0.22 \text{ Starch}$$

۳-۶- چگالی ذره ای

چگالی ذره‌ای پایین همراه با نسبت انبساط بالا از ویژگی‌های مطلوب و مورد انتظار در محصولات اکستروژده شده است [۶].

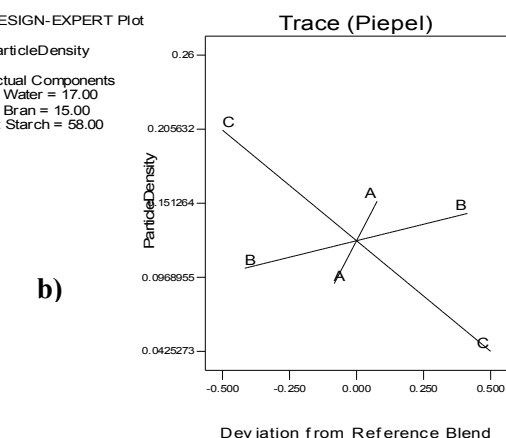
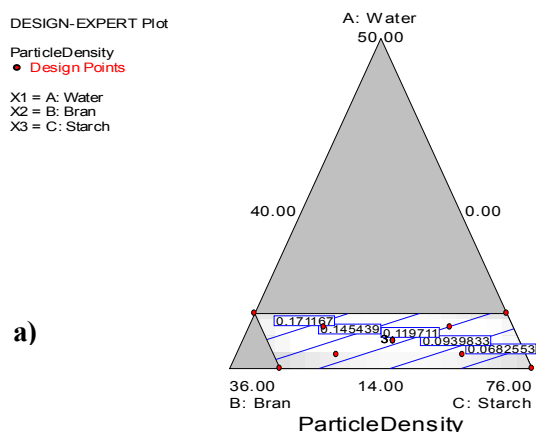


Fig 4 The effect of moisture, bran and starch variables on the solid density
a- The shape of the response surface, b- The shape of the trace

شکل ۴ مورد (b) اثر سبوس و رطوبت و نشاسته را بر چگالی ذره‌ای محصول اکستروژده شده نشان می‌دهد. همان گونه که قابل مشاهده است، افزایش رطوبت باعث افزایش چگالی ذره‌ای می‌گردد [۸ و ۱۴]. کاهش رطوبت بر درجه پُر بودن و زمان ماندن گدازه در پوسته اکستروژدر، تجزیه شبکه آمیلوپکتین و

۳-۵- چگالی واقعی

چگالی واقعی بیانگر افزایش حجم در تمامی ابعاد فرآورده اکستروژده شده بوده و دارای رابطه معکوس با ضریب انبساط می‌باشد [۱۴].

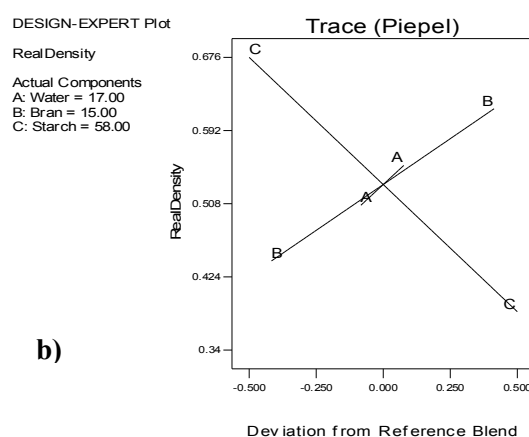
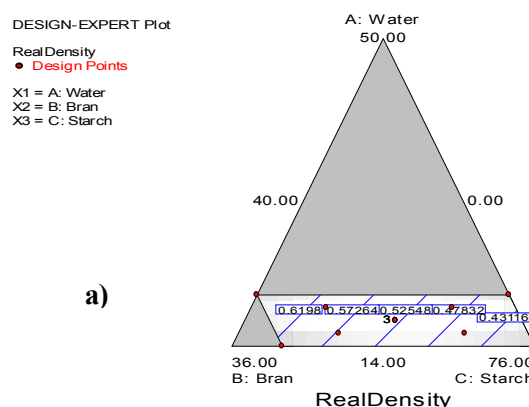


Fig 5 The effect of moisture, bran and starch variables on the particle density
a- The shape of the response surface, b- The shape of the trace

شکل ۵ مورد (b) اثر سبوس و رطوبت و نشاسته را بر چگالی واقعی نشان می‌دهد. همان گونه که قابل مشاهده است افزایش رطوبت باعث افزایش چگالی واقعی می‌گردد. کمترین میزان چگالی به رطوبت پایین تعلق داشت. این شرایط موجب تجزیه شبکه آمیلوپکتین و تغییر ویژگی‌های رئولوژیکی گدازه می‌گردد. افزایش سبوس به دلیل خاصیت هیدروفیل، آب زیادی جذب می‌کند و باعث افزایش چگالی می‌گردد. افزایش سبوس باعث حفظ و جذب آب بیشتر می‌شود که این عوامل سبب کاهش میزان انبساط پذیری محصول شده، مانع از پف کردن می‌گردد. از سویی سبوس موجود در مخلوط موجب کاهش حل شدن نشاسته گردیده و باعث کاهش میزان پف

افزایش می‌یابد [۲۹]. رنگ اولین و مهمترین فاکتور کیفی در جذب مصرف کننده پیش از انتخاب محصول است که می‌تواند اطلاعات مهمی درباره شدت فرآیند اکستروژن در اختیارمان قرار دهد، تغییرات رنگی ایجاد شده در طول فرآیند اکستروژن در خصوص واکنش‌های شیمیایی (انجام واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد و کاراملیزاسیون) و تخریب مواد مغذی و رنگدانه‌ها نه تنها با عنوان یک فاکتور بصری لحاظ می‌گردد، بلکه به‌طور غیرمستقیم شاخص کیفیت تغذیه‌ای به خصوص در محصولات بر پایه پروتئین می‌باشد، چون باعث کاهش اسیدهای آمینه مانند لیزین می‌گردد [۲۸]. تغییر رنگ طی فرآیند اکستروژن می‌تواند به دلایل تجزیه رنگدانه‌های موجود در خوراک کم‌رنگ شدن در نتیجه افزایش حجم محصول و تغییرات رنگی به واسطه فعل و انفعالات شیمیایی نظیر کاراملیزاسیون واکنش‌های مایلارد و همچنین تاثیر فرآورده‌های حاصل از تجزیه اکسیداتیو مربوط به لیپیدها و پروتئین‌ها رخ دهد [۳۰].

$$L^* = +71.73 \text{water} + 77.80 \text{Bran} + 77.67 \text{strach} + 8.53 \text{waterbran} + 7.8 \text{Water Strach}$$

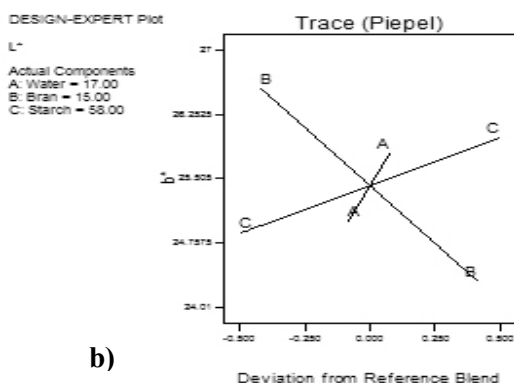
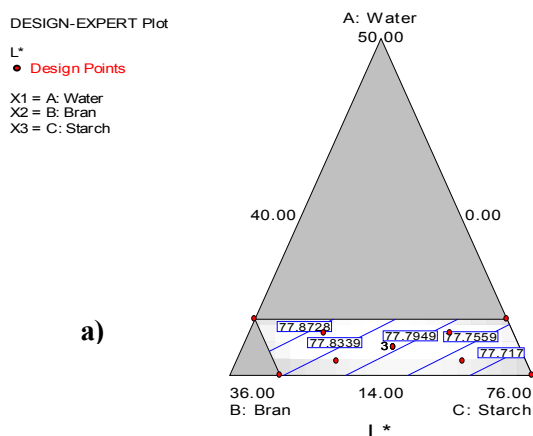


Fig 6 The effect of moisture, bran and starch variables on the L^* index
a- The shape of the response surface, b- The shape of the trace

تغییر ویژگی‌های رئولوژیکی گدازه، تاثیر گذار است، از این رو تاثیر بسزایی بر الاستیسیته و به دنبال آن چگالی و ضریب انبساط فرآورده اکستروژن شده دارد [۲۳]. از طرفی کمترین میزان چگالی به رطوبت پایین تعلق داشت. در شکل ۵ مورد (b) افزایش سبوس به دلیل خاصیت هیدروفیلی و جذب آب زیاد، باعث افزایش چگالی می‌شود و سبوس باعث پاره شدن دیواره‌های سلولی حباب‌ها شده و در شکل‌گیری حباب‌ها نیز اختلال ایجاد می‌کند [۱۳ و ۱۴] در نتیجه ساختار محصول متراکم‌تر و چگالی بالاتری داشت. نتایج سایر محققین در زمینه سایر محصولات سبوس دار نیز منطبق بر این یافته‌ها است [۸ و ۲۶]. محققین با افزودن سبوس در تولید اسنک رژیمی ویژه کودکان با سبوس و پودر میوه خشک، شاهد افزایش چگالی محصولات اکستروژن شده بودند با افزایش سبوس ضخامت دیواره سلولی افزایش پیدا می‌کند و چگالی ذره‌ای افزایش می‌یابد و با افزایش سبوس چون در فرمولاسیون گلوتن هم وجود دارد خواص ویسکوالاستیک ماده مذاب فرآورده اکستروژن شده دچار تغییر شده و ساختار ماتریکس نشاسته سخت‌تر می‌شود پس چگالی ذره‌ای افزایش می‌یابد [۲۳ و ۲۵]. افزایش نشاسته چگالی ذره‌ای کاهش می‌یابد زیرا با افزایش نشاسته و وجود آب باعث ژلاتینه شدن نشاسته و رشد حباب‌ها می‌شود و باعث افزایش حجم فرآورده اکستروژن شده می‌شود و چگالی و سختی فرآورده اکستروژن شده کاهش یافته و شبکه قابل انبساطی به علت برهم‌کنش نشاسته آب پدید می‌آید [۶ و ۱۴].

$$\text{Particle Density} = +0.95 \text{ water} + 0.12 \text{ bran} + 0.073 \text{ strach} - 0.15 \text{ water bran}$$

۳-۷- شاخص L^*

نتایج نشان داد که مقادیر به‌دست آمده برای شاخص L^* نمونه‌ها از ۶۱/۴۵ تا ۶۸/۷۱ متغیر بود. وجود نشاسته در فرمولاسیون محصول اکستروژن شده تاثیر مثبتی روی شاخص روشی دارد. با افزایش رطوبت **a)** شاخص L^* نمونه‌ها افزایش یافت و با افزایش سبوس شاخص L^* کاهش یافت. علت افزایش روشی با افزایش رطوبت را می‌توان به کاهش سرعت واکنش مایلارد نسبت داد که در دمای بالا و رطوبت پایین اتفاق می‌افتد [۲۷]. محققین بیان داشتند که تخلخل و افزایش حجم که در نتیجه ژلاتینه شدن بهتر نشاسته می‌باشد، باعث ایجاد رنگ روشن‌تر در نمونه می‌شود لذا با کاهش میزان ضریب انبساط و تخلخل کاهش یافته محصول تیره‌تر می‌گردد [۲۸]. برخی از محققین بیان داشتند که با افزایش سبوس روشنی محصول کاهش یافته و در نتیجه میزان تیرگی رنگ آن

۳-۸- سختی

میزان سختی فرآورده‌های اکستروود شده در محدوده ۱۶/۵۴۱ تا ۱۹/۳۴ نیوتن اندازه گیری گردید. همانطور که در شکل ۷ مورد (b) مشاهده می‌شود با افزایش رطوبت سختی افزایش یافت سختی فرآورده‌های اکستروود شده به ویژگی الاستیسیته خمیر و چگالی آن وابسته است با افزایش رطوبت پلاستیسایزری افزایش یافته باعث الاستیک شدن محصول اکستروود شده می‌شود زیرا ضخامت دیواره سلولی افزایش پیدا کرده و خواص ویسکو الاستیک ماده مذاب فرآورده اکستروود شده دچار تغییر شده و ساختار ماتریکس نشاسته سخت تر میشود و با افزایش سختی و چگالی، ضریب انبساط کاهش می‌یابد، سختی و چگالی نسبت عکس با ضریب انبساط دارند [۲].

$$\text{Hardness} = -21.53 \text{Water} + 5.18 \text{Bran} + 3.52 \text{Strach} + 35.56 \text{WaterBran} + 37.22 \text{WaterStrach}$$

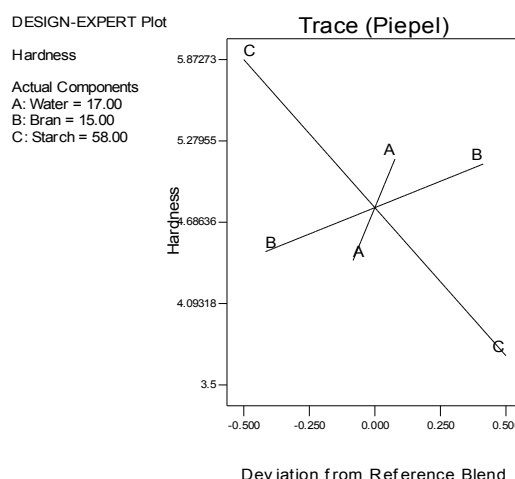
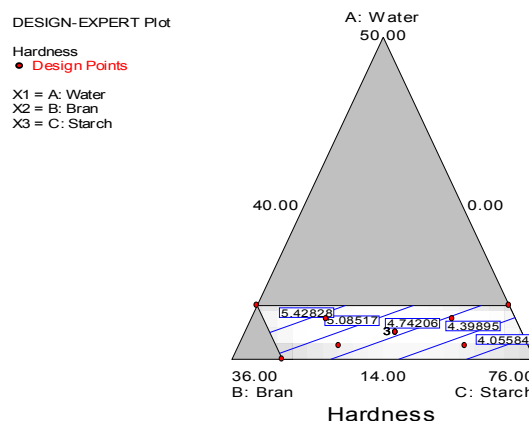


Fig 7 The effect of moisture, bran and starch variables on the hardness
a- The shape of the response surface, b- The shape of the trace

نتایج نشان داد که با افزایش سبوس سختی افزایش یافته زیرا با افزایش سبوس و وجود پروتئین و رطوبت زیاد سلول‌های هوایی با دیواره قطورتر تشکیل می‌شوند و تشکیل کمپلکس‌های بین نشاسته و این ترکیبات شده که در نتیجه ساختار سفت‌تری را ایجاد می‌کند. در نهایت با افزایش نشاسته سختی کاهش یافت [۳۱ و ۳۲]. سختی و تردی فرآورده‌های حجیم نتیجه ادراک انسان از بافت محصول می‌باشد که مرتبط با انبساط، تخلخل و ساختار سلولی محصولات اکستروود شده است [۲۹].

۴- بهینه‌سازی فرآیند

بهینه‌سازی فرآیند با هدف تولید اسنک حجیم شده بر پایه سبوس، نشاسته و گلوتن گندم با ویژگی‌های کیفی مناسب انجام گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که جهت تولید این نوع اسنک حجیم با حداکثر ضریب انبساط، جذب آب، انحلال در آب و شاخص L^* و نیز حداقل سفتی بافت نیاز است از ۱۶ درصد رطوبت، ۱۳ درصد سبوس ۶۱ درصد نشاسته گندم استفاده گردد تا مطلوبیت ۹۰٪ حاصل شود.

۵- نتیجه گیری

در این پژوهش اثر استفاده از سبوس، نشاسته و رطوبت بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی اسنک حجیم شده بررسی شد. با توجه به نتایج به دست آمده، استفاده از ۱۳ درصد سبوس، ۶۱ درصد نشاسته گندم و ۱۶ درصد رطوبت خوراک ورودی، باعث بهبود خواص فیزیکوشیمیایی اسنک شده و موجب تولید محصولی عملگرا می‌شود. نتایج نشان داد که ابتدا با افزایش رطوبت، نسبت ضریب انبساط افزایش و سپس کاهش می‌یابد. همچنین افزایش سبوس گندم و نشاسته در فرمولاسیون به ترتیب موجب کاهش و افزایش ضریب انبساط شد. با افزایش نشاسته شاخص جذب آب افزایش یافت. افزایش رطوبت و سبوس باعث افزایش چگالی واقعی و توده‌ای گردید. افزایش رطوبت و سبوس منجر به افزایش سختی نمونه‌ها شد ولی با افزایش نشاسته سختی کاهش و شاخص L^* افزایش یافت. در نهایت از آنجا که سالانه مقادیر قابل توجهی سبوس گندم در طول فرآیند آسیابانی گندم به عنوان فرآورده جانبی به دست می‌آید که به کارگیری آن در فرمولاسیون مواد غذایی، می‌تواند موجب بهبود عملکرد ویژگی‌های عملکردی فرآورده تولیدی گردد. استفاده از سبوس در محصولات اکستروود شده پاسخ مناسبی به نیازهای جامعه است.

۶- منابع

- [10] AACC. 2000. Approved Methods of the AACC(10thed). American Association of cereal Chemists, st Paul.
- [11] Altan, A., McCarthy, K. L. and Maskan, M. 2008. Evaluation of snack foods from barley-tomato pomace blends by extrusion processing. *Journal of Food Engineering*, 84 (2): 231-242.
- [12] Doublier, J., Colonna, P. and Mercier, C. 1986. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. II. Rheological characterization of starch pastes. *Cereal Chemistry*, 63(3): 240-246.
- [13] Van der Sman, R. G. M. and Broeze, J. 2013. Structuring of indirectly expanded snacks based on potato ingredients: A review. *Journal of Food Engineering*, 114 (4): 413.
- [14] Yagci, S. and Gogus, F. 2008. Response surface methodology for evaluation of physical and functional properties of extruded snack foods developed from foodby- products. *Journal of Food Engineering*, 86 (1): 122-132.
- [15] Nikmaram, N., Garavand, F., Elhamirad, A., Beiraghi-toosi, S., and Goli-movahhed, G. 2015. Production of high quality expanded corn extrudates containing sesame seed using response surface methodology. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 7 (5):713-720.
- [16] Altan, A. and Maskan, M. 2011. Development of extruded foods by utilizing food industry by-products. *Advances in Food Extrusion Technology*. CRC Press, Boca Raton, FL: 121- 160.
- [17] Altan, A., Mccarthy, K.L. and Maskan, M. 2009. Effect of Extrusion cooking on Functional properties and in Vitro Starch Digestibility of Barly-Based- Extrudates from fruit and vegetable By-Products. *Journal of Food Science*, 74: 86-77.
- [18] Majumdar, R. K. and Singh, R. K. R. 2014. The Effect of Extrusion Conditions on the Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of Fish-Based Expanded Snacks: Extrusion of Fish-Based Expanded Snacks. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38 (3):864-879.
- [19] Morsy, N. E., Rayan, A. M. and Youssef, K. M. 2015 Physico Chemical Properties, Antioxidant Activity, Phytochemicals and Sensory Evaluation of Rice-Based Extrudates Containing Dried Corchorus olitorius L. Leaves. *Journal of Food Processing & Technology*, 6 (1): 1-8.
- [20] Guha, M., Zakiuddin, A. and Suvendu, B. 1997. Twin-screw extrusion of rice flourwithout a die. Effect of barrel temperature
- [1] Jadhav, M.V and Annature, U.S. 2013. Effect of extrusion process parameters and particle size of sorghum flour on expanded snacks prepared using different varieties of sorghum (Sorghum bicolor L.). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 31(2) 71 -79.
- [2] Barrett, A.h., Peleg, M. (1992). Extrudate Cell Struture-Texture Relationship. *Journal of Food Sci.*, 57(5), 1253-1257.
- [3] Najafzadeh, M., Bolandi, M., and Milani, E. 2015. Effect of formulation and extrusion conditions on the physicochemical properties of functional puffed snack based on fiber supplement (sesame oil cake- wheat bran). *Food Science and Technology*, 1 (13): 127-137.
- [4] Singh, S., Singh, N., Isono, N. & Noda, T., 2010. Relationship of Granule Size Distribution and Amylopectin Structure with Pasting, Thermal, and Retrogradation Properties in Wheat Starch, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(2): 1180-1188.
- [5] Bahmani, I., Najafi, S. and Zavare, F. 2018. Impact extruded wheat flour and wheat starch Preeglatine on quality parameters and processing loaf bread made from frozen dough. *Food Science and Technology*, 15 (81): 261-271.
- [6] Beiraghi Toosi, S.H., Mohebbi, M. and Varidi, M. 2018. Effect of feed mixture and process variables on physicochemical properties of solid foams made from corn starch and sesame seed by extrusion. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 14 (5): 865 – 876.
- [7] Brahma, S., Weier S.A. and Rose, D.J. 2016. Effects ofselected extrusion parameters onphysicochemical properties and in vitro starchdigestibility and β -glucan extractability ofwhole grain oats. *Journal of Cereal Science*, 70: 85-90.
- [8] O'Shea, N., Arendt, E., Gallagher, E. 2013. Enhancing an extruded puffed snack by optimising die head temperature, screw speed and apple pomace inclusion. *Food Bioprocess Technology*, 7: 1767–1782.
- [9] Afshar, M., Basiri, A. and Sharifi, A. 2018. The effect of bran content and moisture input in the extrusion cooking process on some properties of instant powder based on rice flour. *Innovation in food science and technology*, 9 (4): 103-111.

- [28] Jozinovic, A ., Subarić, D., Ackar, Đ., Babic, J. and Milicevic, B. 2016. Influence of spelt flour addition on properties of extruded products based on corn grits. *Journal Food Engineering*, 172: 31-37.
- [29] Altan, A., McCarthy, K. L. and Maskan, M. 2008. Evaluation of snack foods from barley-tomato pomace blends by extrusion processing. *Journal Food Engineering*, 84(2): 231-242.
- [30] Lazou, A. and Krokida, M. 2010. Functional properties of corn and corn-lentil extrudates. *Food Research International*, 43(2):609-616.
- [31] Singh, B., Rachna, Hussain, S.Z. and Sharma, S., 2015, Response surface analysis and process optimization of twin scre Screw Extrusion Cooking of Potato-Based Snacks. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(3):270-281.
- [32] Singh, N., Smith, A.C.1997. A comparison of wheat starch, whole-wheat meal and oat flour in the extrusionsnack food using response surface methodology. *Eurourpean. Food Research Technology*, 218: 474-479.
- [33] Chang, Y.K., Silva, M.R., Gutkoski, L.C., Sebio, L. and Da Silva, M. 1998. Development of extruded snacks using Jatoba (*Hymenaea stigonocarpa* Mart) flour and cassava starch blends. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78(1): 59 - 66.
- [34] Nascimento, E.M., Carvalho, C.W., Takeiti, C.Y., Freitas, D., and Ascheri, J.L. (2012). Use of sesame oil cake (*Sesamum Indicum* L.) on corn expanded extrudates. *Journal of Food Research International*, 45, 434-443.
- [35] Ding, Q.B., Ainsworth, P., Plonkell, A. Tucker, G., and Marson, H. (2005). The effect of extrusion on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice based expanded snacks. *Journal of food Engineering.*, 66(3), 283-289.
- and screw speed on extrusion and extrudate characteristics. *Journal of food engineering*, 32 (3): 251-267.
- [21] Hagenimana, A., Ding, X. and Fang, T. 2006. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*, 43: 38-46.
- [22] Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., Ibanoglu, E. and Ibanoglu, S. 2008. Cauliflower by-products as a new source of dietary fibre, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. *Journal of Food Engineering*, 87: 554-563.
- [23] Ding, Q. B., Ainsworth, P., Plunkett, A., Tucker, G., and Marson, H. 2006. The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering*, 73 (2): 142-148.
- [24] Moraru, C.I. and Kokini, J. L. 2003. Nucleation and expansion during extrusion and microwave heating of cereal foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2 (4): 147-165.
- [25] Dehghan-Shoar, Z. Hardacre, A. K. and Breean, C. S. 2010. The physico-chemical characteristics of extruded snacks enriched with tomato lycopene. *Food Chemistry*, 123 (4): 1117-1122.
- [26] Potter, R., Stojceska, V. and Plunkett, A. 2013. The use of fruit powders in extruded snacks suitable for children's diets, *LWT-Food science and technology*, 51: 537-544.
- [27] Jafari, M., Koocheki, A. and Milani, E. 2018. Effect of extrusion variable on physicochemical properties of extruded sorghum. *Journal sood science and technology*, 75(15): 1-12. (IN Persian).



Investigation of the effect of adding wheat bran and input moisture in the extrusion process on physicochemical properties of wheat bran-based bulk snacks

Garosy, L.¹, Beiraghi-Toosi, Sh.^{2*}, Goli-Movahhed, Gh.³

1. M.Sc. Student, Department of Food Science and Technology, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Kashmar, Iran.
2. Assistant Professor, Department of food processing, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran.
3. Instrucer, Department of food processing, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Article History:</p> <p>Received 2020/ 11/ 12 Accepted 2021/ 07/ 13</p> <hr/> <p>Keywords:</p> <p>Bran, Extrusion, Moistur, Snack, Starch.</p> <hr/> <p>DOI: 10.52547/fsct.18.117.365</p> <hr/> <p>*Corresponding Author E-Mail: toosi@acecr.ac.ir</p>	<p>One of the most important problems in our society today is the lack of protein and fiber in the diet, so enriching snacks with fiber and protein can produce products with high nutritional value and low in calories, fat and cholesterol. Due to the popularity and high consumption of extruded products among the general public, including children and adolescents, it is very important to improve the nutritional properties of these products. Accordingly, in this study, some characteristics of snacks containing starch (40 to 76%), wheat bran (zero to 30%) and moisture (14 to 20%) were investigated. Also, wheat gluten (10%) was added to all samples and the prepared mixtures were extruded at a temperature of 140 ° C at a helical speed of 150 rpm. With increasing moisture and bran, water absorption index, water dissolution index first increases and then decreases, and with increasing moisture and bran, particle density, actual density and hardness increase, and with increasing starch, expansion coefficient and water absorption index, water dissolution index And the index L* increases and the particle density and the actual density decrease. With increasing humidity, L* index increases and with increasing bran decreases. With increasing humidity, the coefficient of expansion first increases and then decreases, but with increasing bran, the coefficient of expansion decreases. According to the obtained results, the use of 13% wheat bran, 61% wheat starch and 16% moisture of the input feed, produces a sample of good quality.</p>