نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره1، فروردین -اردیبهشت 1398 ص.221-211

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 1, Apr. May. 2019, p.211- 221

تأثیر مدت زمان انبارمانی بر ویژگی فیزیکوشیمیایی اسنک اکسترود شده حاوی پودر هسته انار

کوثر کاکایی[1]- محمّد نوشاد[2]- بهزاد ناصحی*[3]- محمّد حجتی[4]- شهرام بیرقی طوسی[5]

تاریخ پذیرش: 1397/02/22
تاریخ دریافت: 1397/05/22

چکیده

بهبود ارزش تغذیه‌ای اسنک‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین میان وعده‌ها در دنیا، امری ضروری می‌باشد. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر افزودن پودر هسته انار (11/8 درصد) به‌عنوان منبع فیبر بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اسنک‌ها در طی (صفر، 30 و 60) روز انبارمانی بود. برای ارزیابی تأثیر افزودن پودر هسته انار بر ویژگی‌های اسنک‌ها، مقدار چربی، پروتئین، ترکیبات فنولی، خاصیت آنتی‌اکسیدانی، چگالی، سفتی، شاخص جذب‌روغن، شاخص حلالیت، مقدار فیبر نامحلول، محتوی رطوبتی، شاخص جذب آب و ریزساختمان اسنک‌های تولید شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن پودر هسته انار سبب افزایش حلالیت، سفتی، دانسیته، شاخص رنگی *a، ترکیبات فنل کل، خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ارزش تغذیه‌ای (از نظر میزان آهن، روی، فیبر محلول و نامحلول، پروتئین و چربی) در نمونه‌ها شد. در حالی که میزان محتوی رطوبتی، شاخص جذب آب، شاخص‌های رنگی *L و *b و فعالیت آبی نمونه‌ها کاهش یافت. همچنین افزودن پودر هسته انار سبب کاهش تخلخل و ایجاد حفرات ناهمگن و نامنظم در ساختمان اسنک‌ها شد. افزایش مدت زمان ماندگاری سبب افزایش محتوای رطوبتی، سفتی و شاخص‌های *L و *b و کاهش میزان ترکیبات فنلی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه ها شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، می‌توان از پودر هسته انار به عنوان منبع فراسومند برای افزایش خواص عملکرای اسنک ها استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: زمان ماندگاری، اسنک اکسترود (حجیم) شده، پودرهسته انار، خصوصیات فیزیکوشیمیایی.

مقدمه

به مواد غذایی مورد مصرف در بین وعده‌های اصلی غذایی اسنک گفته می‌شود (Guy, 2001). اسنک‌های حجیم شده به دو نوع تقسیم می‌شوند: گروه اول شامل اسنک‌هایی هستند که موقع خروج از اکسترودر حجیم می‌شوند و گروه دوم شامل اسنک هایی هستند که طی سرخ کردن، گرمادهی با مایکروویو یا هوای داغ حجیم می‌شوند (میلانی و همکاران، 1392). اسنک‌های اکسترود شده به‌طور معمول دارای مقدار کالری و چربی بالا و پروتئین و فیبر پایین هستند، به همین دلیل مصرف‌کنندگان آن‌ها را به‌عنوان یک ماده غذایی ناسالم می‌شناسند (Larrea *et al*., 2005). اکستروژن که روشی برمبنای دمای بالا- زمان کوتاه است به‌خوبی به‌عنوان یک تکنولوژی رایج در صنعت شناخته شده است که ویژگی‌های شاخص آن شامل مخلوط کردن، شکل‌دهی، پخت مداوم و تولید محصولاتی با کیفیت بالا به‌صورت مستقیم از مواد اولیه قابل انبساط می‌باشد (Bisharat *et al*., 2013). فواید اکستروژن شامل: دست‌یابی به شکل فیزیکی مطلوب، به حداقل رساندن اثر عوامل ضد تغذیه‌ای، افزایش ماندگاری، قابلیت هضم و مطلوبیت مواد مغذی می‌باشد (Liu *et al*., 2000 ؛ Mishra *et al*.,2012). از طرفی دیگر بیشتر اسنک‌های موجود در بازار بر پایه غلات هستند که دارای کربوهیدارت بالا و پروتئین پایینی هستند به همین دلیل بهبود ارزش تغذیه‌ای این محصولات به‌نحوی که خواص آن‌ها دستخوش تغییرات نامطلوب نگردد ضروری به‌نظر می‌رسد (Ali *et al*., 2016).

1، 2 و 4- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران.
3- دانشیار، گروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران
5- استادیار گروه پژوهشی فرآوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی، مشهد، ایران.
(* - نویسنده مسئول: Email: Nasehi.b@pnum.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v0i0.72668

فیبرهای رژیمی[1] بخش خوارکی گیاهان یا کربوهیدارت‌های مشابه را تشکیل می‌دهد و نقش مهمی در سلامت انسان دارد، فیبرها در روده کوچک انسان هضم نمی‌شوند و بخشی از آن‌ها در روده بزرگ تخمیر می‌شوند، کمبود فیبرها در رژیمی غذایی انسان باعث بیماری‌هایی از قبیل یبوست، قلبی عروقی و سرطان می‌شوند (Anli, 2016). به‌طور کلی فیبر موجود در میوه‌ها بیشتر از فیبر غلات هستند، مصرف فیبرها به‌علت دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال مانند فلاونوئیدها، پلی‌فنل‌ها وکاروتن‌ها ضرروی نظر می‌رسد (معززی و همکاران، 1394). به‌علت این‌که بسیاری از محصولات جانبی جایگاه خاصی ندارند، امکان دارد به‌طور نامناسب دفع شوند و باعث مسائل زیست محیطی شوند، بنابراین استفاده مجدد از این محصولات در صنعت از نظر اقتصادی حائز اهمیت فراوانی است (Selani *et al*, 2014). ازسوی دیگر این پسماندها حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، اسیدهای چرب ضروری و مواد معدنی هستند که از نظر تغذیه‌ای و عملکردی مطلوب می‌باشند (Laufenberg *et al*., 2003).

میوه انار دارای ترکیبات ارزشمندی مانند فلاونویئدها می‌باشد که فعالیت رادیکال‌های آزاد را مهار و از گسترش فعالیت آنزیم‌ها جلوگیری می‌کند. از آنجایی که نیمی از انار تولیدی به کارخانجات فرآوری برای تولید کنساتره و آب میوه فرستاده می‌شود و حدود 14% از پسماند انار را هسته تشکیل می‌دهد یک منبع پیشنهادی خوب از مواد مغذی و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشد که می‌تواند دوباره به چرخه تولید بازگردانده شود (رئوفی‌راد و همکاران،1392؛ Selani *et al*, 2014). باتوجه به این که تاکنون پژوهشی در زمینه استفاده از پودر هسته انار در اسنک های حجیم شده انجام نگرفته است هدف ازاین پژوهش بررسی تأثیر استفاده از پودر هسته انار به‌عنوان یک مکمل فیبری- پروتئینی، بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملگرایی اسنک اکسترود شده بود.

مواد و روش‌ها

بلغور ذرت از کارخانه ذرت طلایی خراسان رضوی تهیه گردید. هسته انار از انار تازه آبگیری شده واریته باغ ملک رقم سرخ تهیه، سپس با استفاده از آون (UT 5042, Germany- Heraeus) در دمای 50 درجه سانتی‌گراد به‌مدت 48 ساعت خشک گردید بعد از این مراحل با استفاده از آسیاب (آسان توس شرق، 3000) به پودر تبدیل و جهت یکنواختی ابعاد ذرات از الک با مش 35 عبور داده شد.

تهیه فرمولاسیون مخلوط پایه برای اکستروژن

رطوبت بلغور ذرت و پودر هسته انار (اجزای مخلوط) ابتدا توسط دستگاه رطوبت‌سنج (AND، mx-50، ژاپن) پژوهشکده جهاد دانشگاهی خراسان رضوی اندازه‌گیری شد. برای یکنواخت شدن رطوبت نمونه‌ها از روش مربع پیرسون استفاده شد. پس از اختلاط، نمونه‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی و برای به تعادل رسیدن رطوبت، نمونه‌ها به مدت 24ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند.

شرایط فرآیند اکستروژن

به‌منظور تهیه اسنک‌ها از دستگاه اکسترودر دو مارپیچه موجود در پایلوت اکستروژن پژوهشکده جهاد دانشگاهی خراسان رضوی (DS56، Jinan Saxin) استفاده شد. در ابتدا برای بهینه‌یابی میزان افزودن پودر هسته انار به اسنک‌ها، از روش سطح پاسخ استفاده شد. برای این منظور تأثیر افزودن پودر هسته انار (20-0 درصد)، دمای اکسترودر (160-120 درجه سانتی‌گراد) و سرعت چرخش مارپیچ (180-120 دور در دقیقه) با مقدار رطوبت خوراک ورودی (16 درصد) و سرعت خوراک‌دهی (40 کیلوگرم در ساعت) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اسنک‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از بهینه‌یابی نشان داد، اسنک با 11/8 درصد پودر هسته انار، دمای160درجه سانتی‌گراد و سرعت‌مارپیچ 147/1دور در دقیقه دارای بهترین شرایط فیزیکوشیمیایی و عملگرای بود. پس از تهیه نمونه‌های بهینه و شاهد (نمونه بدون افزودن پودر هسته انار)، به‌منظور ارزیابی افزودن پودر هسته انار بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اسنک‌ها، برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اسنک‌های تولید شده در طی (صفر، 30 و 60) روز انبارمانی مورد ارزیابی قرار گرفت.

اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی اسنک حجیم‌شده

اندازه‌گیری رطوبت، پروتئین، چربی، فیبر محلول و نامحلول به‌ترتیب با روش استانداردهای AACC-46-12، AACC-44-16، AACC-30-25، AOAC991,43 انجام شد.

آنالیز بافت

آنالیز پروفایل بافت با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (Stable Micro Systems, Goldalming, UK) TA.XT2i انجام شد. اسنک کامل با پروب استوانه‌ای 6 میلی‌متر، با سرعت 1میلی‌متر بر ثانیه تا 70 درصد ضخامت اسنک فشرده شد. بیشترین نیرو که

1 Dietary-Fiber

نشان‌دهنده اولین گسیختگی در بافت اسنک است، به‌عنوان سفتی بافت در نظر گرفته شد (Wani and Kumar, 2018).

آزمون رنگ‌سنجی

آزمون رنگ‌سنجی برای هر نمونه با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (CR-400, Konica Minolta, USA) و با 5 تکرار انجام شد. فاکتور L* در سیستم رنگ‌سنجی نماینده میزان روشنایی است به‌طوری که عدد صفر حداکثر تیرگی و 100 حداکثر روشنایی را نشان می‌دهند؛ فاکتور a* نماینده میزان سبزی- قرمزی است، به صورتی که بازه 100- تا صفر برای بیان سبزی و بازه صفر تا 100 برای بیان میزان قرمزی به‌کار می‌رود. فاکتور b* نیز نشان‌دهنده میزان آبی- زرد بودن است که بازه 100- تا صفر نماینده میزان آبی بودن و بازه صفر تا 100 نماینده میزان زردی نمونه می‌باشد (Shah *et al*, 2017).

دانسیته

دانسیته هر قطعه اسنک حجیم از تقسیم جرم نمونه به حجم آن محاسبه شد. حجم نمونه‌ها با استفاده از ارزن و بر اساس روش جابه‌جایی اندازه‌گیری شد. به این صورت که از هر تیمار 10 نمونه به‌طور تصادفی انتخاب شد، حجم هر نمونه و وزن آن به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شده و دانسیته میانگین برای هر تیمار تعیین شد (Shah *et al*, 2017).

اندازه‌گیری شاخص جذب آب (WAI) و شاخص حلالیت (WSI)

برای تعیین WAI و WSI، ابتدا نمونه‌های اکسترود شده آسیاب شده و از الک با مش 40 عبور داده شد تا اندازه ذرات یکنواخت شود. سپس نمونه های آسیاب شده با آب مقطر مخلوط شده و در دمای اتاق به مدت 30 دقیقه با سرعت متوسط همزده شد و در (g) 3000 به مدت 15 دقیقه سانتریفوژ شدند. مایع رویی در پتری دیش‌هایی که به وزن ثابت رسیده بودند، ریخته شدند و در آون با دمای 105 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. WAI از تقسیم وزن ژل باقیمانده پس از ریختن مایع رویی بر واحد وزن ماده‌ی خشک اصلی و WSI از تقسیم وزن ذرات جامد حاصل از مایع رویی خشک شده بر وزن خشک ماده اصلی به‌دست آمد (Sharma *et al*., 2017).

اندازه‌گیری شاخص جذب روغن (OAI)

0/5 گرم از نمونه آسیاب شده با 6 میلی‌لیتر از روغن آفتابگردان در یک لوله سانتریفوژ (Z206A، آلمان) که از قبل توزین شده است، ریخته شدند. بعد از 30 دقیقه، لوله‌ها به مدت 25 دقیقه در 3000 g سانتریفوژ شدند. پس از جدا کردن روغن قرار گرفته روی سطح نمونه، میزان جذب روغن از تقسیم گرم روغن جذب شده بر گرم وزن نمونه خشک اندازه‌گیری شد (Sutivisedsak *et al*., 2013).

اندازه‌گیری فعالیت آبی

فعالیت‌آبی با استفاده از دستگاه واتراکتیویته‌متر (Novasina ms 1-aw Axair Ltd، سوئیس) در دمای 25 درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری ترکیبات فنولی

0/01 گرم از نمونه چربی‌زدایی شده با 1 میلی‌لیتر آب یا متانول مخلوط شد. سپس در سانتریفوژ با 15000g به مدت 15 دقیقه سانتریفیوژ شد. 200 میکرولیتر از عصاره تهیه شده با12/5 میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتیو، 37/5 میلی‌لیتر سدیم کربنات 20% مخلوط شد. نمونه تهیه شده به مدت دوساعت در محیط تاریک نگهداری شد. سپس جذب آن آن به‌وسیله دستگاه جذب در طول موج 760 نانومتر قرائت شد. در نهایت مقدار فنل کل به‌عنوان معادل اسید گالیک از کالیبراسیون منحنی با استفاده از محلول استاندارد اسید گالیک (0/1میلی‌گرم/ میلی‌لیتر) محاسبه شد (Wang *et al*, 2017).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی از روش Williams و همکاران (2017)، با اندکی تغییرات انجام شد. ابتدا 0/1 میلی‌لیتر از عصاره متانولی با 2/9 میلی‌لیتر DPPH 0/1 میلی‌مولار در متانول مخلوط و به مدت نیم ساعت در تاریکی نگهداری شدند جذب نمونه‌ها پس از نیم ساعت در مقابل نمونه بلانک (متانول) در طول موج 515 نانومتر با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. سپس فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

(1) فعالیت آنتی‌اکسیدانی = (نمونه اصلی- نمونه شاهد)/ (نمونه شاهد)×100

عکس‌برداری

در این پژوهش، از دستگاه SEM، مدل Philips XL30 ساخت کشور هلند استفاده شد. برای میکروسکوپ الکترونی روبشی، قطعات اسنک بهینه و شاهد روز اول، به‌صورت معکب (2 cm ×2 ×2) برش داده شد. سپس نمونه‌ها توسط نیتروژن مایع منجمد و در آون تحت

خلأ خشک شدند. نمونه‌های خشک شده، با طلا- پالادیوم پوشش داده شدند و با بزرگ نمایی 100 عکس‌برداری شد (Bisharat *et al*., 2013).

اندازه‌گیری املاح

اندازه‌گیری املاح معدنی (آهن، روی و منگنز) اسنک حجیم‌یافته بر اساس روش استاندارد ملی ایران با شماره 9266 با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Analytic jena, ContrAA300, German) انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به‌منظور بررسی اثر افزودن پودر هسته انار بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اسنک‌ها، از مدل‌های خطی عمومی (GLM) با استفاده از نرم‌افزار SAS 8.0 برای آنالیز آماری استفاده شد. مقایسه میانگین مربوط به هر ویژگی توسط آزمون LSD در سطح معناداری 0/05 درصد انجام شد.

نتایج و بحث

محتوی رطوبتی

نتایج به‌دست آمده (جدول 1) نشان داد که افزودن پودر هسته انار و دوره ماندگاری اثر معنی‌داری ($P<0/05$) بر محتوی رطوبتی نمونه‌ها داشت.

جدول 1- نتایج آنالیز واریانس محتوی رطوبت، سفتی، دانسیته، WSI، WAI، OAI

منابع	درجه آزادی	محتوی رطوبت	WSI	WAI	OAI	سفتی	دانسیته
هسته انار	1	1/9764***	3/3391***	3/2033**	0/1163***	19/523***	0/0003*
زمان ماندگاری	2	36/8909***	14/2451**	8/6544***	2/8704***	118/969***	0/0006**
اثر متقابل	2	0/3263ns	0/0992ns	0/3588 ns	0/0182ns	6/839 ns	0/0001*
خطا	6	0/2537	0/9181	0/5432	0/0261	1/037	0/00007
R-sq	-	99/36	95/10	95/74	99/35	99/29	93/95
R-adj	-	98/82	91/01	92/20	98/81	98/70	89/42

Ns عدم معنی‌داری در سطح 95 درصد؛ * معنی‌داری در سطح 95 درصد؛ ** معنی‌داری در سطح 99 درصد؛ *** معنی‌داری در 99/9 درصد

افزودن پودر هسته انار باعث کاهش رطوبت محصول شد، پودر هسته انار به دلیل داشتن فیبر نامحلول بالا آن باعث کاهش آب در دسترس برای انبساط گازها (خروج بخار آب) و به دنبال آن سبب کاهش رطوبت محصول نهایی می‌گردد (Moraru and , 2003) Kokini. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با پژوهش‌های Shah و همکاران (2017) در اضافه کردن آرد سویا- خلر به اسنک بر پایه ذرت که باعث کاهش محتوی رطوبت نمونه‌ها شد مطابقت داشت. همچنین، افزایش مدت زمان دوره‌ی نگهداری سبب افزایش میزان محتوی طوبتی در نمونه‌ها شد که ممکن است به‌دلیل قابلیت جذب رطوبت محیط به‌وسیله اسنک اکسترود شده به‌دلیل پایین بودن میزان محتوی رطوبتی آن‌ها باشد. (جدول 1)، آنالیز وارایانس داده‌های حاصل از رطوبت را نشان می‌دهد.

شاخص حلالیت

شاخص جذب‌آب و حلالیت، نشانگر تغییرات فیزیکی و شیمیایی نشاسته در طول فرآیند اکستروژن می‌باشد (Sing *et al*., 2016). باتوجه به نتایج آنالیز واریانس (جدول1) افزودن پودر هسته انار و مدت زمان انبارمانی اثرمعناداری ($p<0/05$) بر شاخص حلالیت نمونه‌ها داشت. افزودن پودر هسته انار باعث افزایش میزان حلالیت نمونه‌ها شد. این امر احتمالا به دلیل تأثیر فرآیند اکستروژن در تغییر دادن ساختار مولکولی فیبرها و ایجاد پیوندهای عرضی بین گروه‌های هیدروفیل مانند NH- و OH- با مولکول‌های نشاسته و ایجاد ترکیباتی با وزن مولکولی پایین‌تر در نمونه‌هاست (Chanlat *et al*, 2011; Sing *et al*, 2016). در حالی که افزایش زمان انبارمانی باعث کاهش حلالیت در نمونه‌ها شد.

شاخص جذب آب

افزودن پودرهسته انار و مدت زمان ماندگاری اثرمعناداری ($P<0/05$) بر شاخص جذب آب نمونه‌ها داشت. نتایج نشان داد، افزودن پودر هسته انار سبب کاهش میزان جذب آب توسط نمونه‌ها شد که این امر احتمالا به دلیل وجود فیبرهای نامحلول در پودر هسته انار و ترکیبات آب‌گریزی مانند چربی و کاهش میزان نشاسته نمونه‌ها به دلیل جایگزینی با پودر هسته انار می‌باشد (مظفرپور و همکاران،

1395، Sing *et al*,2016). افزایش دوره انبارمانی سبب افزایش شاخص جذب آب نمونه‌ها شد.

شاخص جذب روغن

شاخص جذب روغن مواد غذایی به آرایش فضایی، میزان آبدوستی و آبگریزی پروتیئن‌ها و حضور کربوهیدارت‌های آبدوست بستگی دارد (Chen *et al*., 2013). نتایج آنالیز واریانس (جدول 1) نشان داد افزودن پودر هسته انار اثرمعنی‌داری (P<0/05) بر شاخص جذب روغن نمونه‌ها داشت. این امر احتمالا به دلیل تشکیل بیشتر مولکول‌هایی با وزن مولکولی پایین‌تر و افزایش ترکیبات هیدروفوب مانند اسیدهای چرب در هنگام استفاده از پودر هسته انار در نمونه‌ها می‌باشد.

ارزیابی سفتی اسنک حجیم‌یافته

خواص بافتی یکی از مهم‌ترین مشخصه محصولات اکسترود شده می‌باشد (Shah *et al*., 2017). همچنین بررسی جدول آنالیز واریانس (جدول 1) نشان داد که افزودن پودر هسته انار و مدت زمان ماندگاری تأثیر معنادار (P<0/05) بر سفتی بافت نمونه‌ها داشت. افزایش سفتی در نتیجه افزایش پودر هسته انار احتمالا به دلیل اتصالاتی که بین پودر هسته انار یا گرانول‌های نشاسته ذرت ایجاد شده است می‌باشد که مانع ژلاتینه شدن نشاسته و از هم گسیختگی دیواره سلولی و ضخیم شدن دیواره‌های سلولی در هنگام شکل‌گیری حباب‌های هوا می‌باشد زیرا فیبر در تشکیل حباب هوا تداخل ایجاد کرده و ضخامت دیواره سلولی را افزایش می‌دهد (Ainsworth *et al*., 2013). نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با پژوهش‌های Ogumuyiwa و همکاران (2017) در اضافه کردن مکمل فیبری (نشاسته کاساوا و آرد سبوس ذرت) مطابقت داشت. هم‌چنین افزایش مدت زمان ماندگاری باعث سفتی بافت نمونه‌ها شد.

دانسیته

دانسیته می‌تواند معیار مناسبی از انبساط حجمی نمونه‌ها باشد (Meng *et al*., 2010). نتایج آنالیز واریانس در جدول 1 نشان داد که افزودن پودر هسته انار و مدت زمان ماندگاری بر دانسیته نمونه‌ها تأثیر معناداری (p<0/05) بر دانسیته نمونه‌ها داشت. افزایش میزان پودر هسته انار باعث افزایش دانسیته نمونه‌ها شد که به دلیل کاهش حجمی است که در نمونه‌ها رخ می‌دهد. افزودن پودر هسته انار باعث کاهش خروج آب از نمونه‌ها در هنگام خروج از دستگاه اکسترودر می‌شود که همین امر سبب کاهش حجم و افزایش دانسیته در نمونه‌ها می‌شود (Hashemi , 2016؛ Chanlat and Gogus,2008). *et al* هم‌چنین افزایش میزان رطوبت نمونه‌ها در طی انبارمانی دلیل احتمالی افزایش دانسیته نمونه‌ها در طی انبارمانی می‌باشد.

آنالیز رنگ

نتایج حاصل از این پژوهش در جدول 2 نشان داد که افزودن پودر هسته انار و مدت زمان انبارمانی تأثیر معناداری بر شاخص‌های a*، L* و b* داشتند. با توجه به این که پودر هسته انار دارای مقادیری قند و پروتئین است بنابراین سبب افزایش واکنش مایلارد در طول فرایند اکستروژن می‌شود که در نتیجه، ایجاد رنگدانه‌های قهوه‌ای باعث کاهش شاخص L* در نمونه‌ها می‌شود و کاهش شاخص b* و افزایش شاخص a* در نمونه‌ها احتمالا به‌دلیل افزایش فیبر نمونه‌ها و پیگمان‌های موجود در پودر هسته انار است (Sing *et al*., 2016, Jozinovic *et al*., 2016). هم‌چنین افزایش محتوی رطوبتی نمونه‌ها در مدت زمان انبارمانی احتمالا دلیل افزایش شاخص های L* و b* در نمونه‌ها می‌باشد.

ترکیبات فنل کل

مطالعات اپیدمیولوژیک نشان می‌دهد که ترکیبات فنلی طبیعی به‌طور عمده از طریق آنتی‌اکسیدان به مزایای سلامتی خود و فعالیت در برابر بسیاری از بیماری ها کمک می‌کنند (Xu *et al*., 2016). بر اساس نتایج به‌دست آمده (جدول 2)، افزودن پودر هسته انار و زمان ماندگاری اثر معنی‌داری بر میزان فنل کل نمونه‌ها داشت. به‌طوری که نمونه حاوی پودر هسته انار دارای ترکیبات فنولی بیشتری نسبت به نمونه شاهد بود. صمدلویی و همکاران (2007) گزارش کردند که هسته انار حاوی مقادیر زیادی از ترکیبات فنلی است. همچنین طی دوره‌ی ماندگاری میزان ترکیبات فنولی نمونه‌ها کاهش یافت که احتمالا به‌دلیل واکنش‌های اکسیداتیو می‌باشد.

خاصیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج آنالیز واریانس در جدول 2 نشان داد که افزودن پودر هسته انار و مدت زمان ماندگاری بر قدرت مهارکنندگی DPPH نمونه‌ها در سطح p<0/05 معنادار شدند. با توجه به این که انار یک منبع طبیعی سرشار از ترکیباتی همچون تانن، پلی‌فنل‌ها، فلاونوئیدها و ویتامین C است، بنابراین افزودن پودر هسته انبار سبب افزایش قدرت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های بهینه شد (Samadloiy *et al*., 2007).

هم‌چنین رئوفی‌راد و همکاران (1392) گزارش کردند افزودن روغن هسته انار سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پایداری اکسیداتیو روغن ماهی حاصل از کلیکای معمولی شد. همچنین طی دوره ماندگاری میزان خاصیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها کاهش یافت که احتمالا به دلیل واکنش‌های اکسیداتیو می‌باشد.

جدول 2- نتایج آنالیز واریانس شاخص‌های رنگی، ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی

منابع	درجه آزادی	L*	a*	b*	فنولی	آنتی‌اکسیدانی
هسته انار	1	77/06**	57/816***	59/319***	3/0000***	7193/2***
زمان ماندگاری	2	429/53***	4/638***	169/816***	2/3150**	1935/0***
اثر متقابل	2	1/12 ns	0/644**	1/810 ns	0/1050 ns	214/2***
خطا	6	10/45	0/062	1/237	0/3800	1/5
R-sq		97/98	99/90	99/63	93/45	99/95
R-adj		96/30	99/82	99/32	87/99	97/99

Ns عدم معناداری در سطح 95 درصد؛ *معناداری در سطح 95 درصد؛ ** معناداری در سطح 99 درصد؛ *** معناداری در 99/9 درصد

میزان املاح

اندازه‌گیری میزان املاح نمونه‌های شاهد و بهینه نشان داد که افزودن پودر هسته انار سبب افزایش املاحی مانند آهن و منگنز در نمونه‌های بهینه شده است (جدول 3).

فعالیت آبی

باتوجه به (جدول3)، افزودن پودر هسته انار سبب کاهش فعالیت آبی نمونه‌ها شد به‌طوری که میزان فعالیت آبی نمونه غنی شده با پودر هسته انار کمتر از نمونه شاهد بود. فعالیت آبی فاکتور مناسبی برای ارزیابی عمرماندگاری و پایداری میکروبیولوژیکی مواد غذایی محسوب می‌گردد (Kaur *et al*., 2015). بنابراین انتظار می‌رود که عمر ماندگاری نمونه بهینه بیشتر از نمونه شاهد باشد.

میزان فیبرهای محلول و نامحلول

باتوجه به جدول 3 میزان فیبرهای محلول و نامحلول اسنک غنی‌شده با پودر هسته انار بیشتر از نمونه شاهد می‌باشد.

جدول 3- داده‌های حاصل از املاح، فیبر محلول و نامحلول و فعالیت آبی

تیمار	Cu	Fe	Mn	فیبر محلول	فیبر نامحلول	aw
بهینه	1/124	0/2282	0/0433	0/52	2/08	0/110
شاهد	0/0284	0/1231	0	0/08	0/03	0/124

فیبرهای محلول و نامحلول تأثیر متفاوتی بر ویژگی‌های اسنک حجیم‌شده دارند. فیبرهای نامحلول، باعث کاهش حجم، افزایش دانسیته و ایجاد سفتی در اسنک حجیم‌شده می‌گردند. باتوجه به نتایج آزمون فیبر محلول و نامحلول، و بالابودن میزان فیبر نامحلول در پودر هسته انار می‌توان چنین بیان کرد که افزودن پودر هسته انار سبب افزایش دانسیته و سفتی بافت در نمونه‌های بهینه شده است.

محتوی چربی و پروتئین

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش (جدول 4)، جایگزینی پودر هسته انار با بلغور ذرت باعث افزایش میزان پروتئین و چربی در نمونه‌های بهینه شد. لازم به ذکر است که پودر هسته انار مورد استفاده در این پژوهش حاوی 1/5 ±22 درصد پروتئین بود. Choi و همکاران (2006) گزارش کردند هسته انار غنی از اسیدهای چرب از جمله پونیسیک اسید، لینولئیک اسید، اولئیک اسید، پالمتیک اسید، استئاریک اسید می‌باشد.

جدول4- محتوی پروتئین و چربی نمونه شاهد و بهینه

تیمار	چربی	پروتئین
بهینه	8/1±0/1	1/35±0/05
شاهد	6/7±0/2	1/15±0/1

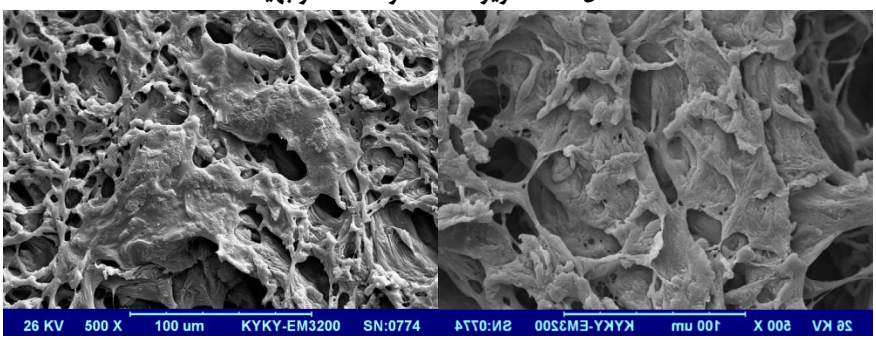
SEM

برای بررسی ریزساختمان نمونه‌ها از عکس‌های SEM استفاده شد. بر اساس تصاویر (شکل 1) به‌دست آمده، افزودن پودر هسته انار سبب کاهش تخلخل و ایجاد حفرات ناهمگن و نامنظم در ساختمان اسنک‌ها شده است. افزودن پودر هسته انار احتمالا سبب کاهش قابلیت انبساط دیواره حباب‌های ایجاد شده در طی خروج نمونه‌ها از دستگاه اکسترودر می‌شود که همین امر باعث ایجاد بافت متراکم‌تری در نمونه‌های بهینه نسبت به نمونه شاهد شده است. Lue و همکاران (1990) تأثیر افزودن جو و سبوس گندم بر ریزساختار محصولات اکسترودر شده را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن این ترکیبات باعث تولید محصولی متراکم با اندازه حفرات کوچک‌تری شد.

نتیجه‌گیری

مصرف بالای اسنک‌های اکسترود شده مبین توجه در باب افزایش کیفیت تغذیه‌ای این محصولات می‌باشد، از طرفی دیگر امکان دفع نامناسب محصولات جانبی حاصل از فرآوری مواد غذایی در کارخانه‌جات صنایع غذایی و به‌وجود آوردن مسائل زیست‌محیطی و همچنین سرشار بودن این محصولات از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، مواد معدنی و غیره. اهمیت پژوهش در زمینه تولید محصولات جایگزین و سالم رانشان می‌دهد. با توجه به خواص تغذیه‌ای موجود در پودر هسته انار و هدر رفتن قسمت عمده این محصول جانبی به‌عنوان پسماند، و بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، می‌توان از پودر هسته انار به‌عنوان منبع فراسومند برای افزایش خواص عملکرای اسنک‌ها استفاده کردکه باعث جلوگیری از هدر رفتن این محصول جانبی با ارزش و برگرداندن پسماند به چرخه تولید شد.

شکل 1- تصاویر SEM نمونه شاهد و بهینه



بهینه **شاهد**

منابع

رئوفی‌راد، م.، رضایی، م و شویک لو، ا.1392. بررسی برخی اثرات آنتی‌اکسیدانی روغن هسته‌ی انار برروند اکسیداسیونی روغن ماهی حاصل از کلیکای معمولی. بهره‌برداری و پرورش آبزیان. 3(2): 25-19.

مظفرپور، ر.، کوچکی، آ.، میلانی، ا. و وریدی، م.1395. بررسی اثر متغیرهای دمایی و رطوبتی فرآیند اکستروژن بربرخی خواص عملکردی و پرامترهای رنگ کنسانتره پروتئین‌های سویا. مجله علوم و صنایع غذایی. 14 (79):229-223.

معززی، ش.، سیدین اردبیلی، س م. و عیوض زاده، ا. 1394. تاثیر بهبود دهنده امولسیفایر SSL در خواص رئولوژیکی خمیر. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران*.47(2). 108-97.

میلانی، ا.، حصاری نژاد، م.، گل‌ی موحد، غ.، کوچکی، آ. و بیرقی طوسی، ش. 1392. ارزیابی تأثیر متغیرهای فرآیند اکستروژن بر ویژگی‌های عملکری اسنک حجیم بر پایه آرد خلر جوانه زده. بیست و یکمین کنگره ملی علوم وصنایع غذایی ایران. شیراز، ایران. 9-7 آبان.

Ainsworth, P., İbanoğlu, Ş., Plunkett, A., İbanoğlu, E., & Stojceska, V. (2007). Effect of brewers spent grain addition and screw speed on the selected physical and nutritional properties of an extruded snack. *Journal of Food Engineering, 81*(4), 702-709.

Ali, H. A., Mansour, E. H., Osheba, A. S., & El-Bedawey, A. A. (2016). Evaluation of extruded products prepared from corn grits–corn starch with common carp fish. *American Journal of Food Science and Nutrition Research*, *3*(5), 102-108.

Anil, M. (2007). Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *Journal of Food Engineering*, *80*(1), 61-67.

Bisharat, G. I., Oikonomopoulou, V. P., Panagiotou, N. M., Krokida, M. K., & Maroulis, Z. B. (2013). Effect of extrusion conditions on the structural properties of corn extrudates enriched with dehydrated vegetables. *Food research international*, *53*(1), 1-14.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C.L.W.T., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), pp.25-30.

Chanlat, N., Songsermpong, S., Charunuch, C., & Naivikul, O. (2011). Twin-Screw Extrusion of Pre-Germinated Brown Rice: Physicochemical Properties and Aminobutyric Acid Content (GABA) of Extruded Snacks. *International journal of food engineering*, *7*(4).

Chen, J., Khandelwal, N., Liu, Z., & Funami, T. (2013). Influences of food hardness on the particlesize distribution of food boluses. *Archives of oral biology*, *58*(3), 293–298..

Choi, D.W., Kim, J.Y., Choi, S.H., Jung, H.S., Kim, J.H., Cho, Y.S., Kang, S.C. and Chang, S.Y. (2006), "Identification of steroid hormones in pomegranate using HPLC and GC-mass spectrometry", *Food Chemistry*, Vol. 96 No. 4, pp. 562-571.

Guy, R. 2001. Extrusion Cooking: Technologies and Application, Pp.3–5.

Hashemi, N., Mortazavi, S. A., Milani, E., & Tabatabai Yazdi, F. (2017). Microstructural and textural properties of puffed snack prepared from partially deffated almond powder and corn flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(5), 1-12.

Jozinović, A., Šubarić, D., Ačkar, Đ., Babić, J., & Miličević, B. (2016). Influence of spelt flour addition on properties of extruded products based on corn grits. *Journal of food engineering*, *172*, 31-37.

Kaur, S., Kumar, S., & Bhat, Z. F. (2015). Utilization of pomegranate seed powder and tomato powder in the development of fiber-enriched chicken nuggets. *Nutrition & Food Science*, *45*(5), 793-807.

Koca, I., Tekguler, B., Yilmaz, V. A., Hasbay, I., & Koca, A. F. (2018). The use of grape, pomegranate and rosehip seed flours in Turkish noodle (erişte) production. *Journal of Food Processing and Preservation*, *42*(1).

Larrea, M. A., Chang, Y. K., &Bustos, F. M. (2005). Effect of some operational extrusion parameters on the constituents of orange pulp. *Food Chemistry*, *89*(2), 301-308.

Laufenberg. G., Kunz. B. and Nystroem, M. 2003. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations, *Bioresource technology*. 87, 167- 198.

Liu, Y., Hsieh, F., Heymann, H., & Huff, H. E. (2000). Effect of Process Conditions on the Physical and Sensory Properties of Extruded Oat-Corn Puff. *Journal of Food Science*, *65*(7), 1253-1259.

Lue, S., Hsieh, F., Peng, I.,& Huff, H. (1990). Expansion of corn extrudes containing dietary fiber a microstructure study. *Lebensmittel-Wissenschaft &Technology*, 23(2); 165-173.

Meng, X., Threinen, D., Hansen, M., & Driedger, D. (2010). Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack. *Food Research International*, *43*(2), 650-658.

Mishra, A., Mishra, H. N., & Srinivasa Rao, P. (2012). Preparation of rice analogues using extrusion technology. *International journal of food science & technology*, *47*(9), 1789-1797.

Moraru, C. I., & 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.

Ogunmuyiwa, O. H., Adebowale, A. A., Sobukola, O. P., Onabanjo, O. O., Obadina, A. O., Adegunwa, M. O., & Keith, T. (2017). Production and quality evaluation of extruded snack from blends of bambara groundnut flour, cassava starch, and corn bran flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(5).

Samadloiy, H.R., Azizi, M.H., and Barzegar, M. 2007. Antioxidative effect of pomegranate seed phenolic componends on soybean oil. *J. Agricultural Sciences and Natural Resources*. 14: 4. [In Persian]

Selani, M. M., Brazaca, S. G. C., dos Santos Dias, C. T., Ratnayake, W. S., Flores, R. A., & Bianchini, A. (2014). Characterisation and potential application of pineapple pomace in an extruded product for fibre enhancement. *Food chemistry*, *163*, 23-30.

Shah, F. U. H., Sharif, M. K., Butt, M. S., & Shahid, M. (2017). Development of protein, dietary fiber, and micronutrient enriched extruded corn snacks. *Journal of texture studies*, *48*(3), 221-230.

Sharma, C., Singh, B., Hussain, S. Z., & Sharma, S. (2017). Investigation of process and product parameters for physicochemical properties of rice and mung bean (*Vigna radiata*) flour based extruded snacks. *Journal of Food Science and Technology*, 1-10.

Singh, J. P., Kaur, A., Shevkani, K., Singh, N., & Singh, B. (2016). Physicochemical characterisation of corn extrudates prepared with varying levels of beetroot (*Beta vulgaris*) at different extrusion temperatures. *International journal of food science & technology*, *51*(4), 911-919.

Sutivisedsak, N., Singh, M., Liu, S., Hall, C., & Biswas, A. (2013). Extrudability of four common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, *37*(5), 676-683.

Wang, S., Kowalski, R. J., Kang, Y., Kiszonas, A. M., Zhu, M. J., & Ganjyal, G. M. (2017). Impacts of the particle sizes and levels of inclusions of cherry pomace on the physical and structural properties of direct expanded corn starch. *Food and Bioprocess Technology*, *10*(2), 394-406.

Wani, S. A., & Kumar, P. (2016). Fenugreek enriched extruded product: optimization of ingredients using response surface methodology. *International Food Research Journal*, *23*(1).

Xu, E., Wu, Z., Pan, X., Long, J., Wang, F., Xu, X, & Jiao, A. (2016). Effect of enzymatic (thermostable α-amylase) treatment on the physicochemical and antioxidant properties of extruded rice incorporated with soybean flour. *Food chemistry*, *197*, 114-123.

Yagci, S. and Gogus, F., 2008. Response surface methodology for evaluation of physical and functional properties of extruded snack foods developed from food-by-products. *Journal of Food Engineering,* 86: 122-132.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 1, Apr. May. 2019, p.211- 221

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره1، فروردین -اردیبهشت 1398 ص.221-211

Effect of storage time on physicochemical properties of extruded snacks containing pomegranate powder

K. Kakaei[1], M. Noshad[1], B. Nasehi[2*], M. Hojjati[1], SH. Beiraghi- Toosi[3]

Received: 2018.05.12
Accepted: 2018.08.13

Introduction: In the past years, snack consuming in all age groups, special children have increased due to their low cost and eating readiness. Generally, these products have high starch content, but low nutrients such as vitamins, minerals, amino acids and fiber. In fact, most of the snacks are known as foods with high energy content and glycemic index, but low nutritional value. Adding fruits processing by-products to extruded snacks improves the nutritional value of snacks due to their high content of dietary fiber, bioactive compounds and minerals. Pomegranate (*Punica granatum* L.) is a perennial plant and is generally cultivated in tropical and subtropical regions the pomegranate seed is one of the pomegranate processing by-products including approximately 15-20% of total fruit. Pomegranate seed contains 36.5-42.4% fiber, 13.5-16.9% lipid, 8.5-11.3% protein and 24.09-33.41% carbohydrates. Therefore, pomegranate by-products rich in bioactive compounds and dietary fiber can be used as a functional ingredient. Since no research have been performed on using the pomegranate seed powder in making snacks yet, this research aimed to investigate the effect of pomegranate powders as a fiber supplement on the extruded physicochemical properties.

Material and Methods: The fruit of pomegranate were purchased from Khuzestan province in Iran. After peeling of pomegranate fruits, arils were pressed. The remaining pomaces were dried at 50 C for 48h. Dried pomace was powdered using a mixer grinder. The corn grits (Golden Corn Company, Iran) were prepared. The moisture and chemical component of raw materials were analyzed. The two screw extruders (model DS56, Jinan Saxin Company) was used to formulate and prepare snacks. First, response surface methodology (RSM) was used to optimize the amount of pomegranate powder to be added to the snacks. For this purpose, the influence of adding the pomegranate seed powder (0-20 %), extruder temperature (120-160 °C) and screw rotation speed (120-180 rpm) on the physicochemical properties of extruded samples were considered. For this reason, the moisture level of the input food was adjusted to 15 % and the feeding speed was 40 (kg/hr). The obtained results from optimization of the snacks formulation and process conditions shows that the optimum amount of factors are fallowing addition of fiber supplementary 11.8 %, the temperature of the extruder 160 °C, the screw speed of 147.1 rpm. After preparing optimal and control samples (without adding pomegranate powder), in order to evaluate the addition of pomegranate powder to the physicochemical properties of snacks, for this purpose, the effect of adding pomegranate powder on fat and protein content, total phenolic compounds, antioxidant activity, density, hardness, water and oil absorbance index, solubility index, soluble and in soluble fiber content, moisture content and microstructure of the produced snacks during 60 days of storage were investigated.

Results and discussion: By adding the pomegranate seed powder, the product moisture content decreased, which is probably due to high insoluble fiber content of pomegranate seed powder like apple residue. Moreover, by adding the pomegranate seed powder, the oil absorption index increased, which is probably due to presence of non-polar amino acids in the pomegranate seed powder. Existence of greater quantities of non-polar amino acids and presence of non-polar side chains in the extruded products may absorb oil hydrocarbon chains, leading to increase oil absorption index. Based on results, adding the pomegranate seed powder increases the hardness of

1. Department of Food Science & Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Mollasani, Iran
2. Department of Agricultural Engineering and Technology, Payame Noor University (PNU), Iran
3. Department of Food Processing, Food Science and Technology Research Institute, Iranian Academic Centre for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: Nasehi.b@pnum.ac.ir)

the samples, which is probably due to the high amounts of oil and protein in the pomegranate seed powder. Researchers have reported that the use of food ingredients with high fat, protein, and fiber content increase the product tissue hardness. Also, the addition of pomegranate powder reduced water absorption of samples, which is probably due to the presence of insoluble water compounds such as fat and insoluble fibers in pomegranate powder and the reduction in the starch content of the samples due to the replacement of pomegranate powder. According to the results, addition of pomegranate powder increased the total phenol content and antioxidant properties of samples. While increasing the storage time, the total phenol content in the samples was reduced, which is probably due to the oxidation reactions that occur during storage. The results of this study showed that the addition of pomegranate powder increased the density, a * value, and nutritional value (such as iron, zinc, soluble and insoluble fiber, protein and fat content) in samples. While L* and b* values and water activity of the samples was reduced. Also, the addition of pomegranate powder decreased porosity and created heterogeneous and irregular cavities in the texture of snacks.

Keywords*:* Shelf life, Extruded snacks, Pomegranate powder, Physicochemical properties.