مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

اثر فناوری اکستروژن بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی فراورده حاصل از آرد کامپوزیت جودوسر-برنج شکسته با هدف تولید حریره فوری

سمیه اخروی[۱]، آرش کوچکی[۲] و الناز میلانی[۳*]

۱ – دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲– استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳– دانشیار پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰ /۱۲/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۵

کلمات کلیدی:

حریره فوری،

تخلخل،

شاخص حلالیت،

رنگ.

DOI: 10.22034/FSCT.19.126.227

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.126.13.4

* مسئول مکاتبات:

e.milani@jdm.ac.ir

چکیده

در این پژوهش از فناوری اکستروژن به منظور تولید حریره فوری و آماده مصرف حاصل ازآرد کامپوزیت جودوسر-برنج نیمه استفاده شد. بدین منظور بر پایه طرح کاملا تصادفی اثر تیمارهای رطوبت (۲۳ و ۲۷ درصد)، دما (۱۲۰، ۱۴۵ و۱۷۰ درجه سانتی گراد) و نسبت اختلاط آرد جودو سر به آرد برنج (۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و۷۵:۲۵)، بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و عملکردی شامل رطوبت، حلالیت در آب، تخلخل و شاخص تغییرات رنگی پودر بررسی گردید. نتایج نشان داد، افزایش همزمان رطوبت و سطح آرد کامل جو دوسر به دلیل افزایش فراکسیون فیبری سبب افزایش رطوبت نهایی گردید. همچنین شاخص حلالیت در آب فراورده با افزایش رطوبت؛ کاهش و با افزایش سهم آرد جو دوسر همراه شاخص قرمزی افزایش یافت با این حال؛ تخلخل نمونه ها کاهش چشمگیری یافت. افزایش درجه حرارت پخت اکستروژن، سبب کاهش روشنایی، رطوبت و افزایش ساختار اسفنجی و متخلخل نمونه ها شد. مشاهدات پژوهش، بیانگر پتانسیل مطلوب حریره فوری برای برنامه غنی سازی بود. همچنین تولید بر پایه اکستروژن بواسطه راندمان بالا و ویژگی های بهبود یافته محصول نهایی بویژه افزایش سهم فراکسیون های فیبری محلول، به عنوان روش مفید فراوری برای این محصول پیشنهاد می گردد.

۱- مقدمه

محصولات فوری به ترکیبات پودری اطلاق شده که در ترکیب با آب یا شیر سریعا آماده مصرف می شوند[۱]. تنوع پودرهای فوری در بازار کشور محدود است. اکثر این محصولات وارداتی بوده و با توجه به آماده سازی سریع، درکنار قیمت بالا، مصرف بالایی نیز دارند. اغلب کارشناسان تغذیه استفاده از دانه های کامل را به دلیل فیبر بالا در آن ها و جلوگیری از سرطان، بیماری های قلبی و دیابت توصیه می کنند [۲].

آرد کامل جودوسر (یولاف) غنی از فیبر رژیمی محلول بویژه βگلوکان، پروتئین، ویتامین، مواد معدنی، آنتی اکسیدان بوده و نقش موثری در تنظیم عملکرد روده، کاهش کلسترول و میزان گلوکز خون و کنترل وزن بدن دارد [۳]. برنج از جمله غلاتی است که به دلیل سطح پایین پرومالین، فاقد گلوتن می باشد[٤]. از فرایند بوجاری برنج سفید ، حدود ۸ تا ۱۰ درصد ضایعات شامل برنج شکسته (نیمه) تولید می شود [۵]. امروزه محصولات زیادی بر پایه برنج در بازار یافت می شود. مانند فرنی برنج که محصولی محبوب برای شروع غذای کمکی نوزادان است [٦]. از محدودیت های پودرهای فرنی موجود دربازار، عدم تنوع و پخت وقت گیر آن است؛ از این رو اصلاح فرمولاسیون و روش فراوری پودرهای آماده مصرف نوعی ضرورت پژوهشی به شمار می آید.

اکستروژن یک تکنولوژی چندمنظوره است که در تولید پودر فوری مورد استفاده قرار می گیرد[۷]. این روش ویژگی های منحصر به فردی در مقایسه با سایر روش های حرارتی دارد، زیرا مواد اولیه تحت برش مکانیکی شدید قرار گرفته و نفوذ بخار در طول فرایند، باعث ایجاد پیوندهای هیدروژنی آب با شاخه‌های باز شده مولکول‌های نشاسته می‌گردد در نتیجه ترکیب تولیدی تمایل اندک به کلوخه‌ای شدن، حلالیت مطلوب، قابلیت پخش شدن سریع در مایع سرد و ویسکوزیته بالا دارد [۸]. بـه علـت تـنش برشی، فشار و حرارت در طی پخت اکستروژن ژلاتینه شـدن و دپلیمریزه شدن ملکول های نشاسته و شکستن شاخه های جانبی در فیبرها حادث شده و قابلیت هضم پروتئین، نشاسته و فراکسیون های فیبری محلول آن ها نیز افزایش چشمگیری می یابد [۹].

اولادیران و همکاران (۲۰۱۸) ویژگی های حسی توصیفی پودر اکسترود شده کاساوا –سویا با سبوس گندم را مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که افزایش مقدار سبوس گندم ویسکوزیته ظاهری را افزایش داد و باعث مشاهده ذرات سبوس در پودر گردید. پوره حاوی ۲۰ درصد سبوس گندم با وجود بافت خشبی بیشتر، احساس گرسنگی را کاهش داد [۱۰].

راسلی و همکاران (۲۰۱۸)، به بررسی توانایی هیدراتاسیون غذای فوری کودک بر پایه آردهای جودوسر و برنج با نشاسته ژلاتینه شده طی فرایند اکستروژن پرداختند. پاسخ بهینه در دمای ۱۷۰ درجه سانتی گراد و ۳۵۰ دور در دقیقه به دست آمد. دما و سرعت مارپیچ تمام ویژگی های مورد آزمون را تحت تأثیر قرار داد، به جز شاخص جذب آب (فقط سرعت مارپیچ در این مورد تأثیر داشت). لیپیدهای موجود در جو دوسر باعث کاهش نسبت انبساط فرآورده نهایی شد [۱۱].

بوژانا فیلیپچف و همکاران (۲۰۱۸)، به مقایسه ویژگی های فیزیکوشیمایی، بافتی و حرارتی پوره فوری بر پایه گندم آلمانی و جو دو- سر پرداختند. ویژگی های هیدراتاسیون (شاخص جذب آب و شاخص حلالیت در آب)، قوام و ویژگی های پوره ها بررسی شدند نتایج نشان داد محتوای نشاسته مقاوم در پوره جو دوسر بیشتر از پوره گندم آلمانی بود. پوره گندم تا حدودی قوام بیشتر و خاصیت آبرسانی بهتری (شاخص جذب آب بالاتر) داشت [۱۲].

نژاج گاندی و بالجیت سینگ (۲۰۱۵)، ویژگی های پوره بر پایه از بلغور گندم و پالپ گواوا تحت تاثیر فرایند پخت اکستروژن دومارپیچ را مورد مطالعه قرار دادند. افزایش محتوای رطوبت خوراک و سطح پالپ گواوا منجر به کاهش نسبت انبساط و افزایش تراکم مواد اکسترود شده شد. با افزایش محتوای رطوبت خوراک شاخص جذب آب افزایش و شاخص حلالیت آب کاهش یافت[۱۳].

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر متغیرهای فرمولاسیون شامل نسبت دو نمونه آرد و رطوبت خوراک ورودی و درجه حرارت پخت اکسترودر بر ویژگی حریره فوری حاصل از آرد کامپوزیت جودوسر برنج شکسته بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

آرد کامل جو دوسر از شرکت زرین و برنج نیمه از ضایعات شالیکوبی فراهانی خریداری شد. به منظور دستیابی به دانه بندی یکنواخت کلیه مواد مجدد آسیاب گردیده (آسیاب چکشی طوس شکن خراسان) و از مش ۳۰ عبور داده شدند.

۲-۲- فرمولاسیون خوراک ورودی

آرد جودوسر و آرد برنج که رطوبت اولیه آن ها از قبل اندازه گیری شده بود با نسبت های اختلاط ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ تهیه شد. جهت تعیین آب مورد نیاز برای رسیدن به رطوبت ۲۳ و ۲۷ درصد از مربع پیرسون استفاده شد. پس از ۲۰ دقیقه اختلاط در پلاستیک پلی اتیلنی به مدت ۲٤ساعت در یخچال نگهداری شدند[۸].

۲-۳- پخت اکستروژن

به منظور تهیه محصول از دستگاه اکسترود جفت مارپیچی با چرخش هم جهت Jinan Saxin (مدل DS56 ،ساخت چین) موجود در پایلوت اکستروژن پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی استفاده شد. دمای محفظه (۱۲۰، ۱٤۵ و ۱۷۰ درجه سانتی گراد)، میزان رطوبت خوراک ورودی (۲۳ و ۲۷ درصد) و نسبت اختلاط آرد جودوسر و آرد برنج (۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵) متغیر های فرایند تولید محصول بودند. نسبت طول به قطر(L/D) این دستگاه ۱۵ و قطر روزنهٔ خروجی ۳ میلی‌متر بود. بر اساس پیش تیمارهای انجام شده شرایط ثابت بهینه فرایند اکستروژن شامل سرعت مارپیچ مقدار ثابت ۲۰۰ دور بر دقیقه و سرعت خوراک ٤۰ کیلوگرم بر ساعت در نظر گرفته شد. نمونه های خروجی از دستگاه اکستروژن جهت خشک کردن و رسیدن به رطوبت یکسان بر روی نوار نقاله خشک کن تونلی با دمای ۵۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. نمونه های خروجی تا هنگام آزمایش فاز اول در پلاستیک های کدگذاری شده نگهداری شدند. جهت انجام آزمون های حریره فوری نمونه های اسنک تولید شده با آسیاب صنعتی توس شکن خراسان به صورت پودر درآمد و جهت یکنواخت شدن از الک با مش شماره ۳۰ استفاده گردید [۹].

۲-٤- اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی، میزان رطوبت

میزان رطوبت از روش استاندارد (AACC) به شماره ۱۵-۱٤، به دست آمد. برای اندازه‌گیری چربی از روش سوکسله طبق روش استاندارد AACC به شماره ۲۵-۳۰ و اندازه‌گیری میزان خاکستر (طبق روش استاندارد ۰۱- ۰۸، AACC) با استفاده از روش کوره الکتریکی انجام شد. میزان پروتئین با استفاده از دستگاه کلدال اتومات Gerhardt (مدل VAP20، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد[۱٤]. اندازه‌گیری میزان فیبر رژیمی محلول، نامحلول و کل به روش آنزیمی بر اساس استاندارد AOAC انجام گرفت[۱۵].

۲-۵- شاخص حلالیت

بدین منظور ۲گرم از محصول، درون فالکون۱۵ ریخته سپس آب مقطر به آن اضافه، به مدت ۲ دقیقه با ورتکس همزده و به مدت ۲۰ دقیقه در ۷۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و مایع رویی حاصل در آون خشک و توزین می گردد. حلالیت در آب طبق فرمول محاسبه می گردد[۱۵].

$$WSI=(mds/ms)\times 100$$

mds: = وزن ماده خشک حاصل از آون گذاری مایع رویی پس از سانتریفیوژ (گرم)، ms: وزن نمونه (گرم)

۲-٦- تخلخل

برای اندازه گیری تخلخل اسنک های اکسترود شده از روش پردازش تصویر استفاده شد. تصویر برداری از نمونه ها با استفاده از دوربین دیجیتال مدل Canon EOS 1000D در محفظه ای تاریک که بازتاب نور وجود نداشت انجام پذیرفت. تعداد ۱۰لامپ فلورسنت درون محفظه روشن بود. تصویر برداری با نرم افزار EOS utility انجام گرفت. سطح رویی نمونه با استفاده از نرم افزار فتوشاپ از پشت زمینه جدا شد و سپس با نرم افزارimage J میزان تخلخل نمونه ها اندازه گیری شد [۱٦].

۲-۷- بررسی مولفه های سنجش رنگ

رنگ نمونه‌های تولید شده توسط دستگاه هانترلب (ColorFlex ساخت آمریکا) اندازه‌گیری شد. بدین منظور نمونه‌های پودری در کاپ مخصوص ریخته شد تا سطح آن کاملا پوشانده شود. در

این آزمون مقادیر L، a، b تعیین گردید. مقادیر L شاخص روشنی، مقادیر مثبت a شاخص قرمزی تا سبزی محصول و مقادیر b شاخص زردی تا آبی بودن محصول را نشان می دهد [۸].

۲-۸- دانسیته توده [1]

باروش جابجایی دانه های ارزن بر اساس استاندارد AACC (2000) محاسبه شد[۱٤].

۲-۹- طرح آزمایشات و تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش به منظور بررسی اثر تیمارهای رطوبت (۲۳ و ۲۷ درصد)، دما (۱۲۰، ۱٤٥ و۱۷۰ درجه سانتی گراد) و نسبت اختلاط آرد جودو سر به آرد برنج (۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵)، بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی پودر آماده مصرف از طرح کاملا تصادفی در قالب فاکتوریل استفاده شد. تمام آزمون ها در سه تکرار انجام شد. به منظور مقایسه میانگین داده ها از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. در طراحی آزمایش، آنالیز نتایج و برازش منحنی ها از نرم افزار SPSS و EXCEL استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیبات شیمیایی مواد اولیه

ترکیبات شیمیایی مواد اولیه مورد استفاده در فرمولاسیون حریره فوری بر اساس وزن خشک در جدول(۱) آورده شده است.

Table 1 Nutritional composition of ingredient

Broken rice	Whole oat meal	Ingredients(%)
9.69±1	10.9 ±0.21	Protein
2.74 ±0.5	0.87±0.3	Ash
4.25 ±0.25	1.05 ±0.59	Fat
4.05 ±0.31	12.97±0.14	Total fiber
0.65 ±0.44	7.25±1.2	Soluble fiber
1.62 ±0.26	5.72 ±0.36	Insoluble fiber
10.94±0.11	7.41 ±0.68	Moisture

* Data are reported in two replications in terms of (Mean ± SD value).

۳-۲- اثر متغیرهای فرمولاسیون و فرایند بر میزان رطوبت نهایی

اکثر فراورده های غلات مثل کیک و کلوچه، انواع نان ها و ... رطوبت بالایی دارند و از دست دادن رطوبت باعث بیاتی این محصولات می‌شود یعنی محتوای رطوبتی در این محصولات عامل محدود کننده کیفیت شناخته می‌شود. اما فراورده های اکسترود شده رطوبت پایینی دارند و این عامل ماندگاری بالای این محصولات می‌باشد [۱۰]. میزان رطوبت از دست رفته به فشار بخار ایجاد شده و محتوای رطوبتی اولیه محصول بستگی دارد. با توجه به شکل۱، بیشترین محتوای رطوبتی مربوط به نمونه با نسبت آرد جو دوسر به برنج (۷۵:۲۵) و (۵۰:۵۰)، دمای (۱۲۰ درجه سانتی گراد) و رطوبت (۲۷ درصد) و کمترین میزان رطوبت مربوط به نمونه تولید شده در شرایط نسبت آرد جو دوسر به برنج (۲۵:۷۵)، دمای (۱٤٥ درجه سانتی گراد) و رطوبت (۲۷ درصد) می‌باشد. در تمام نمونه هایی که محتوای رطوبت اولیه ۲۷ درصد می‌باشد نسبت به رطوبت ۲۳ درصد، در شرایط ثابت سایر متغیرها بیشتر است. با افزایش دمای اکسترودر فشار بخاری که ایجاد می‌شود بالا بوده و باعث خروج بیشتر بخارات از داخل نمونه ها می‌شود در شکل زیر مشاهده می‌شود که با افزایش دما از ۱۲۰ درجه سانتی گراد به ۱٤٥ و ۱۷۰ باعث کاهش محتوای رطوبتی محصول نهایی می‌شود.افزایش رطوبت نهایی فرآورده در اثر افزایش جایگزینی آرد جو دوسر می تواند به دلیل محتوای بالای فیبر محلول باشد. نتایج مشابه توسط محققین دیگر در مورد فراورده‌های حجیم شده فیبری بر پایه تفاله آناناس (۳/۷۱-٤/۷۱ درصد)و سویا (۳/۲٦-۵/۲۰ درصد) گزارش شده است [۱۷ و ۱۸]. تغییرات میزان رطوبت نهایی محصول متاثر از تغییرات ساختار میکرو و ماکروسکوپی ماده غذایی است که توانایی باند شدن آب با ذرات ماده غذایی و واکنش‌های آن را مشخص می‌نماید. محققان علت این پدیده را وجود پروتئین و فیبر نامحلول بالا در نمونه ها بیان نمودند. نتایج یانیوتیس و همکاران (۲۰۰۷) نیز در مورد افزایش فیبر گندم نشان دهنده کاهش میزان رطوبت نهایی فراورده اکسترود شده بود[۱۹].

1. Bulk Density

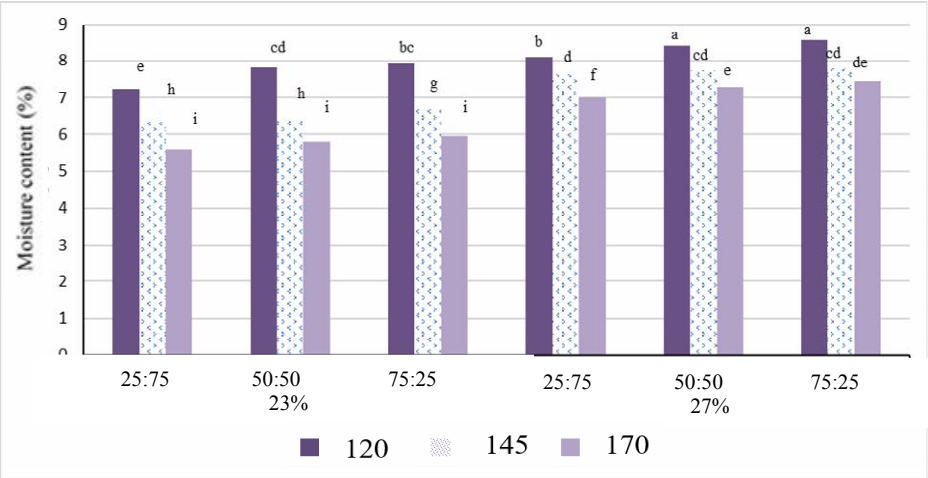

Fig1 Interaction of barley flour: rice flour ratio, feed moisture and cooking temperature on the final moisture of the extruded product.

۳-۳- تاثیر متغیرهای فرمولاسیون و فرایند بر شاخص حلالیت در آب

این شاخص معرف تجزیه ترکیبات مولکولی است و مبین میزان ترکیبات با وزن مولکولی پایین محلول آزاد شده از نشاسته درطی فرایند اکستروژن می باشد. دو فاکتور مهمی که بر روی شاخص حلالیت در آب تاثیر دارند، دما و رطوبت می‌باشد[۱۷ و ۲۰]. این شاخص بین ۲/۷- ۲/۱ متغیر است.

با توجه به شکل ۲، با در نظر گرفتن شرایط ثابت دمایی و نسبت آردها، در صورت افزایش رطوبت از ۲۳ درصد به ۲۷ درصد شاخص حلالیت در آب کاهش یافت. رطوبت بیشتر خوراک باعث کاهش ویسکوزیته، کاهش برش و کاهش میزان دکسترینه شدن پلیمرهای نشاسته و در نتیجه کاهش حلالیت در آب می شود. افزایش رطوبت خوراک به دلیل نقش پلاستی سایزری رطوبت سبب کاهش نیروی برشی مارپیچ شده و به عنوان اثر محافظتی بر مولکول ها عمل می کند و باعث کاهش آسیب پلیمر ها و مولکول های آزاد شده در طی فرایند می شوند [۲۱]. نتایج مشابه توسط بیشارات و همکاران (۲۰۱۵)، مشاهده شد. افزایش دمای پخت اکستروژن باعث افزایش دکسترینه شدن و تخریب بیشتر نشاسته و افزایش حلالیت در آب می شود [۲۲].

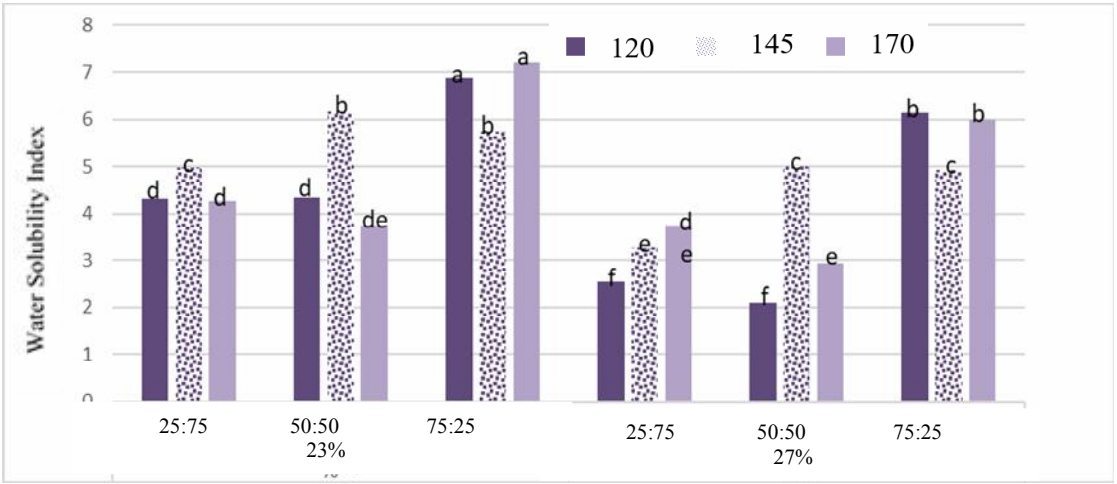

Fig 2 Interaction of barley flour: rice flour ratio, feed moisture and cooking temperature on Water Solubility Index of the extruded product.

با افزایش سطح آرد جو دوسر میزان شاخص حلالیت در آب افزایش یافت. فیبر بالای خوراک به دلیل کاهش سهم نشاسته و افزایش جذب آب ورودی در فرمول می تواند سبب از هم گسیختگی ساختمان پیوسته ماده مذاب در اکسترودر گردد. طی فرایند اکستروژن حلالیت فیبرهای رژیمی افزایش می‌یابد که نشان دهنده ی پتانسیل اکستروژن در تغییر ساختار مولکول ها می‌باشد. حضور مواد محلول در ساختار آرد جو دوسر منجر به افزایش شاخص حلالیت در آب می‌گردد. نتایج گاندی و همکاران (۲۰۱۵)، بیانگر همبستگی مثبت بین افزایش حلالیت در آب و افزایش سهم فیبرهای رژیمی در فرمولاسیون حریره فوری بود [۲۳].

توبیاس–اسپینوزا و همکاران (۲۰۱۹)، با هدف توسعه فراورده های با فیبر بالا و تعیین اثر افزودن کتان و آمارانت بر ویژگی های فراورده های اکسترود شده فوری بر پایه بلغور ذرت، نشان دادند که با افزایش نسبت کتان و آمارانت مقدار فیبر رژیمی افزایش یافت که سبب بالابردن شاخص حلالیت در آب فراورده گردید.این نتایج با آنالیز میکروساختاری فراورده همبستگی مثبت داشت و افزایش نسبت کتان و آمارانت فراورده سبب ساختار متراکم تر و کریستالیته بالا گردید [۲٤].

۳-٤- اثر متغیرهای فرمولاسیون و فرایند بر تخلخل فراورده

سلول های هوایی ایجاد شده در طی فرایند اکستروژن سبب تشکیل حفراتی با اندازه و تعداد متنوع در ساختار فراورده می گردد. در واقع تخلخل میزان فضای خالی فراورده را توصیف می کند و خصوصیات عملکردی متفاوت خمیرها، ترکیب خوراک ورودی و متغیر های فرایند تعیین کننده اندازه حفرات و تعداد خلل و فرج ها می‌شود [۲۲]. فیبرهای محلول با افزایش حجم آزاد و فیبرهای نامحلول با توجه به خصوصیات هیدروفوبی که دارند از عوامل هسته زایی می باشند [۱۷].نتایج مربوط به اندازه گیری تخلخل در جدول۲ آورده شده است. در خصوص نسبت آرد جو به آرد برنج، با افزایش میزان فیبر در فرمولاسیون، کاهش تخلخل در نمونه ها مشاهده شد. حضور فیبربه دلیل افزایش جذب آب، باعث از هم گسیختگی دیواره حباب های گازی می‌شوند و به دنبال آن کاهش انبساط و تخلخل را به همراه دارند.

محتوای رطوبت ۲۳ و ۲۷ درصد نمونه ها، اختلاف معنی داری در شدت تخلخل داشته و نمونه ها با محتوای رطوبت ۲۳ درصد، تخلخل بالایی داشتند. محتوای رطوبت در طی اکستروژن به دلیل تغییر ویسکوزیته خمیر و کمک به ژلاتیناسیون و عامل پف کننده بسیار مهم است. رطوبت بالا میزان ویسکوزیته ماده ذوب شده را کاهش می دهد ماده ذوب شده تحت تأثیر انرژی مکانیکی و در نتیجه دمای کمتری قرار می گیرد. میزان آب بالاتر، ماده ذوب شده را در معرض دمای گذار شیشه ای قرار می دهد که منجربه تغییر شکل ماتریس و درنتیجه فروپاشی ساختار نشاسته می شود و در نهایت میزان تخلخل کاهش می یابد[۱۷]. با افزایش رطوبت و کاهش دمای خمیر، اصطکاک بین خمیر و مارپیچ کاهش یافته و اثر منفی بر روی ژلاتینه شدن نشاسته داشته و تخلخل و انبساط شوندگی را کاهش می‌دهد[۷]. افزایش رطوبت ورودی منجر به تغییر ساختار مولکولی آمیلوپکتین شده و با کاهش الاستیسیته خمیر مذاب باعث کاهش میزان تخلخل می‌شود [۲۵].

نتایج مشابه در پژوهش نجف زاده و همکاران (۲۰۱۵)، نشان داد که با افزایش رطوبت میزان تخلخل در اسنک فراسودمند حاوی کنجاله کنجد و سبوس گندم کاهش یافت [۲٦]. یانیوتیس و همکاران (۲۰۰۷)، با مطالعه بر روی اکسترده بر پایه ی نشاسته ذرت گزارش دادند که در صورت استفاده از فیبر گندم در فرمولاسیون تعداد حباب های هوا افزایش پیدا کرده و حجم آنها کاهش پیدا می‌کند و در نهایت تخلخل کاهش پیدا می‌کند[۱۹]. برخی نیز دلیل کاهش تخلخل در اسنک های بر پایه آرد ذرت را افزودن فیبر به فرمولاسیون دانستند. آنها عنوان کردند افزایش دما و سرعت چرخش مارپیچ منجر به ایجاد بافت متخلخل در فرآورده شد [۲۷]. هاشمی و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهشی پیرامون استفاده از کنجاله بادام چربی گیری شده در تهیه اسنک به این نتیجه رسیدند که اضافه شدن فیبر سیب باعث کاهش ضریب انبساط، تخلخل و افزایش دانسیته می‌شود [۹]. نتایج لطفی و همکاران (۲۰۲۰)، نشان داد که مساحت کل، میانگین اندازه، تخلخل و تعداد حفرات بزرگتر از ۱۰ میلی متر مربع با افزایش تفاله ی هویج کاهش یافت ولی حفرات کوچکتر از ۲ میلی متر مربع با افزایش تفاله افزایش یافت [۲۸].

۳-۵- اثر متغیرهای فرمولاسیون و فرایند بر تغییر مولفه های رنگی فراورده

بازه تغییر شاخص های رنگی در محدوده L (روشنایی=۱۰۰ تا سیاهی=۰)، a (قرمزی=۶۰+ تا سبزی= ۶۰-) و b (زردی= ۶۰+ تا آبی= ۶۰-) تعیین شده است. دراین پژوهش محدوده تغییرات شاخص های ۸۰-۷۲= L، a= ۹-۶/۴ و b=۳/-۲۴/۷ بود. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۲، با افزایش دمای نمونه ها شاخص روشنایی کاهش و شاخص قرمزی افزایش یافت. دلیل آن افزایش واکنش مایلارد در دماهای بالا می‌باشد. بیشترین روشنایی مربوط به نمونه با نسبت آرد (۲۵:۷۵)، دمای (۱۲۰ درجه سانتی گراد) و رطوبت (۲۳ درصد) و کمترین روشنایی مربوط به نمونه تولید شده در شرایط نسبت آرد (۷۵:۲۵)، دمای (۱۲۰ درجه سانتی گراد) و رطوبت (۲۷ درصد) می باشد.افزایش نسبت جایگزینی آرد جو دوسر از ۲۵ درصد به ۷۵ درصد به علت افزایش میزان رنگدانه های قهوه ای موجود در سبوس و افزایش زیست فراهمی بتاگلوکان و ترکیبات پروتئینی نظیر گروه های آمینی موجود در جو دوسر، باعث افزایش واکنش مایلارد بین اسید آمینه لیزین و قند های احیاکننده شده و در نهایت سبب تیره تر شدن رنگ فراورده و افزایش شاخص قرمزی شد [۲۹و ۳۰]. نتایج مشابه توسط لطفی و همکاران (۲۰۲۰)، مشاهده شد. با افزایش پروتئین و فیبر خوراک میزان ژلاتینه شدن نشاسته کاهش پیدا می کند که این امر سبب کاهش انبساط طولی و عرضی فراورده و به موجب آن افزایش دانسیته حجمی می شود. این بدان معنی است که نسبت سطح به حجم کاهش یافته و پراکندگی رنگدانه ها در سطح فراورده کاهش پیدا کرده، در نتیجه رنگ نهایی محصول تیره تر می شود [۹و۱۷].

اثر آشکار دمای بالا و رطوبت کم در طول اکستروژن نشان می دهد که افزایش تیرگی، اشباع رنگ و قرمزی در طول اکستروژن می تواند به واکنش میلارد، کاراملی شدن یا تخریب و پلیمریزاسیون پلی فنول ها نسبت داده شود [۱۶و۲۹].

Table 2 Interaction of barley flour: rice flour ratio, feed moisture and cooking temperature on color and porosity of extruded product

Porosity	Color			Tempreture	Moisture	WOM:BR	Treatment
	b*	a*	L*				
59^{c}	18.31^{f}	2.09^{g}	80.64^{a}	120	23	25:75	1
65.66^{b}	18.7^{f}	2.54^{e}	78.28^{b}	145	23	50:50	2
70.6^{a}	22.21^{c}	3.7^{b}	73.98^{f}	170	23	25:75	3
54.6^{d}	19.7^{e}	1.68^{h}	75.59^{d}	120	27	25:75	4
۶۳/۱^{b}	20.24^{e}	1.34^{i}	76.92^{b}	145	27	25:75	5
۶۹^{a}	19.14^{f}	0.91^{j}	79.65^{a}	170	27	25:75	6
44^{f}	20.15^{e}	2.59^{e}	76.91^{c}	120	23	50:50	7
40.7^{f}	21.95^{c}	3.47^{c}	75.89^{c}	145	23	50:50	8
58^{c}	21.96^{c}	3.25^{d}	75.68^{d}	170	23	50:50	9
63.5^{b}	21.56^{d}	1.76^{h}	74.86^{e}	120	27	50:50	10
52.3^{e}	22.24^{c}	1.61^{h}	75.42^{d}	145	27	50:50	11
32^{h}	23.19^{bc}	1.91^{g}	75.1^{e}	170	27	50:50	12
52^{e}	23.18^{bc}	3.6^{b}	74.36^{e}	120	23	75:25	13
50.6^{e}	21.95^{c}	3.1^{d}	74.7^{e}	145	23	75:25	14
45.8^{f}	25.01^{a}	4.61^{a}	72.48^{g}	170	23	75:25	15
25.9^{i}	23.71^{b}	2.5^{f}	72.08^{g}	120	27	75:25	16
37.5^{g}	23.1^{bc}	1.92^{g}	75.88^{d}	145	27	75:25	17
27.2^{i}	24.76^{a}	2.74^{e}	73.8^{f}	170	27	75:25	18

۳-٦- اثر متغیرهای فرمولاسیون و فرایند بر تغییرات دانسیته توده

دانسیته و نسبت انبساط دو ویژگی بینشی در مورد توسعه منافذ به همراه تغییرات در ساختار محصول پخته شده می‌دهد. کشش و رشد حباب به دلیل فشار بخار آب بالا، دو نیروی غالب هستند که باعث گسترش محصول می‌شوند [١٦ و١٠]. نتایج مربوط به دانسیته توده نشان داد؛ بیشترین دانسیته توده مربوط به نمونه تولید شده در رطوبت ۲۷ درصد، نسبت آرد جو به برنج ۷۵:۲۵ و دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد و کمترین دانسیته توده مربوط به نمونه تولید شده در رطوبت ۲۳ درصد، نسبت آرد جو به برنج ۲۵:۷۵ و دمای ۱۲۰ و ۱٤٥ درجه سانتی گراد می باشد. نشاسته ترکیب اصلی برای گسترش خمیر در اکسترودر و همچنین انبساط در خروجی قالب است. با افزایش درصد جایگزینی آرد جو دوسر، مقدار نشاسته در فرمولاسیون کاهش می یابد. افزایش نسبت آرد جو دو سر تا ۷۵ درصد اثر معنی داری بر دانسیته توده داشته است و باعث افزایش آن شده است. این امر به دلیل افزایش فیبر در خوراک است. فیبر به واسطه کاهش سهم نشاسته از تشکیل وگسترش سلول های هوایی جلوگیری و توانایی انبساط محصول را محدود می‌کند [٢٦ و٢٨].

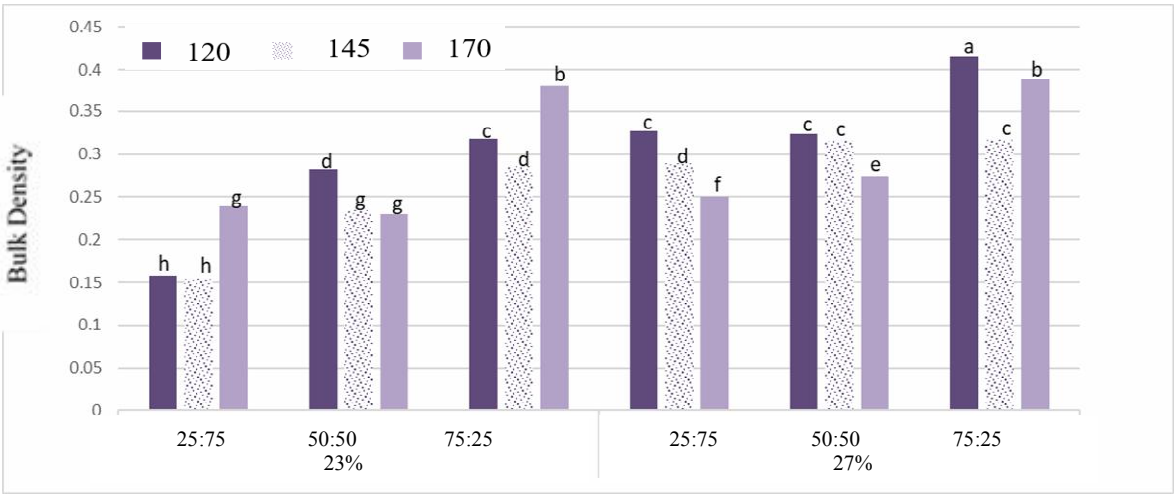

Fig 3 Interaction of barley flour: rice flour ratio, feed moisture and cooking temperature on bulk density of the extruded product.

در پژوهش گاندی (٢٠٠٤) و تهیه پودر فوری حریره، نتایج مشابه مشاهده شد به طوری که فیبر موجود در پالپ گواوا به عنوان یک پرکننده جامد عمل کرده، منبسط نمی‌شود و نشاسته در حال گسترش را در مخلوط رقیق کرده و بنابراین، چگالی ظاهری محصول با افزایش محتوای فیبر افزایش یافت. با افزایش دما به ١٤٥ درجه دانسیته توده کاهش پیدا کرده ولی با افزایش دما از ١٤٥ درجه سانتی گراد به ۱۷۰ درجه سانتی گراد با توجه به کاهش الاستیسیته و عدم توانایی در حفظ گاز دانسیته توده افزایش یافت. اثر ترکیبی درجه حرارت بالا و مقدار نسبتا بالای فیبرهای نامحلول احتمالا سبب افزایش فشار داخلی اکسترودر و کاهش ویسکوزیته مواد مذاب و الاستیسیته و پلاستیسیته خمیر شده و چگالی توده را کاهش می‌دهد. نیروهای الاستیک عموماً در رطوبت کم و دمای پایین غالب هستند. رشد حباب، به دلیل تفاوت فشار بین فضای داخلی حباب در حال رشد و فشار اتمسفر، بر انبساط در دما و رطوبت بالا غالب است [١٥]. با افزایش رطوبت از ۲۳ درصد به ۲۷ درصد دانسیته توده افزایش یافت. اثرات شرایط اکستروژن بر BD توسط مایاچو و همکاران (۲۰۱۵) بر پودر فوری اکسترود شده برنج متاثر از افزودن آژد سویا و ماش مطالعه شده است؛ براین اساس؛ افزایش رطوبت خوراک در طول فرآیند اکستروژن، با کاهش دمای خمیر مذاب و اثر روان کنندگی، ویژگی ارتجاعی شبکه آمیلوپکتین را کاهش و منجر به کاهش ژلاتینه شدن، کاهش انبساط و افزایش BD فرآورده می شود [٥].

٤- نتیجه‌گیری

نیاز به تولید فراورده های غذایی فراسودمند که به سرعت آماده

شوند، یکی از مهمترین دغدغه‌های کنونی تولید است. در بین روش‌های تولید پودرهای آماده مصرف، تکنولوژی پخت اکسترون به دلیل اثرات مثبتی که بر قابلیت هضم و همچنین حداقل افت کیفیت تغذیه‌ای حین پروسه، جهت تولید این محصول استفاده گردید. نتایج پژوهش نشان داد؛ با استفاده از آرد کامل جو دوسر و برنج نیمه به ویژه در فرمول ۵۰:۵۰ امکان تولید محصول بافت داده شده مهیا می‌گردد که این محصول تولیدی، ضمن داشتن ویژگی‌های ماکروساختار مناسب دارای ویژگی عملگری مطلوبی نیز می‌باشد. پودر تولیدی به دلیل محتوای بالای فیبر محلول به عملکرد بهتردستگاه گوارش، سیستم ایمنی بدن، کنترل وزن و دیابت کمک می نماید. همچنین با دارابودن رطوبت مناسب قابلیت ماندگاری داشته و به دلیل ساختار متخلخل، بافت مناسب و فیبر بالا می‌تواند به عنوان ماده اولیه در فرمولاسیون سایر مواد غذایی نظیر فراورده‌های رژیمی، غذاهای آماده مصرف و پودر فوری مورد استفاده قرار بگیرد. مطابق نتایج برای دارابودن پودر فوری با خصوصیات مطلوب تغذیه ای و تکنولوژیکی، می توان تا سطح ۵۰ درصد فرمولاسیون از آرد جو دوسر استفاده نمود و شرایط پخت اکسترودر را نیز رطوبت ۲۷ درصد و درجه حرارت ۱۷۰ درجه سانتی گراد منظور نمود.

۵- منابع

[1] Trombini, F. and M. Leonel. (2010). "Paste and thermal properties of instant mixtures of soybean flour, cassava starch and fibrous residue." *Energia na Agricultura,* 25(4): 50-71.

[2] Zhang, M., Liang, Y., Pei, Y., Gao, W. and Zhang, Z. (2011). "Effect of process on physicochemical properties of oat bran soluble dietary fiber." *Journal of Food Science*, 74(8), 628-636.

[3] Shukri, R., et al. (2021). "Properties of extruded cross-linked waxy maize starches and their effects on extruded oat flour." *Carbohydrate Polymers*, 253: 117259.

[4] Akonor, P, Atter A. (2021). "Anchovy powder enrichment in brown rice-based instant cereal: a process optimization study using Response Surface Methodology (RSM)." *Food Science & Nutrition*, 9:4485–4497

[5] Mayachiew, P., Charunuch, C., Devahastin, S. (2015). "Physicochemical and Thermal Properties of Extruded Instant Functional Rice Porridge Powder as Affected by the Addition of Soybean or Mung Bean." *Journal of Food Science,* Vol.80, Nr.12

[6] Seth, D. and Rajamanickam, G. (2012). "Development of extruded snacks using soy, sorghum, millet and rice blend–A response surface methodology approach." *International Journal of Food Science & Technology,* 47(7), 1526-1531.

[7] Lobato, L.P., Anibal, D., Lazaretti, M.M. and Grossmann, M.V.E. (2011). "Extruded puffed functional ingredient with oat bran and soy flour." *LWT-Food Science and Technology,* 44(4), 933-939.

[8] Khan MA, Mahesh C, Srihari SP, Sharma GK and Semwal AD. (2019). "Optimization of Feed Moisture and Sugar Content in the Development of Instant Rice Porridge Mix Using Extrusion Technology." *Journal of Food Processing & Technology,* 10(12)850-862

[9] 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." *Journal of Food Process Preserv.,* 41(5) 1-12.

[10] Oladiran, D.O., Emmambux. (2018). "Extrusion cooking of cassava-soy flour with 200 g/kg wheat bran promotes slower oral processing during consumption of the instant porridge and higher derived satiety." *LWT - Food Science and Technology*, 97, 778–786

[11] Sandrin, R., Caon, T., Zibetti, A. W., & de Francisco, A. (2018). "Effect of extrusion temperature and screw speed on properties of oat and rice flour extrudates." *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 98(9), 3427-3436.

[12] Šimurina, O. D., Filipčev, B. V., Marić, B. D., Cvetković, B. R., & Bodroža-Solarov, M. I. (2018). "Comparative study on the physico-chemical, textural and thermal properties of instant porridges based on spelt and oats." *Food and Feed research*, 45(1), 27-35.

[13] Gandhi, N., & Singh, B. (2015). "Study of extrusion behaviour and porridge making characteristics of wheat and guava blends." *Journal of food science and technology*, 52(5), 3030-3036.

[14] AACC. (2000). Approved methods of the American association of cereal chemists. 10th ed. St. Paul, Minnesota: *American Association of Cereal Chemists*.

[15] 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.

[16] Medina, W.T., Quevedo, R.A. and Aguilera, J.M. (2013). "Changes on image texture features of breakfast flakes cereals during water absorption." *Food Science and Technology International*, 19(1), 45-57.

[17] Selani, MM., Brazaca, SGC., Santos Dias , CT, Ratnayake, WSC,. Flores, RA., Bianchini, A., (2014)., "Characterisation and potential application of pineapple pomace in an extruded product for fibre enhancement." *Food Chemistery,* 163 23–30.

[18] Sharif, M. K., Rizvi, S. S. H., Paraman, I. (2014). "Characterization of supercritical fluid extrusion processed rice-soy crisps fortified with micronutrients and and soy protein." *LWT-Food Science & Technology*, 56, 414–420.

[19] Yanniotis, S., Petraki, A., Soumpasi, E. (2007). "Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded cornstarch." *International Journal of Food Engeeniering*, 80, 594–599.

[20] Pardhi, S.D., Singh, B., Nayik, G.A. and Dar, B.N. (2019). "Evaluation of functional properties of extruded snacks developed from brown rice grits by using response surface methodology." *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences,* 18(1), 7-16.

[21] Sharma, C., Singh, B. and 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*, 54(6), 1711-1720.

[22] Bisharat, G.I., Oikonomopoulou, V.P., Panagiotou, N.M., Krokida, M.K. and 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.

[23] Gandhi, N and Singh, B. (2015). "Study of extrusion behaviour and porridge making characteristics of wheat and guava blends." *Journal of Food Science & Technology*, 52(5): 3030–3036.

[24] Tobias-Espinoza, J.L., Amaya-Guerra, C.A., Quintero-Ramos, A., Pérez-Carrillo, E., Núñez-González, M.A., F., Meléndez-Pizarro, C.O., Báez-González, J.G. and Ortega-Gutiérrez, J.A. (2019). "Effects of the addition of flaxseed and amaranth on the physicochemical and functional properties of instant-extruded products." *Foods,* 8(6), 183.

[25] Brennan, M.A., Lan, T. and Brennan, C.S. (2016). "Synergistic effects of barley, oat and legume material on physicochemical and glycemic properties of extruded cereal breakfast products." *Journal of Food Processing and Preservation,* 40(3), 405-413.

[26] Najafzadeh M., Bolandi M., 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)." *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 13(1): 127 - 137.

[27] Giannini, A., et al. (2013). "Structural properties of corn-based extrudates enriched with plant fibers." *International Journal of Food Properties,* 16(3): 667-683.

[28] Lotfi, S., Koocheki, A, Milani, E. (2020). "Production of high fiber ready-to-eat expanded snack from barley flour and carrot pomace using extrusion cooking technology." *Journal of Food Science and Technology*, 57, 2169–2181

[29] Sandrin, R., Caon, T., Zibetti, A.W. and de Francisco, A. (2018). "Effect of extrusion temperature and screw speed on properties of oat and rice flour extrudates." *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 98(9): 3427-3436.

[30] Parker, J. Glynis M. E. Donald S. Mottram Robin C. E. Guy. (2000). "Sensory and Instrumental Analyses of Volatiles Generated during the Extrusion Cooking of Oat Flours." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8): 3497–3506

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The effect of extrusion technology on the physicochemical properties of product based on oatmeal-broken rice composite flour to fabricate instant harire

Okhravi, S. [1], Koocheki, A. [2], Milani, E. [3*]

1. M.Sc in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
2. Professor, Department of Food Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
3. Associated professor, Department of Food Processing, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR) of Mashhad, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 02/ 26
Accepted 2022/ 05/ 15

Keywords:

Instant harire,
Porosity,
Color,
Water solubility index.

DOI: 10.22034/FSCT.19.126.227
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.126.13.4

*Corresponding Author E-Mail:
e.milani@jdm.ac.ir

ABSTRACT

Extrusion cooking studies were carried out with a view to develop an instant ready to eat porridge from composite flour based on whole oat meal and broken rice. Full factorial design was carried out to investigate the influence of variables, feed moisture content (23, 27 %), cooking temperature (120, 145, 170 c°) and ratio of whole oat meal: broken rice 25:75, 50:50 and 75:25 % on physicochemical and functional properties contain, final humidity, water solubility index, color and porosity of extrudates. Results showed that increasing feed moisture content and whole oat meal simultaneously, showed an increase in humidity. Water solubility index (WSI) decreased with increase in feed moisture content, however with increase in level of whole oat meal, redness and WSI increased and porosity decreased. Increase in cooking temperature resulted in the decrease in lightness, humidity and increase in porosity of the extrudates. These findings suggest that fortified instant porridge have the potential to be adopted and can be used as a vehicle to deliver micronutrients to these populations and that extrusion with high yield, somewhat enhances the levels of soluble fiber fractions.