مجله علوم و فنون شیلات
دوره ۱۲ شماره ۳، تابستان ۱۴۰۲، صفحات ۲۸۶ تا ۲۷۷

اثرات اکسترود کردن آرد گندم تحت شرایط دمایی و رطوبتی مختلف بر آنالیز بیوشیمیایی، ترکیبات فنولی و قابلیت هضم آن توسط کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

حجت اله علمداری[1*]، خدیجه موسوی[1]

۱-گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، خوزستان.

چکـــیده

از فرآیند اکستروژن به‌طور گسترده در ساخت خوراک آبزیان استفاده می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی اثرات اکستروژن بر آنالیز بیوشیمیایی، حذف ترکیبات فنولی و قابلیت هضم پروتئین و کربوهیدرات آرد گندم در کپور معمولی بود. آرد گندم در تیمارهای ۱ ، ۲ و ۳ به ترتیب با آب معمولی به‌میزان ۲۵۰ ، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم آرد به حالت خمیر در آمد و سپس بوسیله اکسترودر تک محوره به‌ترتیب تحت دمای ۱۲۰ ، ۱۳۵ و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد اکسترود گردید. تیمار ۴ (شاهد) تحت شرایط تهیه خمیر و سپس اکستروژن قرار نگرفت. اکسترود کردن اثر معنی‌داری بر مقادیر پروتئین خام و خاکستر آرد گندم نداشت ($p>0/05$) اما به‌طور معنی‌دار سبب کاهش محتوای چربی خام، کل ترکیبات فنولی و ترکیبات فنولی غیر تانینی و افزایش قابلیت هضم کربوهیدرات و پروتئین آن شد ($p<0/05$). در تیمارهای اکسترود شده تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان پروتئین خام، چربی خام، خاکستر و ترکیبات فنولی غیر تانینی وجود نداشت اما به‌طور معنی‌دار کمترین مقدار کل ترکیبات فنولی در تیمارهای ۱ و ۲ ثبت گردید. به‌طور معنی‌دار بیشترین قابلیت هضم کربوهیدرات در تیمارهای ۱ و ۲ و بالاترین قابلیت هضم پروتئین در تیمار ۲ بدست آمد. در مجموع تیمار ۲ (دمای ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۰۰ میلی‌لیتر آب به ازای هر کیلوگرم آرد) به‌عنوان بهترین تیمار جهت اکسترود کردن آرد گندم برای کپور معمولی شناخته شد.

کـــلید واژه‌ها: آرد گندم، آنالیز بیوشیمیایی، اکستروژن، قابلیت هضم برون‌تنی، کپور معمولی.

نوع مقـاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۷

تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۴۰۲/۰۶/۰۷

***نویسنده مسئول:**
alamdari671@yahoo.com

مقدمه

شیلات نقش مهمی در تامین امنیت غذایی جامعه ایفا می‌کند و از این منظر اهمیت آبزی پروری در حال افزایش است. اخیرا تولید جهانی آبزیان حدود ۱۷۱ میلیون تن بوده که از این مقدار ۵۳ درصد (۹۰/۹ میلیون تن) تولیدات صیادی و ۴۷ درصد (۸۰ میلیون تن) تولیدات آبزی پروری بوده است [۱]. صنعت آبزی پروری به عنوان سریع الرشدترین سیستم تولید غذا در سطح جهان، با ۱۰ درصد افزایش تولید در سال و یکی از قابل اعتمادترین بازارهای خوراک صنعتی جانوران و با رشد پایدار شناخته شده است [۲]. بذرهای گیاهی خوراکی به دلیل داشتن مقادیر زیادی از لیپیدها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، الیاف خام و همچنین بعضی از مواد معدنی ضروری و ویتامین‌ها، منابع مهمی از ترکیبات ارزشمند غذایی برای جانوران هستند [۳]. گندم فراوانترین غله موجود در جهان است [۴] به‌طوری‌که حدود ۲۰-۱۷ درصد از تولید سالانه جهانی غلات را به خود اختصاص می دهد و به میزان زیاد در جیره های غذایی جانوران پرورشی از آن استفاده می‌شود [۵]. در جیره‌های غذایی کاربردی برای ماهیان همه چیزخوار و گیاهخوار، میزان استفاده از آرد گندم در دامنه ۲۵-۴ درصد، اغلب حدود ۱۵ درصد و با حداکثر سطح غذایی پیشنهاد شده برابر با ۳۵ درصد است [۶].

علی‌رغم فوائد خوراک‌های گیاهی، حضور برخی عوامل ضد تغذیه‌ای از جمله ترکیبات فنولی در دانه‌های خوراکی تایید شده است. عوامل ضد تغذیه‌ای به‌طور طبیعی در دانه‌های خوراکی حضور دارند و زمانی‌که بلعیده شوند بر مصرف مواد مغذی در بدن جانور خصوصا پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی از طریق باند شدن با این ترکیبات اثر گذاشته و از این رو سبب کاهش جذب آن‌ها در لوله گوارش می‌شوند [۷]. غلات حاوی کمتر

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-30]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1402.12.3.5.3]

از ۱ درصد کل ترکیبات فنولی برحسب ماده خشک هستند. مقدار این ماده در گندم حدود ۰/۴-۰/۲ درصد گزارش شده است [۸]. با توجه به سطح مصرف زیاد گندم در جیره غذایی آبزیان به نظر می‌رسد وجود مقادیر کم از عوامل ضد تغذیه‌ای در گندم می‌تواند با اثرات قابل توجهی همراه باشد.

اکستروژن یک تکنیک متداول فرآوری خوراک است که در سالیان اخیر به‌طور فزآینده‌ای در آبزی‌پروری توسعه یافته و مورد استفاده قرار گرفته است [۹]. این تکنیک به‌عنوان فرآیند پخت در دمای بالا و زمان کوتاه تعریف می‌شود [۲]. فرآیند اکستروژن موجب استریل شدن مواد اولیه غذایی (تخریب کامل عوامل بیماریزا، قارچ‌ها و کپک‌ها)، افزایش قابلیت هضم خوراک به دلیل تخریب زنجیره‌های مولکولی نشاسته و دیواره‌های سلولی در زمان عبور از اکسترودر و همچنین یکنواخت شدن و تثبیت شدن مواد اولیه غذایی (خنثی سازی فعالیت آنزیم‌هایی که سبب ترشیدگی خوراک می‌گردند و غیرفعال‌سازی مواد ضد تغذیه‌ای) می‌گردد [۱]. دمای محفظه و میزان رطوبت خوراک به‌عنوان مهمترین پارامترها در فرآیند اکستروژن می‌باشند. کنترل دقیق و بهینه‌سازی هوشمندانه این پارامترها ضروری است. معمولا متغییرهای بهینه‌سازی شده فرآیند، منحصر به یک ماده اولیه خاص جهت اکسترود کردن هستند و ممکن است برای ماده اولیه دیگری که حاوی انواع دیگری از بذرهای گیاهی باشد، مناسب نباشند [۷].

تعیین قابلیت هضم ظاهری درون‌تنی (in vivo) مواد غذایی یکی از بهترین روش‌های ارزیابی کیفیت غذاها است اما این روش زمان‌بر، پرهزینه و همراه با چالش جمع‌آوری مدفوع می‌باشد. این مشکلات مشوق محققان به توسعه روش‌های جایگزین ارزیابی قابلیت هضم مواد غذایی با تمرکز بر روش‌های برون‌تنی (in vitro) به‌منظور ارزیابی سریع کیفیت و قابلیت هضم آن‌ها بوده است [۱۰]. روش‌های برون‌تنی با استفاده از آنزیم‌های گوارشی گونه‌های مورد نظر باید به‌عنوان ابزاری مفید در غربالگری اولیه منابع نشاسته‌ای جیره‌های غذایی مورد توجه قرار گیرند [۱۱] و برای ارزیابی قابلیت هضم پروتئین هم قابل اعتماد هستند [۱۲]. اگرچه در مطالعات متعدد اثر اکستروژن بر کاهش سطوح عوامل ضد تغذیه‌ای در مواد غذایی مختلف به اثبات رسیده است [۱ ، ۴ و ۷] اما تاکنون پژوهشی در زمینه اثر دما و رطوبت در فرآیند اکستروژن بر آنالیز تقریبی، حذف مواد ضد تغذیه‌ای و قابلیت هضم آرد گندم در ماهی انجام نشده است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

آرد گندم از بازار خریداری شد و قبل از اکسترود کردن با الک ۲۵۰ میکرون غربال گردید [۱۳]. تعداد ۱۰ قطعه ماهی به وزن حدود ۵۰ گرم از یک مزرعه خصوصی تامین گردید و به‌مدت دو هفته در مخزنی ۲۵۰ لیتری در آب با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد سازگاری داده شدند. در مدت سازگاری ماهیان روزانه دو بار تا حد سیری با غذای تجاری کپور حاوی ۳۲ درصد پروتئین خام تغذیه شدند.

اکسترود کردن

آرد گندم با اکسترودر تک محوره عمل‌آوری شد. در این فرآیند سرعت چرخش اکسترودر ۲۰۰ دور در دقیقه، نرخ خوراک دهی ۱۶۰ -۱۵۰ گرم در دقیقه و قطر حدیده ۳ میلی‌متر بود. رطوبت و دمای مورد استفاده در این مطالعه پس از انجام آزمون‌های اولیه خارج از تیمارهای آزمایشی انتخاب شد. رطوبت لازم با افزودن آب معمولی به آرد به‌منظور آماده سازی خمیر تامین شد و سپس دمای محفظه ثبت گردید (جدول ۱). ماده اکسترود شده در دمای اتاق خشک شد و سپس به‌منظور آنالیزهای بعدی، مجددا تا عبور از الک ۲۵۰ میکرون آسیاب گردید.

جدول ۱: مقدار آب لازم جهت ساخت خمیر و دمای اکسترودر

تیمار	حجم آب برای خمیر کردن یک کیلوگرم آرد (میلی‌لیتر)	دمای اکسترودر (°C)
۱	۲۵۰	۱۲۰
۲	۱۰۰	۱۳۵
۳	۲۰۰	۱۲۰

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-30]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1402.12.3.5.3]

۴ (شاهد)	---	---

آنالیز بیوشیمیایی

پروتئین خام نمونه‌های آرد گندم با اندازه‌گیری نیتروژن به روش کلدال و سپس حاصل ضرب آن در عدد ۶/۲۵ ، چربی خام با عصاره‌گیری از نمونه‌ها به کمک پترولیوم اتر به روش سوکسله و رطوبت با خشک کردن در آون در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۸ ساعت تعیین شد [۱۴]. خاکستر با قراردادن نمونه در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد در دو بازه زمانی ۳ ساعته و با وقفه‌ای بین این دو زمان جهت کاهش دما به زیر ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و ورود هوای تازه به کوره انجام گردید [۱۵].

استخراج عصاره تانینی به‌وسیله استون آبی۷۰ درصد و در حمام آبی اولتراسونیک به‌مدت ۲۰ دقیقه (دو زمان ۱۰ دقیقه‌ای با فاصله ۵ دقیقه از هم) انجام شد. سوپرناتانت با سانتریفوژ به‌مدت ۱۰ دقیقه و با شدت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌دست آمد [۱۶]. کل ترکیبات فنولی و ترکیبات فنولی غیر تانینی به روش فولین‌سیوکالتئو در طول موج ۷۲۵ نانومتر اندازه‌گیری شد [۱۷].

استخراج آنزیم

سه عدد ماهی به‌طور تصادفی برای استخراج آنزیم صید شد. وزن و طول این ماهیان به‌ترتیب ۲/۳۲ ± ۴۸/۳۴ گرم و ۰/۵۵ ± ۱۵/۶۳ سانتی‌متر (انحراف استاندارد ± میانگین) بود. کل روده از بدن خارج و در ظرف از قبل سرد شده، قرار داده شد. حذف خون و سایر مواد زائد از طریق شستشو با محلول بافر فسفاتی–نمکی (۰/۱ مولار با pH برابر با ۸/۱۵ و حاوی ۰/۹ درصد کلرید سدیم) انجام شد. روده‌های تمیز با قیچی تکه تکه شد و سپس با محلول بافر، هموژنات ۱۰ درصد با استفاده از هاون به روش دستی به‌مدت ۱۰ دقیقه تهیه گردید. هموژنات در g ۱۴۰۰۰ به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ شد. مایع رویی جمع‌آوری گردید و تا زمان اندازه‌گیری محتوای پروتئین و میزان فعالیت آنزیم‌های آمیلاز و پروتئاز از طریق آزمایش هضم برون‌تنی (In vitro)، در ۲۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. محتوای پروتئینی عصاره به روش برد فورد و با استفاده از آلبومین سرم گاوی به‌عنوان استاندارد تعیین شد [۱۸].

فعالیت آمیلاز

از محلول ۱ درصد نشاسته به‌عنوان سوبسترا استفاده شد. مقدار ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به ۱/۴۵ میلی‌لیتر سوبسترا افزوده و در ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه انکوباته گردید. سپس ۱/۵ میلی‌لیتر معرف دی‌نیتروسالیسیلیک‌اسید به لوله آزمایش اضافه و در حمام آب جوش به مدت ۵ دقیقه قرار داده شد. لوله آزمایش در دمای اتاق خنک و شدت رنگ به‌وسیله اسپکتروفتومتر در ۵۴۰ نانومتر قرائت گردید. شاهد با افزودن معرف دی‌نیتروسالیسیلیک‌اسید به نمونه قبل از انکوباسیون به‌دست آمد. فعالیت آمیلاز برحسب میلی‌گرم مالتوز آزاد شده به ازای هر میلی‌گرم پروتئین در ساعت گزارش شد [۱۹].

فعالیت پروتئاز

برای تعیین فعالیت پروتئاز از محلول ۰/۶ درصد کازئین به‌عنوان سوبسترا استفاده شد. مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی به ۲ میلی‌لیتر سوبسترا (کازئین ۰/۶ درصد در بافر فسفاتی–نمکی) افزوده و به‌مدت ۱ ساعت در ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوباته گردید. سپس ۲ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک‌اسید ۱۲ درصد سرد به‌منظور توقف واکنش و رسوب هرگونه سوبسترای باقیمانده افزوده شد. محلول حاصل در g ۱۴۰۰۰ به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ گردید. شدت رنگ مایع رویی در ۲۷۳ نانومتر قرائت شد. شاهد با افزودن تری‌کلرواستیک‌اسید به سوبسترا قبل از انکوباسیون به‌دست آمد. فعالیت پروتئاز برحسب میکروگرم تیروزین آزاد شده به ازای هر میلی‌گرم پروتئین در ساعت گزارش شد [۱۹].

قابلیت هضم کربوهیدرات

برای تعیین قابلیت هضم کربوهیدرات در شرایط برون‌تنی از بافر فسفاتی–نمکی ۰/۱ مولار و معرف دی‌نیتروسالیسیلیک‌اسید استفاده شد. مخلوط واکنش حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم از هر نمونه (آرد گندم در ۴ تیمار)، ۴۰ میلی‌لیتر بافر فسفاتی–نمکی و ۲۵ میکرولیتر عصاره آنزیمی در دمای اتاق

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-30]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1402.12.3.5.3]

(۲۸ درجه سانتی‌گراد) در تاریکی بر روی شیکر در ۲۰۰ دور در دقیقه به‌مدت یک ساعت انکوباته گردید. قبل از آزمایش هضم، ۱/۵ میلی‌لیتر از مخلوط به‌عنوان شاهد برداشته شد. محلولی متشکل از ۱/۵ میلی‌لیتر مخلوط هضم شده یا مخلوط هضم نشده (شاهد) و ۱/۵ میلی‌لیتر معرف دی‌نیتروسالیسیلیک‌اسید در حمام آب جوش به مدت ۵ دقیقه قرارداده شد و سپس تا دمای اتاق خنک گردید. میزان جذب نور در ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری و با منحنی استاندارد مالتوز مقایسه شد. قابلیت هضم کربوهیدرات در شرایط برون تنی برحسب میلی‌گرم مالتوز به ازای هر میلی گرم نمونه گزارش گردید [۲۰].

قابلیت هضم پروتئین

قابلیت هضم پروتئین در شرایط برون‌تنی با سنجش نین‌هیدرین تعیین گردید. مخلوط واکنش حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم از هر نمونه، ۴۰ میلی‌لیتر بافر فسفاتی–نمکی۰/۱ مولار و ۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی در دمای اتاق (۲۸ درجه سانتی‌گراد) در تاریکی بر روی شیکر در ۲۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۲ ساعت انکوباته گردید. قبل از آزمایش هضم، ۱/۵ میلی‌لیتر از مخلوط به‌عنوان شاهد برداشته شد. محلولی متشکل از ۱/۵ میلی‌لیتر مخلوط هضم شده یا مخلوط هضم نشده (شاهد) و ۱/۵ میلی‌لیتر معرف کادمیوم نین‌هیدرین ابتدا به مدت ۵ دقیقه در ۸۴ درجه سانتی‌گراد و سپس فوری بر روی یخ قرارداده شد. هر لوله آزمایش در g ۱۴۰۰۰ به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ گردید. جذب نوری مایع رویی در ۵۰۷ نانومتر اندازه‌گیری و با منحنی استاندارد تیروزین مقایسه شد. قابلیت هضم پروتئین در شرایط برون تنی برحسب میکروگرم تیروزین به ازای هر میلی گرم نمونه گزارش گردید [۲۰].

تجزیه و تحلیل آماری

ازآنجایی که هدف از این پژوهش بررسی اثرات متقابل بین دما و رطوبت نبود و فقط مقایسه شاخص‌های اندازه‌گیری شده در انواع آرد گندم اکسترود شده تحت شرایط مختلف مورد نظر بود، از قالب طرح کاملا تصادفی استفاده گردید. کلیه محاسبات با استفاده از نرم افزارهای SPSS نگارش ۲۰ و Excel نسخه ۲۰۱۳ انجام شد. کنترل نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف–اسمیرنوف، کنترل همگنی واریانس‌ها با آزمون لون، مقایسه متغییرهای مورد مطالعه با آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (One way ANOVA) و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد (P<۰/۰۵).

نتایج

اکستروژن اثر معنی‌داری بر محتوای پروتئین خام و خاکستر آرد گندم نداشت (P>۰/۰۵) اما سبب کاهش معنی دار چربی خام در آرد گندم شد (P<۰/۰۵). از لحاظ میزان چربی خام تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف اکسترود شده آرد گندم وجود نداشت (جدول ۲).

جدول ۲: آنالیز بیوشیمیایی آرد گندم بر اساس ماده خشک (انحراف استاندارد ± میانگین)

تیمار	پروتئین خام (درصد)	چربی خام (درصد)	خاکستر (درصد)
۱	۱۲/۷۳ ± ۰/۳۱a	۰/۴۲ ± ۰/۱۱a	۰/۸۸ ± ۰/۰۴a
۲	۱۲/۵۹ ± ۰/۱۴a	۰/۳۷ ± ۰/۱۴a	۰/۸۵ ± ۰/۰۲a
۳	۱۲/ ۴۱ ± ۰/۱۰a	۰/۵۳ ± ۰/۲۰a	۰/۸۷ ± ۰/۰۷a
۴	۱۲/۶۲ ± ۰/۱۶a	۱/۵۰ ± ۰/۱۱b	۰/۸۷ ± ۰/۰۳a

در هر ستون، حروف متفاوت بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار است (P< ۰/۰۵).

فرآیند اکستروژن به‌طور معنی‌دار سبب کاهش کل ترکیبات فنولی و ترکیبات فنولی غیر تانینی در آرد گندم شد. تیمارهای مختلف آرد گندم اکسترود شده از لحاظ ترکیبات فنولی غیر تانینی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند اما به‌طور معنی‌دار کمترین مقدارکل ترکیبات فنولی در تیمار با بیشترین رطوبت (تیمار ۱) و تیمار با بیشترین دما (تیمار ۲) مشاهده شد (جدول ۳). مطابق جدول ۴ ، وجود فعالیت آمیلاز و پروتئاز در عصاره آنزیمی روده تایید می‌گردد.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-30]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1402.12.3.5.3]

جدول ۳: ترکیبات فنولی آرد گندم برحسب درصد از ماده خشک (انحراف استاندارد ± میانگین)

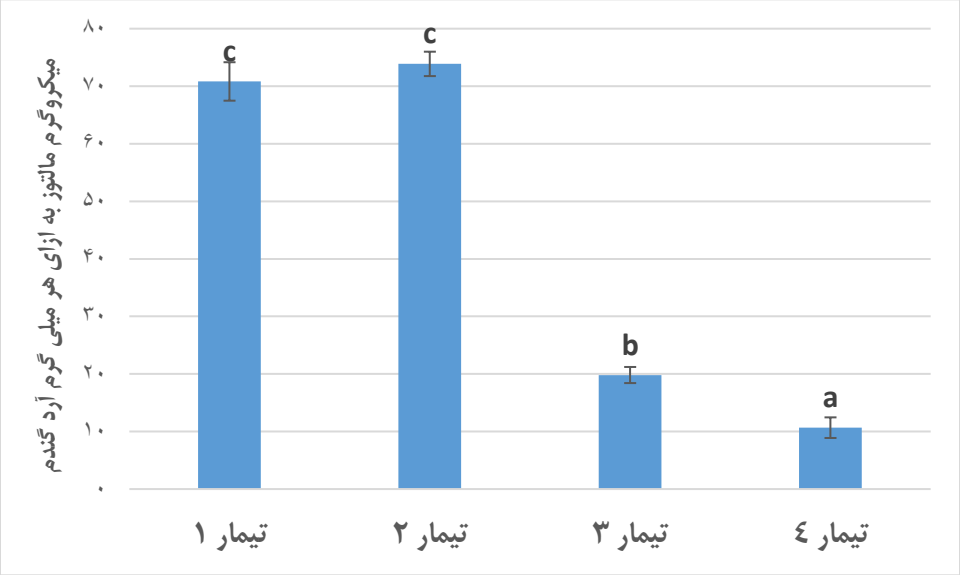
تیمار	کل ترکیبات فنولی	ترکیبات فنولی غیر تانینی
۱	۰/۱۵ ± ۰/۰۱a	۰/۰۸ ±۰ /۰۱a
۲	۰/۱۴ ± ۰/۰۲a	۰/۰۸ ± ۰/۰۱a
۳	۰/۳۸ ± ۰/۰۱b	۰/۰۹ ± ۰/۰۱a
۴	۰/۵۰ ± ۰/۰۱c	۰/۲۱ ±۰ /۰۲b

در هر ستون، حروف متفاوت بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار است (P< ۰/۰۵).

جدول ۴: شاخص‌های عصاره آنزیمی استخراج شده از ماهی کپور (انحراف استاندارد ± میانگین)

شاخص	مقدار
میزان پروتئین (میلی‌گرم پروتئین در هر میلی‌لیتر عصاره آنزیمی)	۱/۵۵ ± ۰/۰۶
فعالیت آمیلاز (میلی‌گرم مالتوز آزاد شده به ازای هر میلی‌گرم پروتئین در ساعت)	۵۷/۲۵ ± ۰/۳۵
فعالیت پروتئاز (میکروگرم تیروزین آزاد شده به ازای هر میلی‌گرم پروتئین در ساعت)	۱۳۹/۵۵ ± ۳/۴۴

بر اساس شکل ۱ ، اکسترود کردن آرد گندم سبب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم کربوهیدرات شد به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن در تیمارهای ۱ و ۲ مشاهده گردید (P<۰/۰۵). قابلیت هضم کربوهیدرات در تیمارهای ۱ تا ۴ به‌ترتیب برابر با ۷۰/۸۳±۳/۳۴ ، ۷۳/۸۸±۲/۱۲ ، ۱۹/۸۲±۱/۴۰ و ۱۰/۱±۶۷/۷۹ میکروگرم مالتوز به ازای هر میلی‌گرم آرد گندم بود. به‌طور معنی‌دار کمترین قابلیت هضم کربوهیدرات در تیمار ۴ مشاهده گردید.

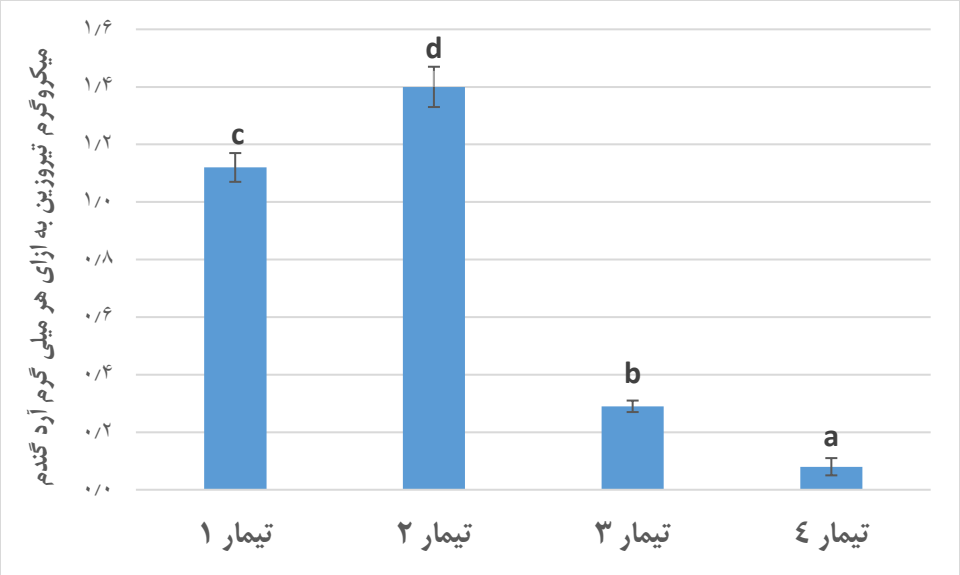


شکل ۱: قابلیت هضم کربوهیدرات آرد گندم. حروف انگلیسی متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

مطابق شکل ۲ ، اکسترود کردن آرد گندم موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم پروتئین شد (P<۰/۰۵). میزان این شاخص در تیمار ۲ به‌طور معنی‌دار بیشتر از سایر تیمارها بود و کمترین مقدار آن در تیمار ۴ به ثبت رسید. قابلیت هضم پروتئین در تیمارهای ۱ تا ۴ به‌ترتیب برابر با ۱۲/۰۵±۱/۰ ، ۴۰/۰۷±۱/۰ ، ۲۹/۰۲±۰/۰ و ۰/۰۳±۰/۰۸ میکروگرم تیروزین به ازای هر میلی‌گرم آرد گندم بود.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-30]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1402.12.3.5.3]



شکل ۲: قابلیت هضم پروتئین آرد گندم. حروف انگلیسی متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

تحقیقات معدودی در رابطه با اثرات فرآیندهای توام حرارتی و رطوبتی بر پلت‌ها انجام شده است [۲۱] و اثرات فرآیندهای ساخت خوراک بسته به گونه جانوری مورد مطالعه می‌تواند بسیار متغییر باشد [۹]. در پژوهش حاضر، آنالیز تقریبی آرد گندم تنها از لحاظ چربی خام تحت تاثیر قرار گرفت به‌طوری‌که اکستروژن سبب کاهش معنی‌دار چربی خام در آرد گندم شد. در توجیه این مطلب محققان بیان داشته‌اند که در فرآیند اکستروژن کمپلکس‌هایی بین پلی‌ساکارید و لیپید تشکیل می‌شود که بوسیله حلال استخراج نمی‌شوند. حتی در سرعت مارپیچ بیشتر در دستگاه اکسترودر، چربی کمتری توسط حلال استخراج می‌شود و پدیده اخیر بیانگر تشکیل کمپلکس بیشتر بین چربی و سایر ترکیبات است [۲۲].

در مطالعات متعدد اثر اکسترود کردن بر کاهش سطوح مواد ضد تغذیه‌ای از جمله پلی‌فنول‌ها در مواد غذایی خام و عمل آوری شده مختلف به اثبات رسیده است [۱، ۴، ۷]. در تایید پژوهش‌های ذکر شده، در مطالعه حاضر هم فرآیند اکستروژن به‌طور معنی‌دار سبب کاهش کل ترکیبات فنولی و ترکیبات فنولی غیر تانینی در آرد گندم شد. تیمارهای مختلف آرد گندم اکسترود شده از لحاظ ترکیبات فنولی غیر تانینی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند اما به‌طور معنی‌دار کمترین مقدارکل ترکیبات فنولی در تیمار با بیشترین رطوبت (تیمار ۱) و تیمار با بیشترین دما (تیمار ۲) مشاهده شد. موافق با این یافته‌ها گزارش شده است که محتوای رطوبتی بالاتر در مقایسه با محتوای رطوبتی پائین‌تر اثر شدیدتری بر کاهش پلی فنول‌ها در عدس دارد [۲۳]. در بذر نخود هم در شرایط بیشترین میزان رطوبت بذر و بیشترین دمای اکسترودر، میزان حذف محتوای تانینی شدیدتر بوده است [۲۴].

در این پژوهش وجود فعالیت آمیلاز و پروتئاز در عصاره آنزیمی تایید گردید (جدول ۴). به‌عبارت دیگر می‌توان با اطمینان گفت داده‌های بدست آمده از آزمایش‌های هضم کربوهیدرات و پروتئین نتیجه عملکرد آنزیم بوده است. اکسترود کردن آرد گندم سبب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم کربوهیدرات و پروتئین شد. تیمارکردن حرارتی بر قابلیت هضم کربوهیدرات‌ها موثر است. اکثر گونه‌ها نشاسته پخته را بهتر از نشاسته خام مصرف می‌کنند. در گربه ماهی کانال نشاسته پخته ۱۲/۱ درصد بیشتر از نشاسته خام قابل هضم است. در ماهی کپور قابلیت هضم نشاسته سیب زمینی پخته شده و نشاسته سیب زمینی خام به‌ترتیب ۸۵ و ۵۵ درصد گزارش شده است [۲۵]. محققان معتقدند اکسترود کردن ملایم (سطح بالای رطوبت و دمای پائین) سبب ابقاء بیشتر اسیدهای آمینه و قابلیت هضم بالای پروتئین و نشاسته می‌گردد [۲۶]. یکی از دلایل این امر کاهش

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-30]
[DOR: 20.1001.1.23225513.1402.12.3.5.3]

عوامل ضد تغذیه‌ای است [۱۹] کما اینکه در مطالعه حاضر هم اثر معنی دار اکستروژن بر کاهش ترکیبات فنولی که از عوامل بازدارنده آمیلاز و پروتئاز هستند، به اثبات رسید. از طرف دیگر تحقیقات نشان داده است که اکسترود کردن خوراک سبب افزایش سطح فعالیت آنزیم‌های گوارشی در برخی از ماهیان [۲۷، ۲۸] و خرچنگ دراز آب شیرین [۹] می‌گردد. افزایش رطوبت سبب کاهش اثر دما برماده می‌شود و از این رو میزان ژلاتینه شدن نشاسته کاهش می‌یابد. در نقطه مقابل، رطوبت کم در مواد نشاسته‌ای ممکن است جریان مواد داخل مخزن اکسترودر را محدود کند. پدیده اخیر سبب افزایش زمان ماند ماده در داخل اکسترودر گردیده و ممکن است درجه ژلاتینه شدن افزایش یابد [۲۹]. به نظر می‌رسد به همین دلیل قابلیت هضم کربوهیدرات در تیمار ۲ بیشتر از سایر تیمارها بوده است. در مجموع براساس قابلیت هضم پروتئین و کربوهیدرات، تیمار ۲ (دمای ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۰۰ میلی‌لیتر آب به ازای هر کیلوگرم آرد) به‌عنوان بهترین تیمار جهت اکسترود کردن آرد گندم برای کپور معمولی شناخته شد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران انجام شده است. از مدیریت محترم شرکت دانش بنیان آتیه سازان نگین فراز جهت همکاری در انجام فرآیند اکستروژن نهایت تشکر به عمل می‌آید.

تعارض منافع

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع:

1. Konovalenko LY, Nemenushchaya LA, Shchegolikhina TA. Techniques for up-to-date aquaculture compound feed production facilities. Earth and Environmental Science. 2022; 954: 012038.
2. Suleiman R, Rosentrater KA. Techno-economic analysis (TEA) of extruded aquafeeds. Journal of Food Research. 2018, 7(5): 57-68.
3. Damude HG, Kinney AJ. Enhancing plant seed oils for human nutrition. Plant Physiology; 2008. 147(3): 962-968.
4. Vidal LVO, Xavier TO, Moura LB, Michelato M, Martins EN, Furuya WM. Apparent digestibility of wheat and coproducts in extruded diets for the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Revista Brasileira de Saude e Producao Animal. 2017; 18(3): 479-491.
5. Khoshkholgh M, Mosapour Shajani M, Mohammadi M. Partial replacement of wheat flour and corn meal with olive pomace in diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on growth performance, body composition, hematological parameters and sensory evaluation. Iranian Journal of Aquatic Animal Health. 2020; 6(1): 63-77.
6. Tacon AGJ. Standards methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Volume 3, feeding methods, Argent Laboratories Press, USA, 1990; 208 p.
7. Nikmaram N, Leong SY, Koubaa M, Zhu Z, Barba FJ, Greiner R, Oey I, Roohinejad S. Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: An overview. Food Control. 2017; 79: 62-73.
8. Kokoua F, Fountoulaki E. Aquaculture waste production associated with antinutrient presence in common fish feed plant ingredients. Aquaculture. 2018; 495: 295–310.
9. Wan J, Xi Q, Tang J, Liu T, Liu C, Li H, Gu X, Shen M, Zhang M, Fang J, Meng X. Effects of pelleted and extruded feed on growth performance, intestinal histology and microbiota of juvenile red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). Animals. 2022; 12: 2252.
10. Lewis MJ, Francis DS, Blyth D, Moyano FJ, Smullen RP, Turchini GM, Booth MA. A comparison of in-vivo and in-vitro methods for assessing the digestibility of poultry by-product meals using barramundi (*Lates calcarifer*); impacts of cooking temperature and raw material freshness. Aquaculture. 2019; 498: 187–200.
11. Cousin M, Cuzon G, Guillaume J, AQUACOP. Digestibility of starch in *Penaeus vannamei*: in vivo and in vitro study on eight samples of various origin. Aquaculture. 1996; 140: 361-372.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-30]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1402.12.3.5.3]

12. Montoya-Martinez C, Nolasco-Soria H, Vega-Villasante F, Carrillo-Farnes O, Alvarez-Gonzalez A, Civera-Cerecedo R. In vitro protein digestibility of animal, vegetal and microbial feed ingredients for Macrobrachium tenellum. Latin American Journal of Aquatic Research. 2018; 46 (3) 495-501.
13. Talebian Nik SS, Alamdari H. Adding Iranian oak acorn (*Quercus brantii*) to the diet of common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) and its effects on growth performance, carcass composition and resistance to salinity stress. Scientific Journal of Iranian Fisheries (in Persian). 2020; 29(2), 83-91.
14. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis 17th ed. Washington D.C. 2000; 2200 p.
15. Thiex N, Novotny L, Crawford A. Determination of ash in animal feed: AOAC official method 942.05 revisited. Journal of AOAC international. 2012; 95 (5): 1392-1397.
16. Narui M, Alamdari H. The effect of nutrition with soaked and fermented Iranian acorn (*Quercus brantii*) on the growth, feed utilization and carcass composition of common carp (*Cyprinus carpio*). Scientific Journal of Iranian Fisheries (in Persian). 2022; 31(1), 47-56.
17. Makkar HPS. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations/International Atomic Energy Agency. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. 2003; 102 P.
18. Walker JM. The protein protocols handbook, second ed. Humana Press. Totowa, New Jersey, 2002; 1146 p.
19. Khan A, Ghosh K. Phytic acid-induced inhibition of digestive protease and α-amylase in three Indian major carps: An in vitro study. Journal of the world aquaculture society. 2013; 44 (6): 853-859.
20. Kattakdad S, Jintasataporn O, Worawattanamateekul W, Chumkam S. pH characterization of digestive enzyme and in vitro digestibility of red bee shrimp *Caridina cantonensis* (Decapoda: Atyidae). Journal of Aquaculture Research and Development. 2018; 9 (2): 1-6.
21. Mazaheri Tehrani Z, Keramat Amiri A. Investigate of the physical properties of extruded and pressed pellets for rainbow trout (*Oncorhyncus mykiss*) and common carp (*Cyprinus carpio*). Quarterly scientific research journal of animal environment (in Persian). 2017; 8(4), 171-178.
22. Milani E, Goli Movahedi G, Jafari M. The effect of formulation variables and extrusion process conditions on functional and nutritional properties of wheat bran. Food science and nutrition (in Persian). 2020; 17(1), 5-14.
23. Rathod RP, Annapure US. Effect of extrusion process on antinutritional factors and protein and starch digestibility of lentil splits. LWT-Food Science and Technology. 2016; 66: 114-123.
24. Grela E, Studzinski T, Matras J. Antinutritional factors in seeds of *Lathyrus sativus* cultivated in Poland. Lathyrus Lathyrism Newsletter. 2001; 2(2): 101-104.
25. Wilson RP. Utilization of dietary carbohydrate by fish. Aquaculture. 1994; 124: 67-80.
26. Singh S, Gamlath S, Wakeling L. Nutritional aspects of food extrusion: A review. International Journal of Food Science and Technology. 2007; 42(8): 916-929.
27. Venou B, Alexis MN, Fountoulaki E, Haralabous J. Performance factors, body composition and digestion characteristics of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed pelleted or extruded diets. Aquaculture Nutrition. 2009; 15: 390–401.
28. Li XQ, Xu HB, Sun WT, Xu XY, Xu Z, Leng XJ. Grass carp fed a fishmeal-free extruded diet showed higher weight gain and nutrient utilization than those fed a pelleted diet at various feeding rates. Aquaculture. 2018; 493: 283–288.
29. Badrie N, Mellowes W. Effect of extrusion variables on cassava extrudates. Journal of Food Science. 1991; 56(5): 1334-1337.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-30]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1402.12.3.5.3]

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume12, Issue 3, Summer 2023
Pages: 277-286

Effects of extruding wheat flour under different temperature and humidity conditions on its biochemical analysis, phenolic compounds and digestibility by common carp (*Cyprinus carpio*)

Alamdari H. [1]*; Musavi Kh.[1]

1-Department of Fishery, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Khuzestan, Iran

A B S T R A C T

The extrusion process is widely used in making aquatic feeds. The aim of this study was to investigate the effects of extrusion on biochemical analysis, removal of phenolic compounds and protein and carbohydrate digestibility of wheat flour in common carp. In treatments 1, 2 and 3 wheat flour were mixed with tap water at the rate of 250, 100 and 200 ml per kg of flour and then extruded by a single-axis extruder under the temperature of 120, 135 and 120 °C, respectively. Treatment 4 (control) was not subjected to the conditions of dough preparation and then extrusion. Extruding had no significant effect on the amount of crude protein and ash of wheat flour ($p>0.05$) but it significantly decreased the content of crude lipid, total phenolic compounds and non-tannin phenolic compounds and increased the digestibility of carbohydrate and protein ($p<0.05$). There were no significant differences in the amount of crude protein, crude lipid, ash and non-tannin phenolic compounds in the extruded treatments, but significantly the lowest amount of total phenolic compounds was recorded in treatments 1 and 2. Significantly, the highest carbohydrate digestibility was obtained in treatments 1 and 2, and the highest protein digestibility was observed in treatment 2. In total, treatment 2 (135 °C and 100 ml tap water per kg flour) was recognized as the best extruded wheat flour for common carp.

KEYWORDS: Biochemical analysis, Common carp, Extrusion, In-vitro digestibility, Wheat flour.

ARTICLE TYPE

Original Research

ARTICLE HISTORY

Received: 22 June 2023

Accepted: 23 July 2023

ePublished: 23 Aug 2023

* Corresponding Author:
Email address: alamdari671@yahoo.com
Tel: ۰۹۱۶۶۷۳۱۶۰۰
© Published by Tarbiat Modares University
ISSN: 2322-5513

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-30]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1402.12.3.5.3]