اثر پوشش ترکیبی کربوکسی متیل سلولز، صمغ دانه شاهی بهمراه پروتئین هیدرولیز شده کنجاله کلزا بر ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی و مقادیر آکریلامید ناگت مرغ

زهرا میرزاپور [۱]، پیمان آریایی [۲*]، رضا صفری [۳]، محمد احمدی [۴]

۱- دانشجوی دکتری،گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی،دانشگاه آزاد اسلامی،آمل، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی،آمل، ایران

۳- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، ساری، ایران

۴- استادیار،گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی،آمل، ایران

* مسئول مکاتبه:Email:p.aryaye@yahoo.com

چکیده

در این مطالعه، پوشش مرکب کربوکسی‌متیل سلولز، صمغ دانه‌شاهی به همراه پپتیدهای زیست فعال حاصل هیدرولیز آنزیمی از کنجاله‌کلزا، بر ویژگی‌های کیفی و مقادیر آکریلامید ناگت مرغ مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور درجه هیدرولیز، بازیافت پروتئین و اسیدآمینه پروتئین هیدرولیز شده کنجاله‌کلزا، با استفاده از آنزیم آلکالاز تعیین و سپس تاثیر غلظت‌های مختلف پروتئین هیدرولیز شده (۰/۵ و۱ درصد) به همراه پوشش مرکب کربوکسی‌متیل‌سلولز، صمغ دانه‌شاهی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، مقادیر آکریلامید و ویژگی‌های حسی ناگت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مربوط به ویژگی‌های پروتئین هیدرولیز شده نشان داد که آنزیم آلکالاز می‌تواند پروتئین هیدرولیزی با درجه هیدرولیز، محتوای پروتئینی و بازیافت پروتئینی بیشتری تولید کند و همچنین افزایش زمان هیدرولیز تاثیر مثبت معنی داری ($P<۰/۰۵$) روی ویژگی‌های مذکور داشت به طوریکه در زمان ۳۰ دقیقه مقادیر درجه هیدرولیز، محتوای پروتئینی و بازیافت پروتئینی، به ترتیب ۲۲/۱۹، ۹۳/۷۰ و ۲۲/۹۵ درصد بوده است . ویژگی‌های کیفی ناگت نشان داد که افزودن کربوکسی‌متیل‌سلولز، صمغ دانه شاهی و پروتئین هیدرولیز شده کنجاله‌کلزا سبب کاهش جذب روغن و افزایش رطوبت، درصد پوشش‌دهی و راندمان سرخ کردن و نرمی بافت ناگت مرغ سرخ شده و همچنین کاهش مقادیر آکریلامید شود ($P<۰/۰۵$)، تمامی تیمارها مورد تایید ارزیاب‌های حسی بودند ($P<۰/۰۵$). به طور کلی از پژوهش حاضر می‌توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از پوشش مرکب (کربوکسی‌متیل سلولز، صمغ دانه‌شاهی) به همراه پروتئین هیدرولیز شده کنجاله کلزا در سطح۱درصد نقش بسزایی در کاهش میزان تشکیل آکریلامید و بهبود ویژگی‌های کیفی ناگت مرغ سرخ شده دارد.

کلمات کلیدی: کربوکسی متیل سلولز، صمغ دانه شاهی، جذب روغن، کنجاله کلزا، آکریلامید

۱- مقدمه

امروزه بخش عمده مواد غذایی مورد نیاز جامعه به صورت صنعتی تولید و به صورت آماده مصرف به بازار عرضه می‌شوند. این محصولات آماده مصرف با توجه به برآورده ساختن نیازهای مصرف‌کنندگان مانند خواص حسی مطلوب و سرعت آماده‌سازی بالا، توانسته‌اند جایگاه ویژه‌ای را در سبد غذایی خانواده و جامعه بدست آورند. در میان محصولات آماده، ناگت مرغ یکی از رایج‌ترین و محبوب‌ترین آنها است (۳۴، ۳۹). در هنگام سرخ کردن، روغن داغ به داخل غذا نفوذ می‌کند، سرخ کردن باعث تردی پوسته شده در نتیجه باعث افزایش مقبولیت غذاهای سرخ کردنی می‌شود. محتوای روغن در غذاهای سرخ شده، به دلیل جذب روغن افزایش می‌یابد. میزان جذب روغن در غذا از ۱۴-۴ درصد وزن کل که با توجه به نوع غذا و نوع روش سرخ کردن، متغیر می‌باشد (۹). آکریلامید به عنوان یک ترکیب هیدروفیلیکی با وزن مولکولی کم در مواد غذایی خام و سرخ شده وجود دارد؛ بنابراین، تعیین آکریلامید در مواد غذایی به ویژه در غذاهای غنی از کربوهیدرات مانند سیب زمینی سرخ‌کرده و همچنین غذاهای فرآوری شده و سرخ شده در دماهای زیاد تحت شرایط رطوبت کم بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۷). از جمله روش‌های کاهش جذب روغن و کاهش مقادیر آکریلامید طی سرخ کردن عمیق مواد غذایی پوشش‌دهی با هیدروکلوئیدها نظیر پوشش‌های خوراکی، صمغ‌ها و استفاده از پپتیدهای زیست فعال از منابع گیاهی می‌باشد. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به عنوان سدهایی بر علیه انتقال رطوبت، اکسیژن، روغن‌ها و مواد محلول عمل کرده و مانع از دست رفتن آب محصول می‌گردند (۸، ۹). صمغ‌ها بیوپلیمرهایی هیدروفیل با وزن مولکولی زیاد هستند که در صنایع غذایی برای کنترل و بهبود خصوصیات عملکردی فرآورده‌های غذایی به کار می‌روند. شاهی از خانواده کروسیفرا با نام علمی *Lepidiurn sativum*، گیاهی کوچک، علفی، بدون کرک و یک ساله با ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر است. قسمت‌های مختلف این گیاه، مانند دانه‌ها و برگ‌ها حاوی مواد شیمیایی مختلف (فلاونوئیدها، گلیکوزیدها، آلکالوئیدها و پلی‌کتیدها) و ویتامین‌ها، مواد معدنی، پروتئین‌ها، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها می‌باشد. صمغ دانه‌شاهی یک هیدروکلوئید جدید، استخراج شده از دانه‌های گیاه شاهی است که در سال‌های اخیر به خاطر رفتار خاص رئولوژیکی و راحتی استخراج، محققان سعی در به کار بردن آن به عنوان عامل تغلیظ کننده و ژل کننده در صنعت غذا داشته‌اند (۳، ۲۱). کربوکسی متیل سلولز(CMC[1])مشتق شده از سلولز است و در آب گرم و سرد محلول است و پراکندگی شفاف و بی رنگ، با طعم خنثی، ویسکوزیته محلول کم تا زیاد و قابلیت تشکیل فیلم خوب دارد. به دلیل خواص مفید آن از جمله کاهش جذب روغن، به طور گسترده‌ای در فرمولاسیون مواد غذایی استفاده می‌شود (۳۰، ۳۶).

Bahrami و Khademi (۲۰۲۰) به بررسی تاثیر عصاره ریز پوشانی شده چای ترش به‌همراه پوشش خوراکی کربوکسی متیل سلولز بر کیفیت و ماندگاری ناگت مرغ پرداختند. نتایج نشان داد افزودن کربوکسی متیل سلولز و عصاره گیاه چای ترش سبب کاهش جذب روغن و افزایش رطوبت، درصد پوشش دهی و راندمان سرخ کردن و نرمی بافت ناگت مرغ سرخ شده شد و در مجموع بهترین نتایج در تیمارهای کربوکسی متیل سلولز به همراه عصاره و نانو عصاره مشاهده شد (۹). بررسی‌های متعدد نشان داده که فیلم و یا پوشش‌های خوراکی ساخته شده از پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها و لیپیدها می‌توانند به افزایش زمان ماندگاری و حفظ کیفیت خوراکی مواد غذایی کمک کنند. لذا گرایش زیادی جهت استفاده از انواع جدید ترکیبات ضداکسایشی و ضد سرطانی طبیعی که دارای اثر برابر روی بازدارندگی اکسیداسیون با نوع مصنوعی آن دارند سبب شده است که امروزه استفاده از

[1] CarboxyMethyl Cellulose

پپتیدهای زیست فعال به عنوان جایگزین آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی، تردی بیشتر و کاهش جذب روغن برای نگهداری فرآورده-های گوشتی توصیه شود (۳۳، ۳۴) به طوریکه Zainol و همکاران (۲۰۲۰) اعلام نمودن افزودن پروتئین هیدرولیز شده اسبچه ماهی دندان دار (*Gazza minuta*) سبب کاهش جذب روغن و افزایش رطوبت ماهی مرکب طی دوره سرخ کردن عمیق شد (۴۱). در سال‌های اخیر، پروتئین‌های هیدرولیز شده با خواص آنتی‌اکسیدانی و سلامتی بخش از منابع حیوانی و گیاهی بسیاری مانند شیر، لوبیای سویا، جوانه گندم، کانولا، پروتئین زرده‌ی تخم مرغ، صدف خوراکی و ضایعات ماهی و میگو تولید شده‌اند. در بین منابع گیاهی و حیوانی مناسب برای تولید پروتئین هیدرولیز شده، منابع گیاهی به دلیل قیمت مناسب‌تر و آلرژی‌زایی کمتر، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند (۱۶). کنجاله کلزا به عنوان یک ماده خوراکی با کیفیت، حاوی مقادیر زیادی اسید آمینه ضروری و فسفر است. معمولا مقدار پروتئین خام در کنجاله کلزا ۳۲ تا ۳۸ درصد می‌باشد البته میزان پروتئین آن در اثر نوع فرآیند روغن-کشی در کارخانجات تغییر می‌یابد. کنجاله کلزا همچنین غنی از اسیدهای آمینه به ویژه اسیدهای آمینه ضروری که در بسیاری از دانه‌های غله‌ای کمیاب هستند، مانند لیزین، متیونین و ترئونین می‌باشد، به همین دلیل، یکی از منابع مهم و با ارزش پروتئین‌های گیاهی به شمار می‌رود که می‌توان به منظور مصارف انسانی، استخراج و یا هیدرولیز کرده و در فرمولاسیون مواد غذایی، بخصوص در فرآورده‌های گوشتی به کار برد (۴۰، ۴۲). با توجه به مطالب بیان شده هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر پروتئین هیدرولیز شده حاصل از هیدرولیز آنزیمی کنجاله کلزا توسط آنزیم آلکالاز، بهمراه پوشش ترکیبی (کربوکسی‌متیل‌سلولز، صمغ-دانه‌شاهی) بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی ناگت مرغ می‌باشد.

۲-مواد و روش ها

۲-۱-مواد اولیه

کنجالهٔ کلزا از کارخانه روغن‌کشی دانه‌های روغنی بهپاک واقع در شهرستان بهشهر خریداری شد. نمونه کنجالهٔ کلزا مورد بررسی از ارقام غالب کلزای منطقه استان گلستان رقم هایولا ۴۰۱ بود و پس از چربی زدایی کامل توسط هگزان به آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل گردید. آنزیم آلکالاز (استخراج شده از*Bacillus licheniformis*) از شرکت نووازیم، دانمارک تهیه شد و تا زمان مصرف در درجه حرارت ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. دانه شاهی از شرکت ریحان گام پارسیان، ایران تهیه شد. تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمایش از شرکت مرک آلمان تهیه و از درجهٔ آزمایشگاهی برخوردار می باشند.

۲-۲ اندازه‌گیری میزان پروتئین کنجاله کلزا

بر اساس روش کلدال نمونه‌ها هضم و سپس با تیتراسیون مقدار (N×۶/۲۵) مقدار کل پروتئین رسوبی در فاز آبی محاسبه شد (۶).

۲-۳ تولید ایزوله پروتئینی

به منظور تولید پروتئین هیدرولیز شده، کنجاله کلزا پس از چربی‌زدایی با هگزان، به نسبت ۱ به ۱۰ وزنی/ حجمی با آب مقطر رقیق و به مدت یک ساعت در دمای ۵۰-۵۵ درجه‌سانتی‌گراد در pH معادل ۹/۵ (توسط سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال) قرار گرفت. سپس به منظور حذف بخش نامحلول به مدت ۱۰ دقیقه در سانتریفیوژ یخچال‌دار با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، با دور ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ قرار گرفت. پس از آن سوپرناتانت حاصل جهت رسوب در نقطه ایزوالکتریک به pH معادل ۴/۹ (توسط هیدروکلریدریک اسید ۰/۱ نرمال) رسانده شد و به مدت ۲۰ دقیقه در سانتریفیوژ یخچال‌دار با دور ۸۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت

که در این صورت مواد به ۳ فاز تقسیم شدند که فاز اول را چربی، فاز میانی را آب و فاز انتهایی را پروتئین تشکیل می‌دهد. در نهایت محتوی پروتئین جدا شده جهت آزمایش‌های بعدی جمع آوری شد (۱۰).

۲-٤ هیدرولیز ایزوله پروتئینی حاصل از کنجاله کلزا

۵۰ گرم نمونه، درون ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد و سپس میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به نسبت (۲:۱) به ارلن مایر اضافه گردید و با همزن دیجیتالی به مدت ۲ دقیقه هموژنیزه شد. سپس با اضافه کردن هیدروکسید سدیم ۰/۲ نرمال به pH بهینه فعالیت آنزیم (۸/۵)، رسانده شد. نمونه‌ها در حمام آبی متحرک در دمای ۵۷ درجه‌سانتی‌گراد برای تولید پروتئین هیدرولیز شده با دور ثابت ۲۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد، سپس آنزیم (۱ درصد میزان پروتئین نمونه اولیه) به آن اضافه شد و پس از هر بار نمونه-گیری (زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه) و در پایان آزمایش (زمان ۳۰ دقیقه) به منظور قطع واکنش آنزیمی در حمام آبی به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه‌سانتی‌گراد قرار داده شدند. پروتئین‌های هیدرولیز شده پس از خنک شدن با استفاده از سانتریفیوژ با دور ثابت ۶۷۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد، مایع شناور جمع آوری گردید و پروتئین هیدرولیز شده در فریزر نگهداری - شد، سپس با استفاده از دستگاه خشک کن انجمادی بصورت پودر در آمد (۳۷).

درجه هیدرولیز براساس میزان α آمینو اسید در میزان پروتئین نمونه محاسبه شد (۱۰).

میزان پروتئین محلول در سوپرناتانت نمونه محلول به روش بیورت تعیین شد (۲۷).

پودر پروتئین هیدرولیز شده برای مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه‌سانتی‌گراد با استفاده از هیدروکلریک ۶ نرمال هیدرولیز شد. سپس با استفاده از فنیل ایزو تیوسیانات (PITC) عمل مشتق‌سازی اسیدهای آمینه انجام شد. میزان اسیدهای آمینه کل با استفاده از دستگاه HPLC مدل Smart line (آلمان) با استفاده از ستون C18 با آشکارساز فلورسنت (RF-530) (واقع در مرکز رشد واحدهای فناوری طبرستان) انجام شد (۱۷).

مقدار فیتات براساس روش تیتراسیون Febles و همکاران، (۲۰۰۱) اندازه‌گیری شد (۱۵).

مقدار گلوکوزینولات با روش Wetter and Youngs، (۱۹۷۶) اندازه‌گیری شد (۳۸).

۲-۵ استخراج صمغ از دانه شاهی

دانه شاهی پس از خریداری، جهت حذف مواد خارجی نظیر خار و خاشاک، سنگ، دانه‌های شکسته و کاه به شیوه دستی تمیز گردید. صمغ به روش Karazhiyan و همکاران (۲۰۱۱) استخراج شد. شرایط بهینه استخراج برای صمغ دانه شاهی (نسبت آب به دانه ۵۱:۱، دما ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد و pH=۵/۵) در فرآیند استخراج صمغ دانه شاهی، ابتدا pH آب دیونیزه به وسیله محلول ۰/۱ مولار NaOH یا HCl تنظیم و در حمام آب گرم تا رسیدن به دمای مورد نظر حرارت داده و سپس دانه‌ها به آن افزوده شد و مجدداً، جهت تکمیل فرآیند جذب آب در حمام آب گرم قرار گرفت و به طور متناوب هم زده شدند، در نهایت هیدروکلوئیدی توسط اکستراکتور آزمایشگاهی استخراج گردید و در آون در دمای ۷۰ درجه‌سانتی‌گراد خشک و در ادامه آسیاب و الک (با مش ۱۸) شد و پودر صمغ دانه شاهی در ظروف در بسته و در مکان خشک به منظور انجام آزمایشات مورد نظر نگه‌داری‌گردید (۲۱).

۲-٦ آماده سازی ناگت مرغ

حدود ۳۰ عدد فیله و ۷ عدد ران مرغ به صورت تازه از بازار محلی خریداری و با رعایت شرایط صحیح به آزمایشگاه انتقال داده شد فیله و ران‌های حاصل پس از شستشو و استخوان گیری، به کمک دستگاه چرخ گوشت با قطر منافذ سه میلیمتری چرخ شده و گوشت چرخ شده‌ی مرغ تولید شد. با توجه به فرمولاسیون ناگت مرغ (جدول ۱)، مخلوط حاصل، اندازه ناگت‌های مرغ در ابعادی با قطر پنج سانتی متر و ارتفاع حدود ۱ سانتی متر قالب گیری گرد شد و سپس آردزنی اولیه، در لعاب غوطه‌ور گردید و پس از چکیدن لعاب اضافی پس از مدت یک دقیقه، توسط آرد سوخاری صنعتی دانه متوسط پوشانده شدند. پس از کامل شدن روکش، ناگت‌ها با استفاده از روغن آفتابگردان (مخصوص سرخ کردنی) به مدت ۱دقیقه در سرخ کن تحت دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد (روش استاندارد) به صورت مقدماتی به روش سرخ کردن عمیق سرخ شده تا محصول شکل خود را حفظ نماید و پس از خنک شدن در دمای محیط، تکرارهای هر تیمار جداگانه درون بسته‌های زیپ کیپ بسته بندی شده و در فریزر ۱۸- درجه سانتی گراد منجمد گردید. پس از سرخ کردن تکرار هر تیمار، روغن تعویض شد. پس از گذشت سه روز، ناگت‌های مرغ تولیدی از فریزر خارج شده و پس از انجمادزدایی، ناگت های مرغ در سرخ کن به مدت ۲/۵ دقیقه تحت دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد به روش سرخ کردن عمیق سرخ شده و به منظور انجام آزمایشات مورد آنالیز قرار گرفت.(۴).

جدول ۱:فرمولاسیون و اجزاءتشکیل دهنده ناگت مرغ

ردیف	ترکیبات	درصد اجزاء
۱	گوشت مرغ	۹۳/۵۰
۲	نمک	۱/۵۰
۳	شکر	۱
٤	فلفل	۰/۲٤
٥	زیره سیاه	۰/۲٤
٦	پودر پیاز	۰/۲٤
۷	پودر سیر	۰/۲٤
۸	آرد گندم	۳
۹	آویشن	۰/۲۰

همچنین غلظت‌های مختلف پروتئین هیدرولیز شده کنجاله کلزا (۰/۵ و۱ درصد) به فرمولاسیون اولیه ناگت افزوده شد (جدول ۲)، سپس بقیه مراحل همانند تیمار شاهد انجام شد.

جدول ۲: تیمارهای مورد مطالعه

ردیف	کربوکسی متیل سلولز	صمغ دانه شاهی	درصدپروتئین هیدرولیز شده کنجاله کلزا	BHA
۱ (شاهد)	۰	۰	۰	۰
۲	٪۲	٪۱	۰	۰
۳	٪۲	٪۱	٪۰/۵	۰
٤	٪۲	٪۱	٪۱	۰
٥	٪۲	٪۱	۰	۱۰۰ppm

پس از آماده شدن ناگت وتهیه تیمارهای مختلف آزمون های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی روی آن انجام شد.

۲-۷ آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

۲-۷-۱درصد رطوبت

محتوی رطوبت بر اساس روش AOAC, 2005 انجام شد (۶).

۲-۷-۲ اندازگیری میزان روغن جذب شده

استخراج و اندازه‌گیری چربی بر طبق روش استاندارد (AOAC, 2005) با استفاده از روش سوکسله انجام گرفت. بخشی از ناگت مرغ خشک شده کاملا خرد شد و چربی آن با استفاده از پترولیوم اتر در یک استخراج کننده سوکسله شد. درصد روغن جذب شده از اختلاف بین میزان چربی ناگت مرغ، قبل و بعد از سرخ کردن به دست آمد (۶).

۲-۷-۳ آزمون بافت‌سنجی

آزمون سنجش بافت نمونه با استفاده از دستگاه بافت سنج اینستران طبق روش Das و همکاران، (۲۰۰۸) انجام شد. یادآور می‌شود در تمام حالات نمونه‌ها به صورت مکعب های ۲×۲ ×۲ بریده شدند و نیزCell Loud دستگاه ۵۰ کیلوگرم معادل ۵۰۰ نیوتن بود (۱۲).

٤-۷-۲ راندمان سرخ کردن

راندمان سرخ کردن به کمک رابطه زیر محاسبه شد:

$$Y(\%)= \frac{F}{NF} \times 100$$

دراین معادله Y(%) ، F ، NF به ترتیب راندمان سرخ کردن بر حسب (درصد) وزن برش‌های پوشش‌دار (بدون پوشش یا شاهد) سرخ شده(g) و وزن برش‌های پوشش‌دارسرخ نشده(g) بود (۱۱).

۲-۷-۵ درصد پوشش دهی ناگت

درصد پوشش‌دهی به کمک رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$CP(\%) = \frac{C - I}{I} \times 100$$

دراین معادله CP(%) ، C ، I درصد پوشش‌دهی بر حسب (درصد) وزن برش های اولیه پوشش‌دهی شده (g) و وزن برش‌های اولیه بدون پوشش(g) بود (۱۱).

٦-۷-۲ استخراج و اندازه گیری آکریل آمید

در این پژوهش، آکریل آمید موجود در نمونه‌ها با استفاده از کارتریج اختصاصی استخراج با فاز جامد (Solid Phase Extraction) (۵۰۰میلی گرم- ۶ میلی لیتر) ویژه آکریل آمید و براساس روش Ogolla و همکاران (۲۰۱۵)، روش شماره A ۸۰۳۲ آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا با اندکی تغییرات استخراج و با دستگاه گازکروماتوگرافی اندازه گیری گردید (۲۸).

۲-۸ آزمون حسی

ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های ناگت مرغ توسط ۱۰ ارزیاب نیمه آموزش دیده از نظر رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی در روز اول نگهداری توسط آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای استفاده شد که امتیاز ۵ بیانگر بسیار خوب بودن و امتیاز ۱ بیانگر بسیار بد بودن نمونه بود (۹).

۲-۹ تجزیه و تحلیل آماری

طرح آماری مورد استفاده در این پژوهش طرح کاملاً تصادفی وشامل سه تکرار برای هر تیمار بوده است (در ارتباط با آزمون‌های پروتئین هیدرولیز شده تنها متغییر مورد بررسی، زمان هیدرولیز بود، زمان‌های مختلف هیدرولیز به‌طور جداگانه با ۳ تکرار انجام شد). تجزیه و تحلیل داده‌ها، با توجه به نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس، با استفاده از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد. تمام داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد و ارزیابی‌ها در ۳ تکرار صورت پذیرفت. از نرم افزار (SPSS version 18) برای آنالیز داده‌ها و Excel برای رسم نمودارها استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱ بررسی مقادیر درجه هیدرولیز و بازیافت پروتئینی

نتایج این مطالعه نشان دهنده این نکته است که کارایی هیدرولیز آنزیمی بسته به شرایط فرآیند و زمان هیدرولیز متفاوت است. به‌طوری‌که با افزایش زمان هیدرولیز مقادیر درجه هیدرولیز (جدول ۱) به طور معنی داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). بر اساس نتایج به دست آمده از اثر زمان بر هیدرولیز پروتئین، با افزایش زمان واکنش، هیدرولیز آنزیمی با یک فاز سریع آغاز می‌شود و در این مرحله تعداد بسیار زیادی از پیوندهای پپتیدی شکسته می‌شود. همچنین، افزایش زمان فرآیند موجب طولانی‌تر شدن فعالیت آنزیم و اثر آن بر سوبسترا می‌گردد (۳۷). میزان پروتئین اولیه کنجاله کلزا برابر با ۱/۰۰±۲۳/۹۱ درصد و میزان پروتئین اولیه ایزوله پروتئین کلزا برابر با ۱/۲۴±۴۰/۸۲ درصد بوده است. نتایج مربوط به بازیافت پروتئینی، پروتئین (جدول ۱) و درجه هیدرولیز در مطالعه حاضر باهم، هم خوانی دارد. به طوریکه با افزایش درجه هیدرولیز، میزان بازیافت پروتئینی و پروتئین نیز افزایش پیدا می‌کند. به طوریکه زمان ۳۰ دقیقه بهترین زمان هیدرولیز بوده است (P<۰/۰۵). نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش شده است، آنها نیز گزارش نمودند با افزایش زمان هیدرولیز، مقادیر بازیافت پروتئین و میزان پروتئین افزایش یافت (۲۷، ۳۴).

جدول ۱: مقادیر درجه هیدرولیز پروتئین‌های هیدرولیز شده با استفاده از آنزیم آلکالاز

زمان هیدرولیز	پروتئین	بازیافت پروتئین	درجه هیدرولیز
	آزمون		
۱۰	۷۹/۰۹±۰/۸۷^{c}	۱۹/۳۷±۰/۲۱^{c}	۱۳/۲۶±۰/۳۰^{c}
۲۰	۸۶/۹۰±۱/٤۷^{b}	۲۱/۲۸±۰/۳۶^{b}	۱۹/۱۰±۱/۰۹^{b}
۳۰	۹۳/۷۰±۰/۸۸^{a}	۲۲/۹۵±۰/۲۱^{a}	۲۲/۱۹±۰/۳۰^{a}

۱) همه اعداد بر حسب درصد بیان شده است (میانگین ± انحراف از معیار)

۲) اعداد در یک ستون با حروف متفاوت اختلاف معنی دار دارند.(a, b, c,..)

۳-۲ بررسی مقادیر فیتات و گلوکوزینولات

نتایج مربوط به مقادیر اسید فیتیک و گلوکوزینولات (جدول ۲) نشان داد مقادیر آن تحت تاثیر زمان‌های مختلف بوده است به طوری که اسید فیتیک با افزایش زمان هیدرولیز مقادیر اسید فیتیک به طور معنی داری کاهش یافت. به طوریکه زمان ۳۰ دقیقه بهترین زمان هیدرولیز بوده است (P<۰/۰۵). یکی از عوامل محدود کننده مصرف پروتئین کلزا، اسید فیتیک است که معمولا به صورت نمک‌های کلسیم، منیزیم فیتات متصل شده به پروتئین می‌باشد. در مرحله استخراج آنزیمی فیتات‌ها در محیط آبی آنزیمی

به صورت محلول در آمده و از پروتئین جدا شده و در نتیجه مقدار آن به طور معنی‌داری کاهش یافته است. به عبارت دیگر استخراج پذیری اسید فیتیک از پروتئین به دلیل pH قلیایی مناسب فعالیت آنزیم پروتئاز بوده است. در این شرایط تأثیر متقابل بین پروتئین و اسید فیتیک بسیار کم می باشد. یکی دیگر از مشکلات مصرف پروتئین کلزا، گلوکوزینولات است که با ظهور ارقام اصلاح شده دو صفر این مشکل حل گردید. همان طور که ملاحظه کردید مقدار گلوکوزینولات کنجاله کلزا بسیار اندک و کمتر از ۳۰ میکرومول بر گرم (حد مجاز) بوده است (۲۵).

جدول ۲: مقادیر اسید فیتیک و گلوکوزینولات پروتئین‌های هیدرولیز شده با استفاده از آنزیم آلکالاز

زمان هیدرولیز	گلوکوزینولات	اسید فیتیک
۱۰	٦/٤١±٠/٠٣[a]	١/٢٣±٠/٠٤[a]
۲۰	٥/٣٧±٠/١٥[b]	١/٠٥±٠/٠٢[b]
۳۰	٤/٧١±٠/١٧[c]	٠/٨٨±٠/٠٣[c]

۱) همه اعداد بر حسب درصد بیان شده است (میانگین ± انحراف از معیار)

۲) اعداد در یک ستون با حروف متفاوت اختلاف معنی دار دارند.(a, b, c,..)

۳-۳ ترکیب اسیدآمنه

عملکرد هر پپتید بیشتر به ترکیب اسید آمینه آن بستگی دارد به عنوان مثال، اسیدهای آمینه آبگریز (HAA) به شدت دارای فعالیت آنتی اکسیدانی می‌باشد. به ویژه به دلیل تجزیه حلقه ایمیدازول آن، فعالیت شدید مهار رادیکال شناخته می‌شود (۲، ۱۸). نتایج مربوط به ترکیب اسید آمینه پروتئین‌های هیدرولیز شده با آنزیم آلکالاز (جدول ۳) در زمان ۳۰ دقیقه (نشان داد، مجموع اسیدهای آمینه آبگریز برابر با ۴۰/۲۴ بوده است. Alashi و همکاران، (۲۰۱۴) مقادیر HAA[1] هیدرولیزهای پروتئین کلزا با آنزیم‌های مختلف را حدود ۴۰درصد از اسیدهای آمینه کل اعلام نمودند، که با تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. بنابراین، می‌توان ادعا کرد که پروتئین‌های هیدرولیز شده به دلیل وجود مقادیر بیشتر HAA ممکن است اثرات مهاری بر روی چندین نوع رادیکال آزاد داشته باشند (۲). در مجموع بیشترین مقادیر اسید آمینه در مطالعه حاضر اسید آمینه ضروری لوسین ۸/۰۸درصد بوده است، بیشترین مقادیر اسید آمینه در مطالعه حاضر اسید آمینه غیر ضروری گلوتامیک اسید ۱۶/۲۵درصد بوده است. با توجه به FAO/WHO (1990) نسبت اسید آمینه ضروری به کل اسید امینه ها نباید کمتر از ۴۰درصد باشد و همچنینی میزان اسید آمینه ضروری به غیر ضروری نباید کمتر از ۰/۶ باشد. با توجه به نتایج پروتئین هیدرولیز شده از ترکیب اسید آمینه مناسبی برخوردار است. نسبت اسید آمینه ضروری به غیر ضروری برابر با ۰/۷۸ و میزان اسید آمینه ضروری به کل اسید امینه موجود برابر با ۴۱/۱۴ بوده است (۱۴).

مقادیر ترئونین، والین، ایزولوسین، لوسین، تیروزین، فنیل آلانین، هیستیدین و لایزین در پروتئین هیدرولیز شده نیز بیشتر از توصیه‌های FAO/WHO (1990) در مورد پروتئین‌های حیوانی یافت شد (جدول ۳)، نشان می دهد که پروتئین‌های کلزا از کیفیت غذایی بالایی برخوردار هستند و ممکن است به عنوان یک منبع پروتئین در رژیم غذایی انسان مورد استفاده قرار گیرند. به

[1] مجموع اسیدهای آمینه آبگریز (آلانین، والین، ایزولوسین، لوسین، تیروسین، فنیل آلانین، تریپتوفان، پرولین، متیونین و سیستئین)

طور کلی، ترکیب اسید آمینه هیدرولیزهای پروتئین منعکس کننده ترکیبات ایزوله پروتئین کلزا است، که نشان می‌دهد روند هیدرولیز پروتئین تأثیر منفی بر ترکیب اسید آمینه هیدرولیزها ندارد (۲، ۱۴).

جدول ۳: ترکیب اسید آمینه موجود در پروتئین هیدرولیز شده

اسید آمینه (گرم در ۱۰۰ گرم نمونه)	آلکالاز	FAO/ WHO, 1990
هیستدین[1]	۳/۲۱	
ایزو لوسین[1]	٤/۰٥	۲/۸۰
لوسین[1]	۸/۰۸	٦/٦۰
لایزین[1]	٥/۹۹	٥/۸۰
متیونین[1]	۳/۹٥	
فنیل آلانین[1]	٤/۷۸	٦/۳۰
تروئنین[1]	۳/۹۹	۳/٤
والین[1]	٥/۸٥	۳/٥
آسپارتیک اسید	۹/۹۸	
آرژنین	٥/۹۹	
پرولین	٥/۷۸	
سرین	٥/۲٥	
آلانین	٤/۲۱	
سیستئین	۱/۰۹	
گلوتامیک اسید	۱٦/۲٥	
تیروزین	۳/٥٤	۱/۱
گلایسین	٤/۰٥	
نسبت اسید آمینه ضروری به کل اسید آمینه	٤۱/۱٤	
نسبت اسید آمینه ضروری به اسید آمینه غیرضروری	۰/۷۸	
HAA[2]	٤۰/۲٤	
میزان اسید آمینه کل	۹٦/۹۷	

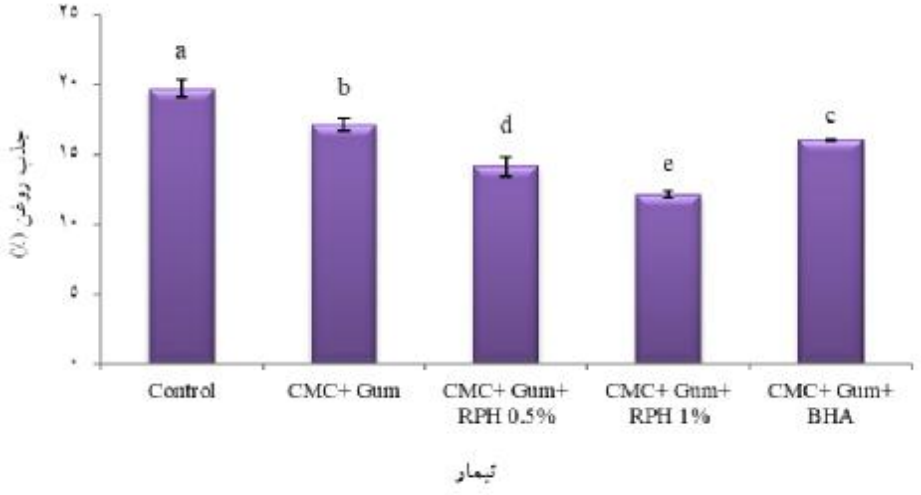
[1] اسیدآمینه ضروری

[2] مجموع اسیدهای آمینه آبگریز (آلانین، والین، ایزولوسین، لوسین، تیروسین، فنیل آلانین، تریپتوفان، پرولین، متیونین و سیستئین)

٤-۳ مقادیر رطوبت و جذب روغن در ناگت سرخ شده

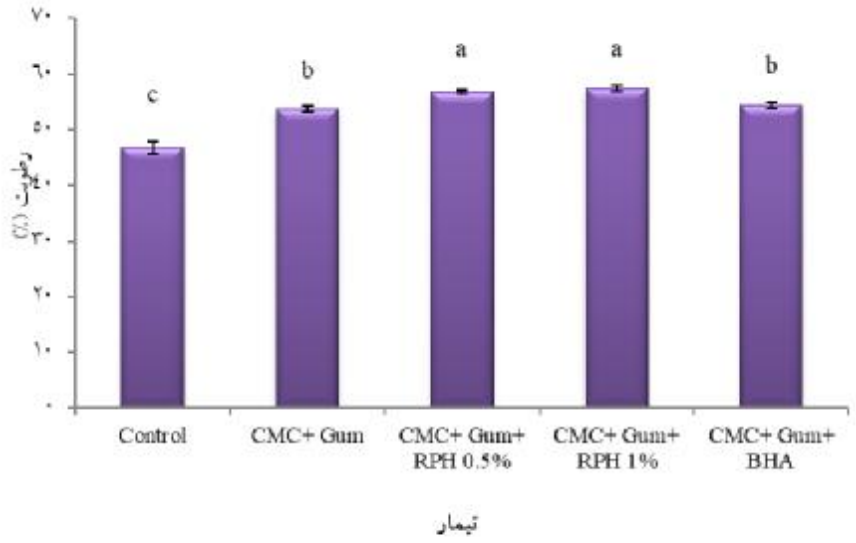
با توجه به نتایج بیشترین مقادیر جذب روغن (نمودار ۱) در تیمار شاهد مشاهده شد (۱۹/۷۶درصد) و افزودن کربوکسی متیل سلولز+ صمغ دانه شاهی باعث کاهش جذب روغن شد (P<۰/۰٥). پوشش‌های هیدروکلوئیدی با تشکیل شبکه ژل و حفظ این شبکه طی فرآیند سرخ کردن مرتبط باشد که جذب روغن را در زمان سرخ کردن کاهش داده و به تبع آن انرژی کاهش یافته می‌شود (۹). و همچنین با افزودن پروتئین هیدرولیز شده مقادیر جذب روغن کمتری مشاهده شد کمترین مقادیر جذب روغن در تیمار کربوکسی متیل سلولز+صمغ+ پروتئین هیدرولیز شده ۱درصد مشاهده شد (۱۲/۱٥درصد) (P<۰/۰٥). ظرفیت جذب روغن

نقش مهمی در برخی از سیستم های غذایی مانند محصولات گوشتی دارد. به طور کلی، جذب روغن به شدت تحت تأثیر حلالیت و آبگریزی سطح پروتئین قرار می‌گیرد و به دلیل توانایی پروتئین کلزا برای اتصال بین آب و روغن و حلالیت بالای پروتیئن هیدرولیز شده کلزا، مقادیر جذب روغن در این تیمار کاهش یافته اشت (۲۴، ۳۲).



نمودار ۱: میزان جذب روغن در تیمارهای مختلف ناگت سرخ شده

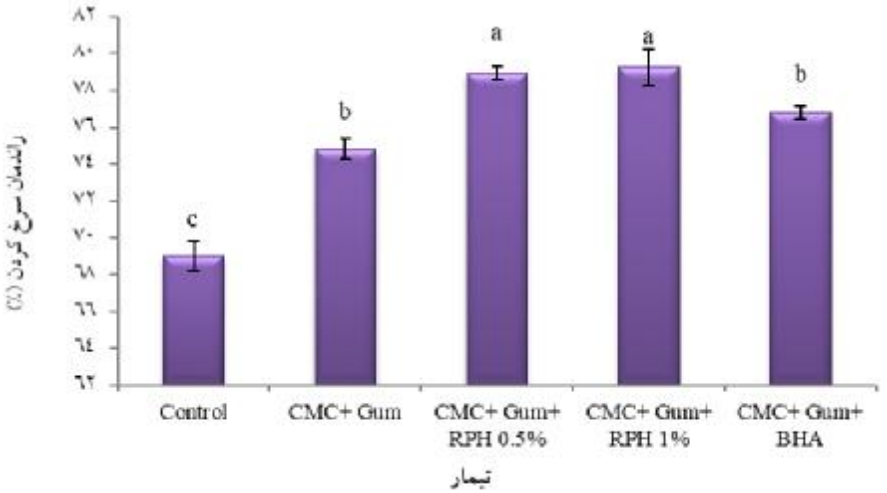
با توجه به نتایج کمترین مقادیر رطوبت (نمودار ۲) در تیمار شاهد مشاهده شد (۴۶/۷۷درصد) و افزودن کربوکسی متیل سلولز+ صمغ دانه شاهی باعث افزایش میزان رطوبت شد و همچنین با افزودن پروتئین هیدرولیز شده مقادیر رطوبت بیشتری مشاهده شد بیشترین مقادیر رطوبت در تیمارهای کربوکسی متیل سلولز+صمغ+ پروتیئن هیدرولیز شده ۰/۵ و ۱درصد مشاهده شد (به ترتیب ۵۶/۸۴ و ۵۷/۴۵درصد). به طور کلی، با افزایش غلظت محلول‌های هیدروکلوئیدی میزان رطوبت افزایش و میزان جذب روغن آن‌ها کاهش می‌یابد ($P<۰/۰۵$). این امر ممکن است به دلیل تاثیر توام خاصیت تشکیل ژل در طی حرارت دهی و میزان بالای پوشش دهی، باعث ایجاد یک لایه مناسب و نسبتا ضخیم در برابر خروج رطوبت و نفوذ روغن به درون ناگت‌ها گردید. در فرآیند سرخ کردن تغییرات ساختاری ماده غذایی به دلیل دمای روغن باعث کاهش رطوبت می‌شود. کاهش رطوبت فرآورده منجر به افزایش میزان تخلخل در آن می‌گردد. در حین سرخ کردن جایگزین رطوبت از دست رفته حفره‌های ریز و درشت می‌شود. فیلم-های مقاوم به نفوذ روغن ناشی از ژل حرارتی صمغ‌ها که طی سرخ کردن در اطراف ناگت‌ها تشکیل می‌گردند باعث کاهش جذب روغن در نمونه های پوشش داده شده می‌شوند (۹، ۴۱). Zainol و همکاران (۲۰۲۰) اعلام نمودن افزودن پروتئین هیدرولیز شده اسبچه ماهی دندان دار (Gazza minuta) سبب کاهش جذب روغن و افزایش رطوبت ماهی مرکب طی دوره سرخ کردن عمیق شد (۴۱).



نمودار ۲: میزان رطوبت در تیمارهای مختلف ناگت سرخ شده

۳-۵ راندمان سرخ کردن و مقادیر پوشش دهی در ناگت سرخ شده

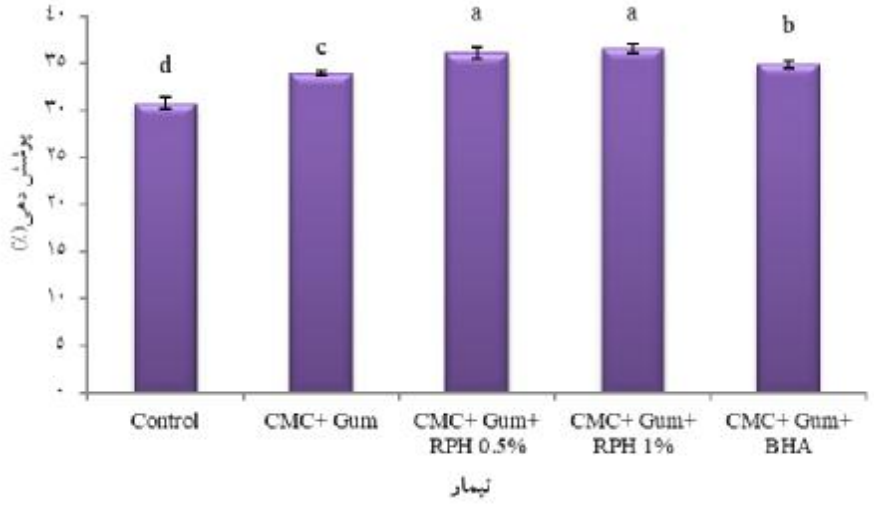
با توجه به نتایج کمترین مقادیر راندمان سرخ کردن (نمودار ۳) در تیمار شاهد مشاهده شد (۶۹/۰۱درصد) و افزودن کربوکسی متیل سلولز+ صمغ دانه شاهی باعث افزایش میزان راندمان سرخ کردن شد و همچنین با افزودن پروتئین هیدرولیز شده مقادیر راندمان سرخ کردن بیشتری مشاهده شد بیشترین مقادیر راندمان سرخ کردن در تیمارهای کربوکسی متیل سلولز+صمغ+ پروتیئن هیدرولیز شده ۰/۵ و ۱درصد مشاهده شد (به ترتیب ۷۸/۹۳ و ۷۹/۲۴درصد). جذب بالای روغن طی سرخ کردن سبب فروپاشی بافت سلول نمونه می شود و راندمان سرخ کردن در این تیمارها به علت دارا بودن جذب روغن کمتر راندمان سرخ شدن بالاتری دارد (۱).



نمودار ۳: راندمان سرخ کردن در تیمارهای مختلف ناگت سرخ شده

با توجه به نتایج کمترین مقادیر پوشش‌دهی (نمودار ۴) در تیمار شاهد مشاهده شد (۳۰/۷۵درصد) و افزودن کربوکسی متیل سلولز+ صمغ دانه شاهی باعث افزایش میزان پوشش‌دهی شد و همچنین با افزودن پروتئین هیدرولیز شده مقادیر پوشش‌دهی

بیشتری مشاهده شد بیشترین مقادیر پوشش‌دهی در تیمارهای کربوکسی متیل سلولز+صمغ+ پروتیئن هیدرولیز شده ۰/۵ و ۱درصد مشاهده شد (به ترتیب ۳۶/۰۵ و ۳۶/۵۴درصد). میزان پوشش دهی در واقع مقدار لعابی است که به قطعات ناگت مرغ می‌چسبد. ترکیبات تشکیل دهنده العاب بر میزان پوشش دهی مؤثر است (۱۹، ۲۰). به طور کلی با افزایش غلظت هیدروکلوئیدها میزان پوشش بیشتری به ناگت مرغ چسبیده شد، بنابراین میزان درصد پوشش دهی افزایش می‌یابد.

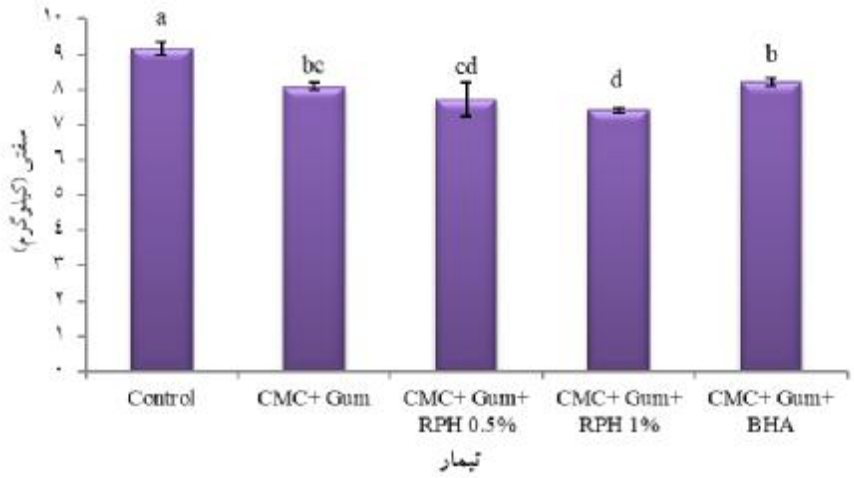


نمودار ٤: پوشش دهی در تیمارهای مختلف ناگت سرخ شده

۳-٦ مقادیر سفتی بافت در ناگت سرخ شده

با توجه به نتایج بیشترین مقادیر سفتی بافت (نمودار ۵) در تیمار شاهد مشاهده شد (۹/۱۸درصد)و افزودن کربوکسی‌متیل‌سلولز+ صمغ دانه شاهی باعث کاهش سفتی بافت شد و همچنین با افزودن پروتئین هیدرولیز شده مقادیر سفتی بافت کمتری مشاهده شد کمترین مقادیر سفتی بافت در تیمار کربوکسی‌متیل‌سلولز+صمغ+ پروتیئن هیدرولیز شده ۱درصد مشاهده شد (۷/۴۱درصد) (P<۰/۰۵). Altunakar و همکاران ۲۰۰۶ نشان دادند که هیدروکلوئیدها به دلیل ظرفیت نگهداری آب موجب نرم شدن بافت ناگت مرغ می‌شوند و همچنین دریافتند که افزایش میزان پوشش دهی موجب نرم شدن بافت ناگت می‌گردد. (۵). این نتایج با نتایج Polizer و همکاران (۲۰۱۵) در ارتباط با افزودن فیبر نخود به ناگت مرغ و Ketnawa و همکاران (۲۰۱۶) در ارتباط با افزودن پروتئین هیدرولیز شده میگو به توفو ماهی[1] وBahrami and Khademi (۲۰۲۰) در ارتباط با افزودن عصاره ریز پوشانی شده چای ترش به‌همراه پوشش خوراکی کربوکسی متیل سلولز به ناگت مرغ هم خوانی دارد (۹، ۲۲، ۲۹).

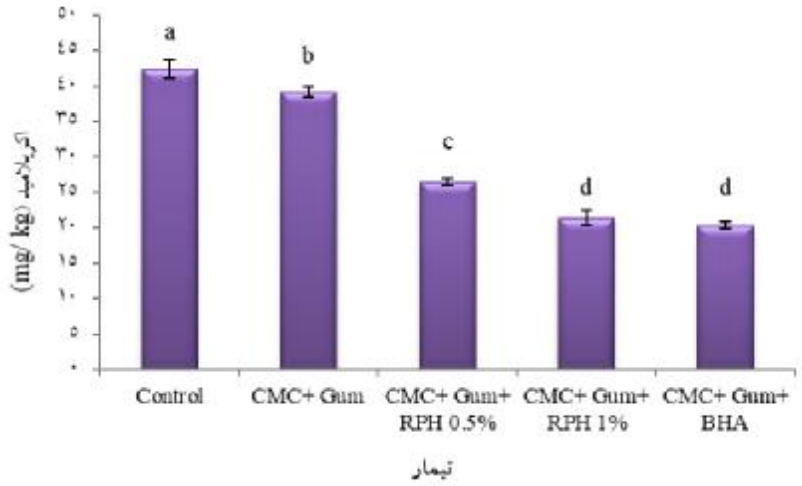
[1] Fish tofu



نمودار ۵: سفتی بافت در تیمارهای مختلف ناگت سرخ شده

۳-۷ مقادیر آکریلامید در ناگت سرخ شده

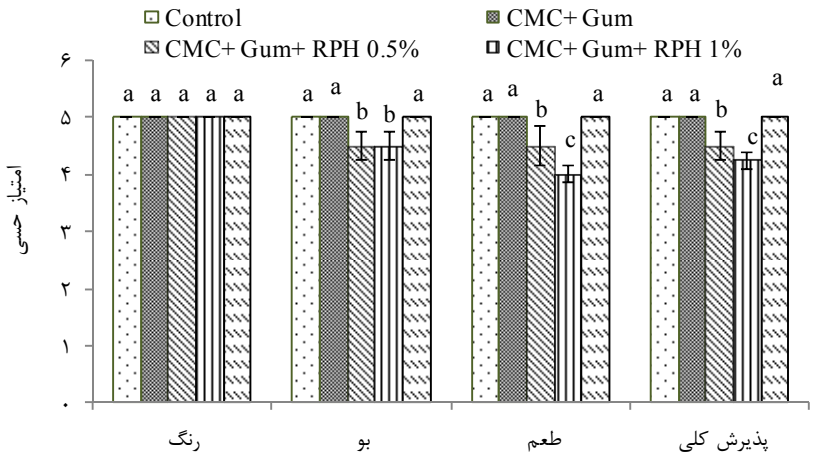
آکریلامید به عنوان یک ترکیب هیدروفیلیکی با وزن مولکولی پایین در مواد غذایی خام و پخته وجود دارد؛ بنابراین، تعیین آکریلامید در مواد غذایی به ویژه در غذاهای غنی از کربوهیدرات مانند سیب زمینی سرخ‌کرده و همچنین غذاهای فرآوری شده و پخته شده در دماهای بالا تحت شرایط رطوبت کم بسیار مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به نتایج بیشترین مقادیر آکریلامید (نمودار ۶) در تیمار شاهد مشاهده شد (۴۲/۴۳ میلی گرم/ کیلوگرم) و افزودن کربوکسی متیل سلولز+ صمغ دانه شاهی باعث کاهش آکریلامید شد و همچنین با افزودن پروتئین هیدرولیز شده مقادیر آکریلامید کمتری مشاهده شد کمترین مقادیر آکریلامید در تیمار کربوکسی‌متیل‌سلولز+صمغ+ پروتیئن هیدرولیز شده ۱درصد و تیمار کربوکسی متیل سلولز+صمغ+ BHA مشاهده شد (به ترتیب ۲۱/۳۵ و ۲۰/۳۸ میلی گرم/ کیلوگرم) ($P<0/05$). یکی از راهکارهای کاهش آکریلامید افزودن نگهدارنده‌های طبیعی با خاصیت آنتی اکسیدانی بالا، می باشد این ترکیبات اثرات مفیدی بر سلامت انسان دارند و احتمالا توانایی کاهش سم مواد غذایی را نیز دارا می باشند (۲۶). به طور کلی پوشش‌های خوراکی و صمغ‌ها، با به دام انداختن یون های فلزی و جلوگیری از تماس اکسیژن با محصول، روند واکنش‌های اکسایش را کند کرده و با به دام انداختن رادیکال‌های آزاد، از پیشرفت آن جلوگیری می‌کند بنابراین دارای خاصیت آنتی اکسیدانی می‌باشند (۱۳، ۳۵). همچنین پروتئین‌های هیدرولیز شده حاوی پپتیدهایی هستند که الکترون دهنده بوده و می توانند با رادیکال‌های آزاد واکنش دهند و آنها را به ترکیبات پایدارتر تبدیل کنند. نتیجه این عملکرد متوقف کردن واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداسیون خواهد بود (۲۳، ۳۴).



نمودار ٦: مقادیر آکریلامید در تیمارهای مختلف ناگت سرخ شده

۳-۸ ارزیابی حسی

بی شک ویژگی‌های حسی ناگت مرغ از مهم‌ترین فاکتورهای پذیرش از دیدگاه مصرف‌کننده می باشند. لذا بررسی ویژگی‌های حسی با توجه به بازار پسندی محصول تولیدی بسیار مهم می‌باشد و همچنین آنالیز حسی راهنمای نهایی پذیرش محصول توسط ارزیاب‌ها می‌باشد. لذا بررسی ویژگی‌های حسی امری مهم و ضروری می‌باشد. امتیاز حسی (نمودار ۷) تیمار کربوکسی‌متیل‌سلولز+صمغ+ پروتئین هیدرولیز شده ۰/۵ و ۱درصد کمتر از سایر تیمارها بود در مجموع تمامی تیمارها مورد تایید ارزیاب‌ها بود.Ketnawa و همکاران (۲۰۱۶) نیز اعلام نمودند افزودن پروتئین هیدرولیز شده میگو به توفوماهی سبب کاهش امتیاز حسی شد اما تمامی تیمارها مورد تایید ارزیاها بودند (۲۲).



نمودار ۷: ارزیابی حسی تیمارهای مختلف

٤- نتیجه گیری نهایی

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پروتئین هیدرولیز شده حاصل از کنجاله کلزا توسط هیدرولیز آنزیمی بهمراه پوشش ترکیبی (کربوکسی‌متیل‌سلولز، صمغ‌دانه‌شاهی) سبب کاهش مقادیر آکریلامید در ناگت شد و همچنین سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی ناگت شد و دارای اثری برابر و حتی بهتر از نگهدارنده سنتزی BHA بود. بنابراین ترکیب کربوکسی‌متیل‌سلولز، صمغ دانه‌شاهی و پروتئین هیدرولیز شده کنجاله کلزا در سطح ۱ درصد می‌تواند تقاضای مصرف کنندگان به فرآورده های گوشتی عاری از مواد شیمیایی را تامین نموده و نیاز آنها به مواد غذایی با کیفیت بهتر و ایمن تر را تامین نماید.

٥- منابع:

۱. مختاریان، م.، توکلی پور، ح. ۱۳۹۳. تولید چیپس کیوی کم چرب با ژل آلوورا و بررسی پروفایل انتقال جرم طی سرخ کردن عمیق. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، جلد۹، شماره۲، ۱۰۴-۹۵.

2. Alashi, A.M., Blanchard, C.L., Mailer, R.J., Agboola, S.O., Mawson, A.J., Rong, H., Malomo, S.A., Girgih, A.T., Aluko, R.E. 2014. Blood pressure lowering effects of Australian canola protein hydrolysates in spontaneously hypertensive rats. *Food Research International*, 55: 281–287

3. Ali, M.R., Parmar, A., Niedbała, G., Wojciechowski, T., Abou El-Yazied, A., El-Gawad, H.G.A., Nahhas, N.E., Ibrahim, M.F.M., El-Mogy, M.M. 2021. Improved Shelf-Life and Consumer Acceptance of Fresh-Cut and Fried Potato Strips by an Edible Coating of Garden Cress Seed Mucilage. *Foods*, 10(7):1536.

4. Alishahi, A. R., Ojagh, M., Shabanpour, B., Izadi, S. 2017. The use of chitosan and carboxy methyl cellulose to crispness enhancement of microwave□reheated fish nugget. *JFST*, 65(14): 139–148.

5. Altunakar, B., Sahin, S., Sumnu, G. 2006. Effects of hydrocolloids on apparent viscosity of batters and quality of chicken nuggets. *Chemical Engineering Communications*, 193: 675–682.

6. AOAC. 2005. Official Method of Analgsis (17th ed). Washington, DC: Association of Official Analytical chemists.

7. Arabi, M., Ghaedi, M. and Ostovan, A. 2016. Development of dummy molecularly imprinted based on functionalized silica nanoparticles for determination of acrylamide in processed food by matrix solid phase dispersion. Food *Chemistry*, 210: 78-84.

8. Bagheri, R., Izadi Amoli, R., Tabari Shahndash, N. and Shahosseini, S. R. 2016. Comparing the effect of encapsulated and unencapsulated fennel extracts on the shelf life of minced common kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) and *Pseudomonas aeruginosa* inoculated in the mince. *Food science and nutrition*, 4(2): 216–222.

9. Bahrami,S. Khademi, D. 2020. Effect of the nanoencapsulated sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract with carboxymethylcellulose on quality and shelf life of chicken nugget. *Food Science & Nutrition*, 10:1-12.

10. Chatterjee, R., Day, T.K., Ghosh, M., Dhar, P. 2015. Enzymatic modification of sesame seed protein, sourced from waste resource for nutraceutical application. *Food and Bioproducts Processing*, 94: 70-81.

11. Daraei Garmakhany, A., Mirzaei, H. O., Maghsudlo, Y., Kashani Nejad, M., Jafari, M. 2012. Production of low fat french-fries with single and multi-layer hydrocolloid coatings. *Journal of Food Science and Technology*. 51: 1334-1341.

12. Das, A.K., Anjaneyulu, A.S.R., Gadekar, Y.P., Singh, R.P., Pragati, H. 2008. Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. *Meat Sci*;80(3):607-14.
13. Esmaeili, M., Ariaii, P., Nasiraie, L.R. and Yousefpour, M. 2020. Comparison of coating and nano-coating of chitosan- *Lepidium sativum* seed gum composites on quality and shelf life of beef. *Food Measure*, 15:182-205.
14. FAO/WHO. 1990. Energy and protein requirements. Report of joint FAO/ WHO/UNU Expert Consultation Technical Report. *FAO/WHO and United Nations University, Geneva*, Series No. 724.
15. Febles, C., Arias, I. 2001. phytic acid level infant flour. *Food Chem*, 74: 437-441.
16. Feyzi, S., Varidi, M., Zareb, F., Varidi, M.J. 2015. Extraction Optimization of Fenugreek Seed Protein. *science of food and agriculture*, 15: 3165–3176.
17. Hamzeh, A., Rezaei, M., Khodabandeh, S.2019. Antiproliferative and antioxidative activities of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) protein hydrolysates as affected by degree of hydrolysis. *Food Measure* 12: 721–727.
18. He, R. A., Alashi, S. A., Malomo, A. T., Girgih, D., Chao, X., Ju, R., Aluko, E. 2013. Antihypertensive and free radical scavenging properties of enzymatic rapeseed protein hydrolysates. *Food Chemistry*,141(1): 153-159.
19. Izadi, S., Shabanpour, B., Ojagh, S. M., Poria, M. 2017. Production of low-fat fish nugget using Hydroxypropyl methylcellulose and Chitosan. *Journal of food science and technology* (Iran). 62 (14): 261- 269.
20. Javadian, S. R., Shahosseini, S. R. and Ariaii, P. 2017. The effects of liposomal encapsulated thyme extract on the quality of fish mince and *Escherichia coli* O157: H7 inhibition during refrigerated storage. J*ournal of Aquatic Food Product Technology*, 26 (1): 115-123.
21. Karazhiyan, H., Razavi, S. M. A., Phillips, G. O. 2011. Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (*Lepidium sativum*) using response surface methodology. *Food Hydrocolloids*, 25: 915-920.
22. Ketnawa, S., Benjakul, S., Martínez-Alvarez, O. 2016. Physical, chemical, and microbiological properties of fish tofu containing shrimp hydrolysate. *Fish Sci,* 82**:** 379–389.
23. Ma, W., Qi, B., Sami, R., Jiang, L., Li, Y., Wang, H. 2018. Conformational and Functional Properties of Soybean Proteins Produced by Extrusion-Hydrolysis Approach. *Int J Anal Chem*, 23:9182508.
24. Mazloomi-Kiyapey, N., Sadeghi-Mahoonak, A., Ranjbar-Nedamani, E., Nourmohammadi, E. 2019. Production of antioxidant peptides through hydrolysis of medicinal pumpkin seed protein using pepsin enzyme and the evaluation of their functional and nutritional properties. *ARYA Atherosclerosis*, 15 (5): 218-227.
25. Mohammadzade, J. 2015. Investigating the effect of solvent and enzymatic extraction methods on quality chracteristics of rapeseed oil and protein. *Journal of Oilseed Plants*, 4 (1): 23- 32.
26. Morales, G., Jimenez, M., Garcia, O., Mendoza, M., Beristain, C. 2014. Effect of natural extracts on the formation of acrylamide in fried potatoes. *LWT- Food Science and Technology*, 1: 405-429.
27. Nemati, M., Javadian, S. R., Ovissipour, M. and Keshavarz, M. 2012. A study on the properties of alosa (Alosa caspia) by-products protein hydrolysates using commercial enzymes. *World Applied Sciences Journal*, 18 (7): 950-956.
28. Ogolla, J.A., Abong, G.O., Okoth, M.W., Kabira, J.N., Imungi, J.K., Karanja, P.N.2015. Levels of acrylamide in commercial potato crisps sold in Nairobi CountyKenya. *J Food Nutr Res*, 3(8):495–501.

29. Polizer, M., Yana, J. 2015. Development and evaluation of chicken nuggets with partial replacement of meat and fat by pea fibre. Braz. *J Food Technol*, 18 (1): 62-69.
30. Pongsawatmanit, R., Ketjarut, S., Choosuk, P., Hanucharoenkul, P. 2018. Effect of carboxymethyl cellulose on properties of wheat flour-tapioca starch-based batter and fried, battered chicken product. *Agriculture and Natural Resources*, 52 (6): 562- 572.
31. Raeisi, S., Ojagh, S. M., Pourashouri, P., Salaün, F., Quek, S. Y. 2020. Shelf-life and quality of chicken nuggets fortified with encapsulated fish oil and garlic essential oil during refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology*,15:25-39.
32. Safari, R., Shahhoseini, S.R., Javadian, S. R. 2018. Antibacterial and Antioxidant Effects of the Echinophora Cinerea Extract on Bighead Carp (*Aristichthys nobilis*) Fillet During Two Storage Conditions. *Journal of Aquatic Caspian Sea*, 3(2): 13-24.
33. Sah, B. N. P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., Donkor, O.N.2016. Antibacterial and antiproliferative peptides in synbiotic yogurt Release and stability during refrigerated storage. *Journal of Dairy Science*, 99:1–10.
34. Shahosseini, S.R., Javadian, S.R., Safari, R. 2021b. Evaluation of antibacterial and antioxidant activities of *Liza abu* viscera protein hydrolysate. J*ournal of Innovation in Food Science and Technology*, 30 (2): 123-146.
35. Shahosseini, S.R., Safari, R., Javadian, S.R. 2021a. Evaluation antioxidant effects of Pullulan edible coating with watercress extract (*Nasturtiumn officinale*) on the chemical corruption of fresh beluga sturgeon fillet during storage in a refrigerator. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 30 (2): 123-146.
36. Shahosseini, S.R., Safari, R., Javadian, S. R., Habibi, F.2019. Evaluation effect of Carboxymethyl cellulose coating with Anethum graveolens extract on quality of fried fillet fried fish (*Anethum graveolens*). *Journal of Aquatic Caspian Sea*, 4(2): 37-46.
37. Varedesara, M.S., Ariaii, P., Hesari, J. 2021.The effect of grape seed protein hydrolysate on the properties of stirred yogurt and viability of *Lactobacillus casei* in it. *Food Sci Nutr*, 9:2180–2190.
38. Wetter, C.R. and Youngs, C.G. 1976. A thiourea U.V assay for total glucosinolate content in rapeseed meals. *J Am OilChem Soc*, 53: 162-165.
39. Xiao, S., Zhang, W.G., Lee, E.J., Ma, C.W., Ahn, D.U. 2011. Lipid and protein oxidation of chicken breast rolls as affected by dietary oxidation levels and packaging. *J Food Sci,* 76(4): 612–617.
40. Yusoff, M. M., Gordon, M. H., Niranjan, K. 2014. Aqueous enzyme assisted oil extraction from oilseeds and emulsion de-emulsifying methods. *Trends in Food Sci &Tech*, 14: 1-23.
41. Zainol, M.K., Tan, R.C., Mohd Zin, Z., Ahmad, A. and Danish-Daniel, M. 2020. Effectiveness of Toothpony (*Gazza minuta*) protein hydrolysate on reducing oil uptake upon deep-frying. *Food Research*, 4(3):805-813.
42. Zong, M., Songli, W., Keyu, Q., Ying, G., Yong, W., Yuanfa, L. 2018. Secondary structure of proteins on oil release in aqueous enzymatic extraction of rapeseed oil as affected hydrolysis state.*International Journal of Food Properties*, 21: 119-127.

Effect of Carboxymethyl Cellulose- *Lepidium sativum* seed gum Composite Coating with Hydrolyzed Protein of Rapeseed Meal on Physicochemical Properties and Amounts of Acrylamide in Chicken Nugget

Zahra Mirzapour[1], Peiman Ariaii*[2], Reza Safari [3], Mohammad Ahmadi [4]

[1]PhD student, Department of Food Science and Technology, Ayatolla Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
[2] Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ayatolla Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
[3] Caspian Sea Ecology Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Sari, Iran
[4] Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ayatolla Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

*Corresponding author: Email: p.aryaye@yahoo.com

Abstract:
In this study, the composite coating of carboxymethyl cellulose- *lepidium sativum* seed gum along with bioactive peptides from enzymatic hydrolysis of rapeseed meal, on the quality characteristics and acrylamide content of chicken nuggets were investigated. For this purpose, the degree of hydrolysis, protein recovery and amino acid of hydrolyzed rapeseed protein was determined using alcalase enzyme and then the effect of different concentrations of hydrolyzed protein (0.5 and 1%) with Carboxymethyl Cellulose- *Lepidium sativum* seed gum was studied on physicochemical properties, acrylamide values and sensory properties of nuggets. The results related to the properties of hydrolyzed protein showed that alcalase enzyme can produce hydrolyzed protein with higher degree of hydrolysis, protein content and protein recovery and also increasing the hydrolysis time had a positive effect on these properties ($P < 0.05$). Qualitative properties of nuggets showed that the addition of composite coating and hydrolyzed protein reduces oil absorption and increases moisture, coverage percentage and frying efficiency and softness of fried chicken nugget texture and also reduces the acrylamide ($P < 0.05$), all treatments were approved by sensory evaluators ($P < 0.05$). In general, it can be concluded from the present study that the use of composite coating with hydrolyzed rapeseed protein has a significant role in reducing the formation of acrylamide and improving the quality characteristics of fried nuggets.

Keywords: Carboxymethylcellulose, *Lepidium sativum*, Oil absorption, Rapeseed meal, Acrylamide