



بررسی محصولات سمی گلیکاسیون و ارتباط آنها با مقادیر ویتامینها، کارنوزین و ظرفیت آنتی اکسیدانتی تام در بافت عضلانی سه گونه ماهی قزل آلا، رنگین کمان، سوف سفید و سیم

فرزان مشهدی اکبر بوجار^{۱*}، کسرا یزدانی^۲، سعیده کشاورز زمانیان^۳

۱- گروه بهداشت و بیماریهای آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲- گروه بیماریهای داخلی دامهای بزرگ، دانشکده دامپزشکی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- گروه علوم سلولی و ملکولی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: mboojar@yahoo.com

خلاصه:

گلیکاسیون یک فرآیند غیر آنزیمی است که به طور طبیعی در تمام سلول ها وجود دارد و میزان و پیشرفت آن در موجودات مختلف متفاوت است. در این پدیده مونومرهای قندهای احیا کننده طبق یک واکنش شیمیایی به نام میلارد به گروه های آمینوی بیومولکول ها متصل می شوند. سپس طی یک دوره چند روزه به تولید آمادوری میانجامد و آنها نیز پس از تغییرات به تشکیل محصولات نهایی گلیکاسیون پیشرفته (AGEs) (advanced glycation end products) مانند متیل گلی اوکسال، پنتوزیدین و ۳-داکسی گلوکوزون منتهی میشود. گونه های اکسیژن واکنشی مانند رادیکال آنیون سوپراکسید تولید این مواد را افزایش میدهند. محصولات نهایی گلیکاسیون پیشرفته از نظر زیستی بسیار فعال و سمی هستند و هم افزایی آنها با محصولات سمی گلیکاسیون داخلی منجر به بیماریهای مختلف میشود. آنتی اکسیدان های موجود در مواد غذایی و کارنوزین تولید آنها را کاهش میدهند. گوشت ماهی بعنوان یکی از منابع غذایی پرارزش در بسیاری از رژیم های غذایی سالم جایگاه ویژه ای دارد. هدف از این مطالعه تعیین مقادیر سه نوع از مضر ترین محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته در بافت عضلانی (خوراکی) سه گونه ماهی مصرفی سوف سفید، قزل آلا، رنگین کمان و سیم، صید شده در مازندران است. است تا گونه مصرفی با کمترین مقدار از محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته مشخص شود.

سطح هر یک از عوامل (AGEs) و کارنوزین در بافت عضلانی پس از استخراج با دستگاه HPLC، ظرفیت تام آنتی اکسیدانتی و ویتامینها پس از واکنشهای مربوطه، هر یک با دستگاه اسپکترو فتو متر اندازه گیری شدند.

نتایج نشان دادند که مقدار پنتوزیدین در هر سه گونه ماهی کمتر از دو ماده (3-Dg) و متیل گلی اکسال بود. میانگین (AGEs) در ماهی قزل آلا از دو گونه دیگر بالا تر بود و بعد از آن به ترتیب ماهی سیم و سوف سفید قرار داشتند. توان تام آنتی اکسیدانتی، کارنوزین و ویتامینها خصوصاً پیریدوکسامین در ماهی سوف بالاتر از دو گونه دیگر بود و بعد از آن به ترتیب ماهی سیم و قزل آلا قرار داشتند. مقدار اسکوربیک اسید بین این سه گونه تفاوت معنی دار نداشت. نتیجه گیری آنکه سطح پائین محصولات سمی گلیکاسیون در ماهی سوف سفید منجر به دریافت کمتر و مصرف ماهی سیم و بعد از آن قزل آلا به دریافت بیشتر محصولات سمی گلیکاسیون منجر میشود. لذا مصرف ماهی سوف سفید از نظر سلامت غذایی نسبت به دو گونه دیگر برتری دارد.

کلمات کلیدی: محصولات نهایی گلیکاسیون پیشرفته، ویتامینها، کارنوزین، قزل آلا، سوف سفید، سیم



مقدمه:

گلیکاسیون پدیده ای است که طی آن در شرایط نرمال فیزیولوژیکی مونومرهای قندهای احیا کننده بدون کمک هیچ آنزیمی، طبق یک واکنش شیمیایی به نام واکنش میلارد به گروه های آمینوی بیومولکول ها متصل می شوند. گلیکاسیون نباید با گلیکوزیلاسیون که یک واکنش آنزیمی اتصال قند به پروتئین است اشتباه گرفته شود. از آن جایی که گلیکاسیون یک فرآیند غیر آنزیمی است، اساساً به طور طبیعی در تمام سلول ها وجود دارد و میزان و پیشرفت آن در موجودات مختلف متفاوت است. در عمل، یک قند با گروه عاملی آلدهید یا حتی یک آلدهید، به صورت غیرآنزیمی با گروه های تیول یا آمینو از یک پروتئین واکنش می دهد (Severin, et al. 2013). سپس طی یک دوره چند روزه به تولید محصولات کتوآمین یا آمادوری میانجامد. محصولات آمادوری دچار دهیدراسیون و بازآرایی می شوند و به دنبال آن واکنش های دیگری مانند حلقه زایی، اکسیداسیون و دهیدراسیون رخ می دهند که به تشکیل محصولات نهایی گلیکاسیون پیشرفته (AGEs) (advanced glycation end products) مانند متیل گلی اوکسال، پنتوزیدین، کربوکسی متیل لایزین و ۳-داکسی گلوکوزون میانجامد (Vistoli, et al. 2013).

توانایی قندها به منظور واکنش با گروه های آمینوی بیومولکول ها متفاوت است. به طور کلی، مولکول های قند کوچک (OXO - aldehyde) مانند گلوکز از قندهایی با اتم های کربن بیشتر واکنش پذیرتر می باشند. پذیرنده های مهم، اسید آمینه هایی مانند لیزین یا آرژنین یا گروه های آمینو بر روی نوکلئوپازها هستند. سرعت این واکنشها تحت انواعی از استرس ها به ویژه استرس اکسیداتیو و هیپرگلیسمی افزایش می یابد.

گونه های اکسیژن واکنشی (ROS) یک اصطلاح است که همه مولکول های بسیار واکنش پذیر و حاوی اکسیژن را شامل می شود. انواع ROS شامل رادیکال هیدروکسیل، رادیکال آنیون سوپراکسید، هیدروژن پر اکسید، رادیکال نیتریک اکساید و پراکسیدهای لیپیدهای متنوع می باشد. رادیکال های سوپراکسید و هیدروکسیل عمر کوتاهی دارند. همه انواع ROS قادر هستند با غشاهای لیپیدی، نوکلئیک اسیدها، پروتئین ها، آنزیم ها و مولکول های کوچک دیگر واکنش دهند، بنابراین منجر به آسیب سلولی می شوند. به دنبال استرس اکسیداتیو تعادل بین پرواکسیدان ها و آنتی اکسیدان ها به هم می خورد و به نفع پرواکسیدان ها تغییر می کند. آنتی اکسیدانها انواع متعددی از ترکیبات بیوشیمیایی را شامل می شوند. این ترکیبات برای پایان دادن به واکنش های زنجیره ای رادیکال های آزاد و جلوگیری از تشکیل رادیکال های ثانویه به طور غیر آنزیمی واکنش داده و از تخریب ملکولها جلوگیری میکنند. هر قدر توان آنتی اکسیدانتی بالاتر باشد تولید محصولات نهایی گلیکاسیون پیشرفته کمتر خواهد بود.

محصولات نهایی گلیکاسیون پیشرفته از نظر زیستی بسیار فعال هستند و می توانند با پروتئین ها و اسیدهای نوکلئیک از جمله DNA واکنش دهند و پیوندهای متقاطع تولید کنند که ساختمان و عملکرد طبیعی آنها را تغییر می دهند. نمونه ای از این تغییر در ساختمان آنزیمها است که راندمان کاتالیزی آنها را به طور قابل توجهی میکاهد. گلیکاسیون و محصولات سمی آن می تواند عملکرد طبیعی سلولی و بافتی را مختل کند و در ایجاد شرایط پاتولوژیک مختلف نقش داشته باشد.



دریافت این ترکیبات سمی از طریق غذا و هم افزائی آنها با محصولات سمی گلیکاسیون داخلی منجر به بیماریهای مختلف میشود. از بیماریهای مهم از جمله، اول از همه، دیابت و نفروپاتی دیابتی، میکروآنژیوپاتی، و افزایش سفتی عروق و بدنبال آن تصلب شرایین، فشار خون، الزایمر، سندرم تخمدان پلی کیستیک و حتی انواع سرطانها با محصولات سمی گلیکاسیون مرتبط است. اثر دیگر گلیکاسیون کاهش ترمیم پذیری، پیری و التهاب و یا تشدید آنها است (Uchiki, et al. 2012).

نشان داده شده است که آنتی اکسیدان های موجود در مواد غذایی مانند اسید آسکوربیک (ویتامین C)، توکوفرول (ویتامین E) بسیار مهم هستند. ویتامین C به عنوان مهم ترین آنتی اکسیدان محلول در آب و مایعات خارج سلولی است که قادر به خنثی کردن ROS در محیط مایع (فاز آبی)، قبل از این که پراکسیداسیون لیپید آغاز شود، می باشد. ویتامین در کاهش تاثیر گلیکاسیون هم دخالت دارند. چندین ویتامین، از جمله C و B6 (پیریدوکسامین)، به کاهش محصولات نهایی گلیکاسیون پیشرفته (AGEs) یا اثرات منفی آنها کمک می کنند. ویتامین C می تواند سطح AGEs را در بدن کاهش دهند، در حالی که پیریدوکسامین، نوعی ویتامین B6، می تواند تشکیل AGEs را مهار کند (Rabizadeh, et al 2023). ماده دیگری که سطح AGEs را در بدن کاهش میدهد کارنوزین است. کارنوزین یک دی پپتید درون زاست که از بتا-آلانین و ال-هیستیدین تشکیل شده است. علاوه بر این، کارنوزین یک عامل ضد پیوند عرضی در ماکرو ملکولها است و کارنوزین کاربردهای بالینی دارد (Michael, et al. 2018).

غذاهای با منبع حیوانی که چربی و پروتئین نسبتاً بالایی دارند، عموماً میتوانند دارای محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته باشند و در طول پخت و پز مستعد تشکیل مقدار بیشتری از این محصولات باشند. گوشت ماهی یکی از منابع غذایی پرارزش و غنی از پروتئین، اسیدهای چرب مفید و ویتامینهای مختلف است. در بسیاری از رژیمهای غذایی سالم جایگاه ویژه ای دارد و مصرف آن برای گروههای مختلف سنی توصیه می شود. پروتئین ماهی حاوی اسیدهای آمینه ضروری با کیفیت برابر با پروتئین گوشت قرمز بوده ضمن اینکه در مقایسه با گوشت قرمز دارای اسیدهای چرب غیر اشباع فراوان و مفید می باشد. وجود مواد معدنی و ویتامینها در ماهی به بهبود عملکرد سیستم ایمنی بدن کمک کرده و بدن را در برابر عفونتها مقاوم تر می سازد. سرانه مصرف ماهی در ایران حدود ۱۰۶ کیلوگرم در سال است و سلامت ماهیان تأثیر مستقیم بر موفقیت در صنعت پرورش ماهی داشته و بدنبال آن اثر مفیدتری بر جنبه های تغذیه ای آن در انسان دارد. در سالهای اخیر، صنعت پرورش قزل آلا در ایران رشد قابل توجهی داشته است و سهم قابل توجه در سبد غذای اهلیان مردم ایران دارد. قزل آلا (رنگین کمان) (*Oncorhynchus mykiss*) یک ماهی آب شیرین از خانواده آزاد ماهیان است که به دلیل رنگهای زیبا و طعم لذیذش معروف است. پرورش ماهی سوف سفید (*Sander lucioperca*) در ایران، به ویژه در سالهای اخیر، مورد توجه قرار گرفته است. این ماهی بومی دریای خزر است و به دلیل رشد سریع و کیفیت گوشت مطلوب، پتانسیل بالایی برای پرورش دارد. ماهی سوف فقط دارای ارزش غذایی بالا نبوده بلکه طعمی لذیذ و تازه نیز دارد. پرورش ماهی سیم (*Abramis brama*) در ایران، به ویژه در استان گیلان و به صورت محدود در برخی استانها به منظور بازسازی ذخایر این ماهی در دریای خزر و همچنین تولید گوشت، انجام می شود.



همانطور که قبلاً بیان شد محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته در تمام آبزیان وجود دارند هر چند انتقال مواد سمی از مواد غذایی دریایی، نسبت به مواد دیگر غذایی کمتر است ولی افزایش آنها در حین پخت خصوصاً سرخ شدن بعد از ورود به بدن انسان و هم افزائی میتواند به افزایش ریسک ابتلا به بیماریها و کاهش توانمندی زیستی در مصرف کنندگان منجر شود.

هدف از این مطالعه تعیین مقادیر سه نوع از مضر ترین محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته در بافت عضلانی (خوراکی) سه گونه ماهی مصرفی است تا گونه مصرفی با کمترین مقدار از محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته مشخص و برای مصرف از جهت دریافت کمتر این محصولات سمی توسط مصرف کنندگان توصیه گردد. همچنین به نقش توان آنتی اکسیدانته، ویتامینها، کارنوزین و ارتباط آن با سطح محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته توجه شده است.

مواد و روشها:

مواد: محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته مورد مطالعه شامل متیل گلای اوکسال، پنتوزیدین و ۳-داکسی گلوکوزون با خلوص ۹۸ درصد از شرکت سیگما و سایر مواد از درجه آزمایشگاهی از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. استونیتریل، متانول و آب (grade , HPLC) بودند.

نمونه های ماهی: چهار نمونه ماهی نر در یک محدوده سنی به وزن تقریبی پانصد گرم به ترتیب، قزل آلا، رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، سوف سفید (*Sander lucioperca*) و سیم (*Abramis brama*) از محل عرضه در استان مازندران تازه تهیه شدند و بلافاصله بخش عضلانی آنها جدا و در هوای مایع تا زمان عصاره گیری نگهداری شدند.

عصاره گیری: هر نمونه گوشت ماهی (۱۰ گرم) با استفاده از ۴۰ میلی لیتر محلول کلروفرم/متانول (۲:۱، حجمی/حجمی) چربی زدایی شد و سپس به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ 2500 دور بر دقیقه انجام گرفت و در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شد. نمونه های چربی زدایی شده در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد کاملاً خشک شدند و با ۸ میلی لیتر بافر سدیم بورات (۰.۲ مولار، pH ۹) و ۴ میلی لیتر سدیم بوروهیدرید (۱ مولار در ۰.۱ مولار NaOH) به مدت ۴ ساعت در دمای اتاق اقرار گرفتند. هیدرولیزات (۵۰ لیتر) با ۲۰۰ لیتر معرف مشتق سازی ارتوفتالدئید (OPA) مخلوط شد و ۵ دقیقه قبل از آنالیز HPLC واکنش داده شد (Gengjun, et al. 2015).

سنجش میزان پنتوزیدین: ۲۰ میکرولیتر از عصاره به دستگاه HPLC با فاز معکوس دارای ستون C₁₈ تزریق شده و با محلول ۰/۱ درصد تری فلورو استیک اسید به همراه استونیتریل با شیب غلظت ۸۷٪ از استونیتریل به مدت ۸۰ دقیقه شستشو شد. پیک پنتوزیدین بر اساس استاندارد آن توسط دتکتور فلورسنس مورد سنجش قرار گرفت و مقدار آن بر حسب نانومول بر گرم بافت گزارش گردید (Dyer et al, 1991).



سنجش میزان متیل گلی اکسال: نمونه به سیستم HPLC-FLD (Flourimetric detector) تزریق و جداسازی گلی اکسال توسط سه فاز متحرک انجام گشت. B,A و C که به ترتیب شامل آب، استونیتریل و استیک اسید می باشد. برای تشخیص فلوریمتریک، طول موج برانگیختگی و نشر در ۳۴۴ و ۴۲۰ نانومتر به ترتیب تنظیم گردید (Ojeda et al, 2014).

۳-دئوکسی گلوکوزون (3-Dg): سنجش توسط آنزیم ۳-دئوکسی گلوکوزون دهیدروژناز: برای سنجش فعالیت ۳-DGDH، آماده سازی آنزیم (۵۰ میکرولیتر) در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد در مخلوط واکنش (۱۵۰ میکرولیتر) حاوی ۲۵ میلی مولار هپس، pH ۷.۰، ۱ میلی مولار دی تیوتریتول، ۵ میلی مولار NAD انکوبه شد. پس از زمان های مناسب (۱۵ تا ۱۲۰ دقیقه)، ۵۰ میکرولیتر اسید پرکلریک اضافه شد و سپس سانتریفیوژ شد. محلول رویی با K_2CO_3 خنثی شد. فعالیت ۳-DGDH در ۳۴۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر بکمن تعیین شد (François, et al. 2007).

تعیین ظرفیت آنتی اکسیدانی تام: ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه بافت ماهی با استفاده از DPPH به عنوان رادیکال آزاد (۲،۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل) ارزیابی شد (Brand-William, et al. 1995).

نتایج و بحث:

میانگین مقدار هر یک از سه محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته در بافت عضلانی هر یک از ماهی های مورد مطالعه در جدول ۱ مشاهده میشوند. مقدار پنتوزیدین در هر سه گونه ماهی کمتر از دو ماده (3-Dg) و متیل گلی اکسال بود. این ماده در ماهی قزل آلا از دو گونه دیگر بالا تر بود و بعد از آن به ترتیب ماهی سیم و سوف سفید قرار داشتند. در سوف سفید، پنتوزیدین به حدود نصف آن در قزل آلا رسید. در مرتبه بعد متیل گلی اکسال قرار داشت که در ماهی قزل آلا بالا تر از دو گونه دیگر بود. بعد از آن به ترتیب ماهی سیم و سوف سفید قرار داشتند. در سوف سفید این ماده به حدود ۳۰ درصد ماهی قزل آلا رسید. مقدار ۳-دئوکسی گلوکوزون در ماهی سیم و قزل آلا بالا تر از سوف سفید بود ولی بین ماهی سیم و قزل آلا تفاوت معنی دار نبود.

جدول ۲ میانگین مقدار هر یک از سه محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته در بافت عضلانی هر یک از ماهی های مورد مطالعه را نشان میدهد. توان تام آنتی اکسیدانی که بصورت درصد مهار رادیکال DPPH بیان شده است در ماهی سوف بالاتر از دو گونه دیگر بود و بعد از آن به ترتیب ماهی سیم و قزل آلا قرار داشتند. این امر با زیاد بودن محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته در قزل آلا مرتبط است و نتایج تحقیقات (Hua. Et al, 2024) هم این ارتباط را تأیید کرده است. ماده دیگری که افزایش آن میتواند منجر به کاهش محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته شود کارنوزین است و تحقیقات نشان داده شده که کارنوزین مانع از تشکیل کربونیل های پروتئین و پیوندهای عرضی ناشی از قندهای احیاکننده و سایر آلدئیدهای واکنش پذیر می شود (Hipkiss, et al. 2000). این واقعیت در نتایج مطالعه حاضر تأیید شد و مقدار کارنوزین بالا در سوف منجر به کاهش محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته شده



است. بررسیهای متعدد از جمله (Rabizadeh, et al 2023) نشان داده که افزایش ویتامینهای اسکوربیک اسید و پیریدوکسامین منجر به کاهش محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته میشوند. نتایج ما هم حاکی از بالا بودن ایندو ویتامین در ماهی سوف سفید نسبت به ماهی سیم و قزل آلا بود. پیریدوکسامین در این ماهی تا دو برابر رسید. ولی مقدار اسکوربیک اسید بین این سه گونه تفاوت معنی دار نداشت.

نتیجه گیری: مقدار کارنوزین و توان تام انتی اکسیدانتی بالا و از طرف دیگر ویتامین پیریدوکسامین بیشتر در ماهی سوف سفید منجر به تولید کمتر محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته و بر عکس آن منجر به تولید بیشتر این ترکیبات سمی خصوصا متیل گلای اوکسال بیشتر در دو گونه ماهی به ترتیب سیم و قزل آلا شده است. مقدار تام محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته در هیچ گونه ماهی مورد مطالعه بالاتر از حد مجاز استاندارد نبود ولی سطح پائین محصولات سمی گلیکاسیون در ماهی سوف سفید منجر به دریافت کمتر و مصرف ماهی سیم و بعد از آن قزل آلا به دریافت بیشتر محصولات سمی گلیکاسیون منجر میشود.



جدول ۱: میانگین مقدار هر یک از سه محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته در بافت عضلانی هر یک از ماهی های مورد مطالعه.

سیم	سوف سفید	قزل آرای رنگین کمان	محصولات سمی گلیکاسیون پیشرفته
119.4 ± 11.2	75.3 ± 6.3	166.8 ± 13.1	پنتوزیدین (نانومول بر گرم بافت)
53.7 ± 6.2	24.4 ± 3.5	72.2 ± 7.5	میزان متیل گلی اکسال (میکرومول بر گرم بافت)
17.7 ± 2.7	10.4 ± 2.0	15.9 ± 2.4	۳-دئوکسی گلوکوزون (میکرومول بر گرم بافت)

جدول ۲: میانگین مقدار هر یک از ترکیبات آنتی گلیکاسیون در بافت عضلانی هر یک از ماهی های مورد مطالعه.

کارنوزین ($\mu\text{gr}/\text{kgr}$)	ظرفیت تام آنتی اکسیدانته (% DPPH)	آسکوربیک اسید (mgr/kg)	پیریدوکسامین (mgr/kg)	گونه ماهی
57.15 ± 5.31	34.70 ± 3.11	12.23 ± 1.46	3.19 ± 0.46	قزل آرای رنگین کمان
105.20 ± 8.81	57.43 ± 4.43	15.35 ± 2.67	8.38 ± 0.70	سوف سفید
73.60 ± 6.64	10.45 ± 1.70	10.40 ± 1.71	4.76 ± 0.51	سیم



9th National Conference on

Innovation in Agriculture, Animal Sciences and Veterinary Medicine

نهمین کنفرانس ملی
نوآوری در کشاورزی،
علوم دامی و دامپزشکی

References:

Dyer, D.G., Blackledge, J.A., Thorpe, S.R. and Baynes, J.W., 1991. Formation of pentosidine during nonenzymatic browning of proteins by glucose. Identification of glucose and other carbohydrates as possible precursors of pentosidine in vivo. *Journal of Biological Chemistry*, 266(18), pp.11654-11660.

Faezeh Arasteh, Mohsen Barzegar, Hassan Ahmadi Gavlighi. Potential inhibitory effect of fish, maize, and whey protein hydrolysates on advanced glycation end-products (AGEs). *Food Sci Nutr*. 2023 Feb 28;11(6):3075–3082.

François Collard, Didier Vertommen, Juliette Fortpied, Gregg Duester, and Emile Van Schaftingen. Identification of 3-deoxyglucosone dehydrogenase as aldehyde dehydrogenase 1A1 (Retinaldehyde dehydrogenase 1). *Biochimie*. 2007 Mar; 89(3): 369–373.

Gengjun Chen, J. Scott Smith. Determination of advanced glycation endproducts in cooked meat products. *Food Chemistry*. 2015. 168: 190-195.

Hipkiss AR, Brownson C (2000) A possible new role for the antiageing peptide carnosine. *Cell Mol Life Sci* 57:747–753.

Hua Li, Yali Ping, Keshavan Niranjana, Qingfeng Wu, Zhenzhen Chen. Structure, antioxidant properties and AGEs (advanced glycation end products) formation of modified wheat gluten protein after enzymatic hydrolysis and Maillard reaction. *Journal of Food Composition and Analysis*. Volume 136, December 2024, 106795.

Michael A Freund, Bingcan Chen, Eric A Decker. The Inhibition of Advanced Glycation End Products by Carnosine and Other Natural Dipeptides to Reduce Diabetic and Age-Related Complications. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*. 2018 Sep;17(5):1367-1378.

Ojeda, A.G., Wrobel, K., Escobosa, A.R.C., Garay-Sevilla, M.E. and Wrobel, K., 2014. High-performance liquid chromatography determination of glyoxal, methylglyoxal, and diacetyl in urine using 4-methoxy-o-phenylenediamine as derivatizing reagent. *Analytical biochemistry*, 449, pp.52-58.

Rabizadeh Soghra, Firouzeh Heidari, Reza Karimi, Armin Rajab .Vitamin C supplementation lowers advanced glycation end products (AGEs) and malondialdehyde (MDA) in patients with type 2 diabetes: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial . *Food Sci Nutr*. 2023 Jun 30;11(10):5967–5977.

Severin, F.F.; Feniouk, B.A.; Skulachev, V.P. Advanced glycation of cellular proteins as a possible basic component of the “master biological clock”. *Biochemistry (Mosc.)* 2013, 78, 1043–1047.

Uchiki, T.; Weikel, K.A.; Jiao, W.; Shang, F.; Caceres, A.; Pawlak, D.; Handa, J.T.; Brownlee, M.; Nagaraj, R.; Taylor, A. Glycation-altered proteolysis as a pathobiologic mechanism that links dietary glycemic index, aging, and age-related disease (in nondiabetics). *Aging Cell*, 2012, 11, 1–13.

Vistoli, G.; de Maddis, D.; Cipak, A.; Zarkovic, N.; Carini, M.; Aldini, G. Advanced glycoxidation and lipoxidation end products (AGEs and ALEs): An overview of their mechanisms of formation. *Free Radic. Res*. 2013, 47 (Suppl. 1), 3–27.



Evaluation of glycotxines and their contribution to the level of vitamins, carnosine and total antioxidant capacity in muscle tissues of three fish species, *Oncorhynchus mykiss*, *Sander lucioperca* and *Abramis brama* from Mazandaran state

Farzan Mashhadi Akbar Boojar^{*1}. Kasra Yazdani². Saeede Keshavarz Zamanian³

1. Group of Marine Health and Diseases, Faculty of Veterinary, Shiraz University, Shiraz, Iran.
2. Group of Internal diseases of large livestock, Faculty of Veterinary, The Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.
3. Department of cell and molecular biology, Faculty of science, kharazmi University, Karaj, Iran.

Advanced glycation end products (AGEs), also known as glycotoxins, are created through a nonenzymatic reaction between reducing sugars and free amino groups of proteins, lipids, or nucleic acids. This reaction is also known as the Maillard or browning reaction. The formation of AGEs is a part of normal metabolism, but if excessively high levels of AGEs are reached in tissues and the circulation they can become pathogenic. Excessive consumption of these compounds may contribute to metabolic chronic diseases. Among the better-studied and stable forms of AGEs are methyl-glyoxal (MG), pentosidine and 3-deoxyglucosone (3-dg). The fact that a wide variety of foods and modern diet are large sources of AGEs is well-documented. Oxidative stress and reactive oxygen species (ROS) accelerates the production of AGEs. On this basis, antioxidants including ascorbic acid and pyridoxamine can reduce the formation and damages of AGEs.

Fish is a globally significant foodstuff, valued for its high-quality protein and rich nutrient profile and is consumed in large scale and various forms and preparations in Iran and around the world. The aim of our study was to evaluate AGEs and their contribution to the level of vitamins, carnosine and total antioxidant capacity in muscle tissues of three fish species, *Oncorhynchus mykiss*, *Sander lucioperca* and *Abramis brama* from Mazandaran state.

After extraction, the levels of each of AGEs and carnosine in muscle tissue were evaluated by HPLC. Total antioxidant capacity (TAC) assayed as %inhibition of DPPH and vitamins assayed by spectroscopy after their specific reactions.

The results showed that pentosidine was lower than MG and 3-dg in three species. Mean level of total AGEs was higher in *Oncorhynchus mykiss*, *Abramis brama* and *Sander lucioperca* respectively. On the contrary, TAC, carnosine and vitamins (particularly, pyridoxamine) was grater in *Sander lucioperca* with respect to two other species. There were insignificant difference of ascorbic acid levels among three species. In conclusion; low levels of studied AGEs in *Sander lucioperca* leads to lower intake and consumption of *Abramis brama* and then *Oncorhynchus*



mykiss causes higher intake of advanced glycation end products. Thus, from health nutrition aspect, the consumption of *Sander lucioperca* recommended with respect to two other species.

Key words: advanced glycation end products, vitamins, carnosine, *Oncorhynchus mykiss*, *Sander lucioperca*, *Abramis brama*