

# تأثیر کیتوزان روی شکل‌گیری ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین در فیله فیل ماهی (Huso huso) سرخ شده

حجت میرصادقی<sup>1\*</sup>، علیرضا عالیشاهی<sup>2</sup>، مهدی اجاق<sup>2</sup> و پرستو پورعاشوری<sup>2</sup>

1- دانشجوی دکتری شیلات، گروه فرآوری محصولات شیلاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

2- گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ پذیرش: 1397/11/23

تاریخ دریافت: 1397/09/21

## چکیده

هدف از این تحقیق استفاده از تأثیر کیتوزان روی شکل‌گیری ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین (HAAs) در فیله فیل ماهی (Huso huso) سرخ شده به منظور جلوگیری از تشکیل ترکیبات مضر بعد از پخت بود. استفاده از افزودنی طبیعی مانند کیتوزان محلول در اسید (1 و 0/5) درصد در محتوی رطوبت، pH و تغییرات وزنی طی پخت (سرخ شده) اثر معنی‌داری داشت ( $p \leq 0/05$ ). در فیله سرخ شده مقدار HAAs از جمله PhIP (Nd - 0/83 نانوگرم در گرم)، IQ (Nd - 0/50 نانوگرم در گرم)، MeIQ (0/71 - 0/82 نانوگرم در گرم) و MeIQx (Nd - 0/90 نانوگرم در گرم) شناسایی شدند. میزان کل HAAs بین 0/82 نانوگرم در گرم تا 2/57 نانوگرم در گرم بود. میزان بازدارندگی کیتوزان محلول در اسید در شکل‌گیری این ترکیبات هتروسایکلیک در فیله سرخ شده فیل ماهی بین 37/35 تا 68/09 درصد بود. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که کیتوزان محلول در اسید می‌تواند از تولید ترکیبات مضر و جهش‌زا حاصل از پخت ممانعت نماید.

**واژه های کلیدی:** کیتوزان، فیله فیل ماهی، هتروسایکلیک آروماتیک آمین، تغییرات وزنی طی پخت

## 1- مقدمه

ماهی منبع غنی از اسیدهای چرب غیراشباع امگا-3، خصوصاً دوکوزا هگزانوئیک اسید (DHA)، اکوزا پنتانوئیک اسید (EPA) و فسفاتیدیل کولین می باشد همچنین دارای پروتئین با اسید آمینه های ضروری (متیونین، تریپتوفان، لیزین، آرژنین)، ویتامین (A، D، B) و مواد معدنی (کلسیم، فسفر، آهن، منیزیم، منگنز، پتاسیم، مس و روی) می باشد که امروزه مصرف آن رو به افزایش است. وجود هرگونه عدم تعادل در مراحل آماده سازی و فرآوری و طبخ ماهی منجر به تغییرات بدون بازگشت می شود، تغییراتی که می تواند بر کیفیت خوراکی و درجه مقبولیت محصول عرضه شده اثرات فراوان داشته و ارزش اقتصادی و غذایی آن را کاهش دهد. به همین جهت کنترل این تغییرات (حفظ خواص کاری پروتئین های ماهی) در جهت حفظ و بهبود کیفیت محصول از جمله نکاتی است که باید همواره مورد توجه تولیدکنندگان و مصرف کنندگان قرار داشته باشد (23، 27، 29). طبخ غذا با دمای بالا و مدت کوتاه و برعکس، منجر به تولید ترکیبات جانبی حاصل از واکنش های قهوه ای شدن که باعث ایجاد مواد شیمیایی با وزن مولکولی پایین مانند هتروسایکلیک آروماتیک آمین ها (HAAS) می شوند. این ترکیبات در حالت سرخ شده و کبابی بیشتر خود را نشان می دهند (9، 26). هتروسایکلیک آروماتیک آمین ها (HAAS) جهش زا و سرطانی بوده که باعث ایجاد تومورهایی در کبد، پانکراس، روده بزرگ و کوچک، پوست و ریه می گردند (26، 32). این ترکیبات طی پخت در غذاهای پروتئینی به ویژه گوشت قرمز، مرغ و ماهی در دمای بالای 150 درجه سانتی گراد تشکیل می شوند. جهش زایی آنها 100 برابر آفلاتوکسین و 2000 برابر بنزوپیریندر مواد غذایی می باشد (19) آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (1993) بیش از 25 نوع از ترکیبات مهم هتروسایکلیک آروماتیک آمین که عامل جهش در سلول های انسان هستند را در مواد پروتئینی پخته شده شناسایی کرد که رایج ترین آنها در پروتئین حیوانی پخته شده نمونه های زیر می باشند:

(IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, PhIP, 4,8- DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, 4,7,8-Tri DiMeIQx, AaC, MeAaC, TrP-P-1) تنوع و کیفیت این ترکیبات به فاکتورهایی مانند نوع و وزن گوشت، روش و دمای پخت بستگی دارد (24). غلظت HAAS تحت تاثیر عواملی از جمله: فعالیت آبی، pH، کراتین، آمینواسیدهای آزاد، چربی، اکسیداسیون چربی، کربوهیدراتو مواد آنتی اکسیدانی تغییر می نماید (21، 24) به ترکیبات مهم هتروسایکلیک آروماتیک آمین در ماهی طبخ شده به موارد زیر اشاره نمودند (29).

IQ (2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinolone)

IQx (2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoxaline)

MeIQ (2-amino-3,4-dimethylimidazo [4,5-f]quinolone)

MeIQx (2-amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f] quinoxaline)

PhIP (2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b] pyridine)

برای حفظ خواص حسی و تغذیه ای ماهی از روش نگه داری مانند کنترل درجه حرارت و کاهش آن، کنترل در محل فرآوری، بسته بندی تحت خلاء، بسته بندی در اتمسفر اصلاح شده و همچنین افزودن آنتی اکسیدان اشاره نمود. تحقیقات نشان داده که استفاده از افزودنی به شکل مصنوعی (BHT، BHA) بوتیلیت هیدروکسی آنی زول، (BHT) بوتیلیت هیدروکسی تولوئن، (PG) پروپیل گالات، (TBHQ) ترت بوتیل هیدرو کوبین {افزودنی های طبیعی (ترکیبات کارتوتنئیدی و پلی فنولیکی (رزماری، زنجبیل، چای، سیر، فلفل، پیاز، گوجه فرنگی، جعفری، هویج، ادویه جات، الیگوساکاریدها و ترشی جات)، برخی ویتامین های محلول در آب و چربی (B,C,E)، آلفا توکوفرول، اینولین (روغن زیتون) و ترکیبات بیوپلیمری (کیتوزان) با خواص ضد اکسیداسیونی و ضد میکروبی علاوه بر خواص نگه دارندگی، برای مهار HAAS در گوشت و محصولات گوشتی مناسب هستند و در کاهش شکل گیری HAAS تاثیر قابل قبولی دارند (6، 7، 11، 15، 22، 24، 36). کیتوزان یک پلی ساکارید طبیعی حاصل از استیل زدایی کیتین، دومین پلیمر فراوان طبیعت پس از سلولز، می باشد که به صورت یک زیست-پلیمر خطی از واحدهای بتا-(1و4)-ان-استیل-دی-گلوکز آمین و بتا-(1و4)-دی-گلوکز آمین تشکیل

f]quinolone), MeIQx (2-amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f] quinoxaline), PhIP (2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b] pyridine)

از سانتاکروز بیوتکنولوژی (TX 75220-10410) توسط شرکت آریا کیمیا گستر جهان خریداری گردید.

## 2-1-2- مواد و دستگاه‌های غیر مصرفی مورد استفاده در تحقیق

ترازو با دقت 0.001g (Testo 206 pH2, Germany)، دستگاه اسپکتروفتومتر (JENWAY 6100, England)، دستگاه هموژنایزر (IKA Ultra trux, Germany)، دستگاه سانتریفوژ (GmbH Z206A)، شیکر (Labo shake, Gerhardt)، انکوباتور (Binder 7200, Germany)، اتوکلاو (ریحان طب، ایران)، آون (WTI brinder 7200, Germany)، هیتر (Lab line 2093, USA)، ترمومتر، یخچال (همیالیا، f 305، ایران)، قابلمه (تفلون، ایران)، سمپلر، بوتنه چینی، هاون چینی، غربال، ظرف و چاقوی استیل، شعله (چراغ گازسوز)، پنس گیره‌دار، شیشه‌آلات آزمایشگاهی. دستگاه (HPLC-) (UV) کروماتوگرافی مایع با اشعه یووی (Agilent 1260 Series, USA).

## 2-2- روش

2-2-1- آماده‌سازی فیله فیل ماهی (*Huso huso*)  
فیل ماهی نر با وزن 5 کیلوگرم از شرکت آبری گستران ساعی در شهرستان ساری خریداری گردید. بعد از جداسازی سر و شکم، با آب بهداشتی شسته شد. نمونه در جعبه حاوی یخ به نسبت (2:1) قرار داده شده و در کوتاه‌ترین زمان به آزمایشگاه فرآوری آبزیان واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل گردید. ماهی در محیطی کاملاً بهداشتی به روش دستی فیله شد. در این تحقیق نمونه‌ها از قسمت پشتی (حدفاصل باله شکمی و باله سینه‌ای) انتخاب گردید. سپس نمونه‌ها به وزن 1000 گرم به صورت تصادفی به 6 تیمار تقسیم می‌گردند.

T<sub>1</sub> (شاهد خام بدون افزودن کیتوزان)، T<sub>2</sub> (شاهد سرخ شده بدون افزودن کیتوزان)، T<sub>3</sub> (نمونه خام حاوی 0/5 درصد کیتوزان محلول در اسید)، T<sub>4</sub> (نمونه حاوی 0/5 درصد کیتوزان محلول در اسید برای طبخ به روش سرخ

شده است (25). کیتوزان از کیتین موجود در اسکلت خارجی بندپایانی مانند حشرات، سخت‌پوستانی مانند خرچنگ‌ها، میگوها و لابسترها و نیز دیواره سلولی نوع خاصی از جلبک‌ها تولید می‌شود. کاربرد کیتوزان در صنایع غذایی به‌ویژه به علل زیست‌سازگاری بالا، غیرسمی بودن، تجزیه‌پذیری زیستی و بی‌طعم بودن به عنوان یک عامل عایق، جاذب سطحی، شفاف‌کننده و فیبر رژیمی رو به افزایش است (16). سازمان FDA (غذا و داروی آمریکا) در سال 2001 طی پیشنهاد شرکت پریمکس (1997) برای استفاده عمومی از کیتوزان در مواد غذایی، کیتوزان را تایید نمود. همچنین در ژاپن، ایتالیا، فنلاند و کره نیز از کیتوزان به عنوان افزودنی خوراکی استفاده می‌شود. در این کشورها، کیتوزان به خاطر اتصال به چربی، اغلب برای تهیه غذاهای رژیمی با کالری پایین استفاده می‌شود. به‌طور کلی استفاده از کیتوزان به عنوان نگهدارنده در مطالعات مختلف مورد توجه قرار گرفته است درحالی‌که توجه به قدرت مهار ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین در ماهی طبخ شده مطالعه نشده است. لذا تحقیق حاضر به مطالعه اثر کیتوزان محلول در اسید افزوده شده روی فیله خام فیل ماهی پرورشی، به عنوان یک ماده مهارکننده ترکیبات مضر عامل سرطان (HAAs) شکل گرفته در ماهی سرخ شده پرداخته شد.

## 2- مواد و روش

### 2-1- مواد

#### 2-1-1- مواد مصرفی مورد استفاده در تحقیق

فیل ماهی، کیتوزان محلول در اسید، استونیل، سود، متانل، آب مقطر، نشاسته، تیوسولفاتسدیم، 1- بوتانول به حجم رسانده شد. اتیل استات، اسید کلریدریک، اسیداستیک، یخ، کاغذ صافی واتمن شماره 3، یونولیت، دستکش استریل، فویل استریل، پنبه، مواد ضدعفونی‌کننده، ظروف بسته‌بندی (پلی اتیلنی) تمام مواد مصرفی دارای درجه آزمایشگاهی بوده و از شرکت‌های مرک، تیتراکو دکتر مجلی تهیه گردیدند. استانداردهای ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین (HAAs) شامل: IQ (2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinolone), MeIQ (2-amino-3,4-dimethylimidazo[4,5-

## 2-2-2-3- اندازه گیری پروتئین

اندازه گیری پروتئین به روش کجدا انجام شد. مقدار یک گرم نمونه دقیقاً توزین و در بالن هضم ریخته شد. سپس 20 میلی لیتر اسیدسولفوریک غلیظ و 8 گرم از مخلوط کاتالیزور (96 درصد سولفات سدیم خشک، 3/5 درصد سولفات مس و 0/5 درصد دی اکسید سلنیوم) به آن افزوده گردید و بالن در دستگاه مخصوص هضم کلدال قرار داده شد و حرارت دهی آغاز گردید. پس از سرد شدن، بالن در دستگاه تقطیر قرار داده شد. عمل تقطیر برای هر نمونه حدود 5 دقیقه به طول انجامید. پس از آن محلول به وسیله اسید هیدروکلریک 0/1 نرمال خنثی گردید (1). مقدار درصد ازت و مقدار درصد پروتئین از رابطه زیر محاسبه گردید.

وزن نمونه / 100 \* (حجم تیرات مصرفی نمونه - حجم تیرات مصرفی شاهد) \* 8 / نرمالیه تیرات \* 1/4007 = میزان ازت (درصد)

6/25 \* درصد ازت = میزان پروتئین (درصد)

## 2-2-2-4- اندازه گیری pH

5 گرم از نمونه ماهی هموزن شده و با 10 میلی لیتر آب مقطر مخلوط گردید و در نهایت pH نمونه با دستگاه pH متر که در pH 4 و 7 استاندارد شده بود، اندازه گیری شد (27).

## 2-2-3- فاکتورهای حاصل از پخت و پز

## 2-2-3-1- تغییرات وزنی طی سرخ شدن

(Cooking loss) به روش (3، 20) محاسبه گردید.

$$\text{Cooking loss (\%)} = [(B-C)/B] * 100$$

B = وزن نمونه بعد از 12 ساعت در دمای 4 درجه سانتی گراد

بعد از افزودنی (gr)

C = وزن نمونه پخته 4 ساعت بعد از سرد شدن در دمای اتاق

(gr)

## 2-2-3-2- بازده نمونه سرخ شده

(Cooking yield) به روش (20) محاسبه گردید.

$$\text{Cooking yield (\%)} = (C/A) / * 100$$

A = وزن نمونه بدون افزودنی (gr) و C = وزن نمونه پخته 4

ساعت بعد از سرد شدن در دمای اتاق (gr)

کردن)، T<sub>5</sub> (نمونه خام حاوی 1 درصد کیتوزان محلول در اسید) و T<sub>6</sub> (نمونه حاوی 1 درصد کیتوزان محلول در اسید برای طبخ به روش سرخ کردن) لازم به ذکر است که نمونه های (T<sub>1</sub>، T<sub>2</sub>، T<sub>3</sub>، T<sub>4</sub> و T<sub>6</sub>) در کیتوزان محلول در اسید غوطه ور شده و به مدت 12 ساعت در یخچال با دمای 4 ± 1 درجه سانتی گراد نگهداری شد (24). نمونه های T<sub>2</sub>، 4 و T<sub>6</sub> در ظرف تفلون حاوی روغن مایع سرخ شده و سپس در دمای اتاق سرد گردید. وزن نمونه ها قبل و بعد از غوطه وری در کیتوزان و بعد از پخت، و اندازه نمونه ها قبل و بعد از پخت برای تعیین فاکتورهای پخت و پز اندازه گیری شدند. نمونه های طبخ شده برای آنالیز ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین (HAAs) به وسیله میکسر برقی هموزن گردیده و در دمای منفی 18 درجه سانتی گراد نگهداری شد.

## 2-2-2- آنالیز تقریبی فیله ماهی (Huso huso)

## 2-2-2-1- اندازه گیری رطوبت

5 گرم از هر تیمار قبل از خشک شدن وزن شده و داخل آون با دمای 2 ± 103 درجه سانتی گراد قرار گرفت پس از سرد شدن مجدداً وزن گردید و میزان رطوبت با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (1).

وزن اولیه نمونه / 100 \* (وزن ثانویه نمونه - وزن اولیه نمونه) = میزان رطوبت (درصد)

## 2-2-2-2- اندازه گیری چربی

چربی کل به روش سوکسله اندازه گیری شد. نمونه ها در بالن مخصوص دستگاه سوکسله قرار گرفت. بالن در دمای 50-60 درجه سانتی گراد به مدت 8 ساعت حرارت داده شد. پس از این مدت بالن استخراج از دستگاه جدا گردید و باقیمانده حلال در بالن جهت تبخیر تا رسیدن به وزن ثابت داخل آون با دمای 2 ± 103 درجه سانتی گراد قرار گرفت سپس درون دسیکاتور قرار داده شد و وزن آن به طور دقیق توزین گردید. تفاوت وزن اولیه بالن از وزن ثانویه میزان چربی نمونه را بر حسب درصد نشان داد که از رابطه زیر محاسبه گردید (1).

وزن نمونه / 100 \* (وزن ثانویه بالن - وزن اولیه بالن) = میزان چربی (درصد)

درصد بازدارندگی ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین (HAAs) به روش (28) محاسبه گردید.

$$\text{Inhibitory rate (\%)} = [(Ac - At)/Ac] * 100$$

Ac = میزان کل ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین (HAAs) در نمونه پخته بدون افزودنی  
At = میزان کل ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین (HAAs) در نمونه پخته حاوی افزودنی

#### 2-5- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از تجزیه واریانس یکطرفه و جهت مقایسه میانگین از آزمون توکی در سطح معنی داری 5 درصد استفاده گردید. اطلاعات و نتایج جمع آوری شده از آزمایشها با استفاده از نرم افزار SAS (version 9.0) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

#### 2-6- نتایج

2-3-2-3- میزان چروکیدگی نمونه پخته (Shrinkage) این کار به روش (28) محاسبه گردید.

$$\text{Shrinkage} = 100 \times \frac{(\text{cm}) \text{ اندازه نمونه قبل از پخت} - (\text{cm}) \text{ اندازه نمونه بعد از پخت}}{(\text{cm}) \text{ اندازه نمونه قبل از پخت}}$$

#### 2-2-2- آنالیز ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین (HAAs) فیله فیل ماهی (Huso huso)

مقادیر HAAs نمونه‌ها بر اساس روش کار (25) تعیین گردید. بعد از استخراج فاز جامد مقادیر HAAs بوسلیه کروماتوگرافی مایع با اشعه یووی (UV HPLC) با دستگاه (Agilent 1260 Series, USA) با VDSper PUR C18-M-SE volume (250 mm × 4.6 mm × 5 μm). با شناسگر اشعه یووی AG1314B با طول موج 264 نانومتر با فاز متحرک به عنوان حلال 1 (متانل، استونیتریل، آب و اسید استیک) با وزن حجمی (2/76/14/8)، (v/v/v/v/v) = pH 5 با هیدروکسید آمونیوم تنظیم گردید و استونیتریل به عنوان حلال 2 با با جریان 1 میلی لیتر بر دقیقه با حجم تزریق 10 میکرولیتر اجرا شد. میزان HAAs در نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه گردید (24).

جدول 1 - تغییرات میزان چربی تیمارهای مختلف فیله فیل ماهی

رطوبت	چربی	پروتئین	pH	تیمار/ فاکتور
73/0±13/23 <sup>a</sup>	4/0±21/04 <sup>a</sup>	19/0±2/16 <sup>a</sup>	6/0±20/08 <sup>a</sup>	T <sub>1</sub>
67/0±75/18 <sup>b</sup>	5/0±40/04 <sup>b</sup>	16/0±32/12 <sup>b</sup>	6/0±84/02 <sup>b</sup>	T <sub>2</sub>
78/0±10/13 <sup>c</sup>	4/0±25/05 <sup>a</sup>	19/0±25/10 <sup>a</sup>	6/0±05/03 <sup>c</sup>	T <sub>3</sub>
69/0±05/18 <sup>d</sup>	4/0±90/7 <sup>c</sup>	17/0±07/07 <sup>c</sup>	6/0±74/04 <sup>b</sup>	T <sub>4</sub>
78/0±19/13 <sup>c</sup>	4/0±19/05 <sup>a</sup>	19/0±2/15 <sup>a</sup>	5/0±88/03 <sup>c</sup>	T <sub>5</sub>
70/0±90/11 <sup>d</sup>	4/0±62/07 <sup>d</sup>	18/0±02/08 <sup>d</sup>	6/0±50/05 <sup>d</sup>	T <sub>6</sub>

T<sub>1</sub> (شاهد خام بدون کیتوزان)، T<sub>2</sub> (شاهد سرخ شده بدون کیتوزان)، T<sub>3</sub> (نمونه خام حاوی 0/5 درصد کیتوزان محلول در اسید)، T<sub>4</sub> (نمونه سرخ شده حاوی 0/5 درصد کیتوزان محلول در اسید)، T<sub>5</sub> (نمونه خام حاوی 1 درصد کیتوزان محلول در اسید) و T<sub>6</sub> (نمونه سرخ شده حاوی 1 درصد کیتوزان محلول در اسید). داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف کوچک بیانگر تفاوت آماری معنی دار میان داده‌ها در هرستون می‌باشد. (p ≤ 0/05).

جدول 2 - تغییرات شاخص های حاصل از پخت در تیمارهای فیله فیل ماهی

Shrinkage	Cooking loss	Cooking yield	تیمار/ فاکتور
-	-	-	T <sub>1</sub>
17/1±71/04 <sup>a</sup>	23/0±81/23 <sup>a</sup>	76/1±18/02 <sup>a</sup>	T <sub>2</sub>
-	-	-	T <sub>3</sub>
13/0±16/54 <sup>b</sup>	20/0±64/42 <sup>b</sup>	79/1±35/22 <sup>b</sup>	T <sub>4</sub>
-	-	-	T <sub>5</sub>
9/0±35/63 <sup>c</sup>	19/0±64/15 <sup>c</sup>	80/0±53/18 <sup>c</sup>	T <sub>6</sub>

T<sub>1</sub> (شاهد خام بدون کیتوزان)، T<sub>2</sub> (شاهد سرخ شده بدون کیتوزان)، T<sub>3</sub> (نمونه خام حاوی 0/5 درصد کیتوزان محلول در اسید)، T<sub>4</sub> (نمونه سرخ شده حاوی 0/5 درصد کیتوزان محلول در اسید)، T<sub>5</sub> (نمونه خام حاوی 1 درصد کیتوزان محلول در اسید) و T<sub>6</sub> (نمونه سرخ شده حاوی 1 درصد کیتوزان محلول در اسید). میزان هدر رفت آب (Cooking loss)، بازده نمونه پخته (Cooking yield)، میزان چروکیدگی نمونه پخته (Shrinkage). داده ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده اند. حروف کوچک بیانگر تفاوت آماری معنی دار میان داده ها در هرستون می باشد. (p ≤ 0/05).

جدول 3 - تغییرات میزان ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین (HAAs) تیمارهای مختلف فیله فیل ماهی

تیمار/ فاکتور	PhIP	IQ	MeIQ	MeIQx	مقدار کل HAAs	درصد بازدارندگی
T <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	-
T <sub>2</sub>	0/0±83/05 <sup>a</sup>	0/0±5/05 <sup>a</sup>	0/0±74/01 <sup>a</sup>	0/0±50/05 <sup>a</sup>	2/57	-
T <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-
T <sub>4</sub>	nd	nd	0/0±71/01 <sup>a</sup>	0/0±90/03 <sup>b</sup>	1/61	37/35
T <sub>5</sub>	-	-	-	-	-	-
T <sub>6</sub>	nd	nd	0/0±82/03 <sup>a</sup>	nd	0/82	68/09

T<sub>1</sub> (شاهد خام بدون کیتوزان)، T<sub>2</sub> (شاهد سرخ شده بدون کیتوزان)، T<sub>3</sub> (نمونه خام حاوی 0/5 درصد کیتوزان محلول در اسید)، T<sub>4</sub> (نمونه سرخ شده حاوی 0/5 درصد کیتوزان محلول در اسید)، T<sub>5</sub> (نمونه خام حاوی 1 درصد کیتوزان محلول در اسید) و T<sub>6</sub> (نمونه سرخ شده حاوی 1 درصد کیتوزان محلول در اسید). nd (شناسایی نشده). داده ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده اند. حروف کوچک بیانگر تفاوت آماری معنی دار میان داده ها در هرستون می باشد. (p ≤ 0/05).

### 3- نتایج و بحث

اسیدی، محیط قلبیایی بهتری ایجاد می کنند (30). از و همکاران (2016) در تیمارهای فیله گوساله خام حاوی کیتوزان محلول در آب میزان pH را بالاتر از نمونه شاهد خام فاقد کیتوزان نشان دادند که این نتایج متفاوت با نتایج این تحقیق می باشد. در این تحقیق نمونه های پخته میزان pH را بالاتر از نمونه های خام بود به طوری که تیمار T<sub>2</sub> بیشترین میزان pH را در مقایسه با سایر تیمارها نشان داد که ناشی از حرارت حاصل از پخت می باشد که مشابه نتایج (24، 35، 36) بود. طبق جدول 1 در تیمارهای مختلف فیله فیل ماهی میزان رطوبت بین 67/75 درصد تا 78/19 درصد و میزان چربی بین 4/19 تا 5/40 میزان پروتئین بین 16/32 درصد تا 19/20

حد اکثر میزان pH برای محصولات قابل مصرف 7-7/5 عنوان شده است (16) که نتایج بررسی میزان pH فیله فیل ماهی، میان تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری نشان داد (p ≤ 0/05). طبق جدول 1 میزان pH در تیمارهای خام (T<sub>1</sub>)، T<sub>3</sub> و T<sub>5</sub>) بین 6/20 تا 5/88 درصد و در تیمارهای سرخ شده (T<sub>2</sub>، T<sub>4</sub> و T<sub>6</sub>) بین (6/84 تا 6/50) بود. طبق جدول 1 میزان pH در تیمار T<sub>5</sub> بعد از افزودن کیتوزان محلول در اسید کم ترین میزان pH را نشان دادند که احتمالاً بدلیل خاصیت اسیدی کیتوزان که این وابسته به حلال کیتوزان (اسید استیک) می باشد (12). حلال آبی نسبت به حلال

دیده شد. بین نمونه‌های  $T_2$  و  $T_6$  وجود خاصیت پوششی کیتوزان در سطح فیله ماهی در نمونه  $T_4$  و  $T_6$ ، بخصوص در  $T_6$  اثر تخریبی حرارت را کم کرده و مانع از خروج رطوبت از سطح بافت می‌شود. نتایج مطالعه حاضر با نمونه‌های طبخ شده در مطالعات (3، 24، 28) مطابقت دارد و کاهش میزان رطوبت وابسته به نوع و اندازه ماده اولیه، روش و زمان طبخ و نوع و میزان کیتوزان داشت. تغییرات وزنی طی سرخ کردن (Cooking Loss)، بازده نمونه سرخ شده (Cooking yield) و میزان چروکیدگی نمونه سرخ شده (Shrinkage) از شاخص‌های مهم قابل بررسی در پخت و پز می‌باشد که در اثر تغییرات رطوبت، چربی و پروتئین محصول طی حرارت حاصل از پخت ایجاد می‌گردد. برای داشتن محصول خوشمزه و ایمن، پخت و پز بسیار مهم است (3، 24). طبق جدول 2 شاخص‌های حاصل از پخت در تیمارهای سرخ شده ( $T_2$ ،  $T_4$  و  $T_6$ ) قابل بررسی می‌باشد ( $p \leq 0/05$ ).  $T_6$  کم‌ترین و  $T_2$  بیشترین تغییرات وزنی و چروکیدگی را نشان دادند و همین‌طور در  $T_6$  بیشترین و  $T_2$  کم‌ترین بازده نمونه سرخ شده دیده شد. کاهش تغییرات وزنی و چروکیدگی و افزایش بازده نمونه سرخ شده در  $T_6$  ناشی از اثر پوششی و قدرت نفوذ کیتوزان است این خصوصیات از کیتوزان باعث تاخیر در تولید ژل ماتریکس و خروج رطوبت از سطح بافت می‌شود (10، 29). همانند مطالعه حاضر، سایاس - باربرا و همکاران (2011) و از و همکاران (2016) در نمونه‌های حاوی کیتوزان تغییرات وزن کمتری را مشاهده نمودند. چروکیدگی نمونه سرخ شده ارتباط نزدیکی با میزان رطوبت محصول دارد. حرارت حاصل از طبخ ماده غذایی ساختار میوفیبریل پروتئین را تخریب نموده و باعث خروج رطوبت ماده غذایی می‌گردد (29). نتایج ارزیابی PhIP بعد از سرخ کردن تیمارهای فیله فیل ماهی (Nd - 0/83 نانوگرم در گرم) در جدول 3 نشان داده شده است. مقادیر PhIP در تیمارهای سرخ شدن افزایش یافت ( $p \leq 0/05$ ). کمترین میزان PhIP طی سرخ شدن در  $T_4$  و  $T_6$  و بیشترین میزان آن در  $T_2$  بود. کاهش تولید PhIP در  $T_4$  و  $T_6$  دلیل وجود

درصد بود. اختلافات میزان چربی، رطوبت و پروتئین بین نمونه‌های خام ( $T_1$ ،  $T_3$  و  $T_5$ ) معنی‌دار نبود ( $p \geq 0/05$ ). تیمارهای سرخ شده ( $T_2$ ،  $T_4$  و  $T_6$ ) دارای اختلافات معنی‌دار بود ( $p \leq 0/05$ ). طبق جدول 1 در تیمارهای مختلف فیله فیل ماهی میزان پروتئین 19/20 درصد تا 16/32 درصد بود. نمونه‌های خام ( $T_1$ ،  $T_3$  و  $T_5$ ) معنی‌دار نبود ( $p \geq 0/05$ ). تیمارهای سرخ شده ( $T_2$ ،  $T_4$  و  $T_6$ ) دارای اختلافات معنی‌دار بود ( $p \leq 0/05$ ). در نمونه‌های سرخ شده میزان پروتئین کاهش یافت به طوری که میزان پروتئین در تیمار  $T_2$  کم‌تر از  $T_4$  و  $T_6$  بود. کیتوزان در نمونه  $T_4$  و  $T_6$ ، تغییرات نامطلوب حرارت در کاهش پروتئین و تغییر ساختار میوفیبریل را مانع گردید به طوری که با افزایش کیتوزان در  $T_6$  کاهش پروتئین کم‌تر بود. نتایج مطالعه حاضر با مطالعات (4، 24، 28) مطابقت دارد. علاوه بر کیتوزان می‌توان به استفاده از افزودنی مانند فلفل در مطالعه زنگ و همکاران (2017، 2018) و روغن‌های گیاهی در مطالعه لو و همکاران (2017) اشاره کرد که نتایج مشابه مطالعه حاضر داشتند. نتایج میزان چربی (جدول 1) در تیمارهای مختلف فیله فیل ماهی بین 4/19 تا 5/40 بود ( $p \leq 0/05$ ). بعد از افزودن کیتوزان بین نمونه‌های خام اختلافات معنی‌دار نبود ( $p \geq 0/05$ ) که نتایج مشابه سایر مطالعات بود (13، 35، 36). بعد از سرخ کردن میزان چربی در تیمارهای ( $T_2$ ،  $T_4$  و  $T_6$ ) افزایش یافت ( $p \leq 0/05$ ) به طوری که در تیمار  $T_2$  میزان چربی افزایش بیشتری داشت. کیتوزان در نمونه  $T_4$  و  $T_6$  ورود روغن به داخل بافت را طی مدت طبخ کم کرد که این خاصیت در  $T_6$  بدلیل افزایش درصد کیتوزان نمایان‌تر بود (28). طبق جدول 1 میزان رطوبت در تیمارهای مختلف فیله فیل ماهی بین 67/75 درصد تا 78/19 درصد بود ( $p \leq 0/05$ ). ساختار پروتئین طی حرارت حاصل از پخت دنا توره شده و خاصیت نگه دارندگی آب پروتئین از دست رفته، لذا مقدار رطوبت در طول زمان طبخ کم می‌گردد (29). کاهش میزان رطوبت در نمونه‌های ( $T_2$ ،  $T_4$  و  $T_6$ ) به دلیل حرارت حاصل از سرخ شدن، بیشتر از نمونه‌های ( $T_1$ ،  $T_3$  و  $T_5$ ) بود به طوری که در  $T_2$  کم‌ترین میزان رطوبت

خاصیت پوششی کیتوزان که مانع از تخریب بافت طی پخت می‌باشد. کیتوزان به عنوان مانع بین نمونه و هوای اطراف عمل می‌کند و انتشار حرارت را در سطح محصول کاهش می‌دهد و از تغییرات اسیدآمینها می‌کاهد. از و همکاران (2016) اثر پوششی کیتوزان را در فیله گوساله بررسی و PhIP در هیچ یک از تیمارهای طبخ شده در دمای 150 درجه سانتی‌گراد شناسایی نشد ولی در نمونه‌های طبخ شده در دمای 200 و 250 درجه سانتی‌گراد در تیمارهای حاوی کیتوزان تولید PhIP کم‌تر از نمونه شاهد بود همین طور شکل‌گیری ترکیب هتروسایکلیک آروماتیک آمین (PhIP) در تیمارهای حاوی افزودنی از جمله فلفل و روغن‌های گیاهی را کم‌تر از نمونه شاهد در مطالعه (13، 36) نشان داده شد. برخلاف نتایج حاضر، مطالعه از و همکاران (2007) در ماهی قزل‌آلای سرخ شده، PhIP شناسایی نشد. IQ طی پخت در اثر دنا توره شدن پروتئین و تغییر ساختار اسیدهای آمینه از واکنش بین سراتین و رادیکال‌های پیریدین و فرمالدئید ایجاد می‌گردد (30) نتایج ارزیابی IQ بعد از سرخ کردن تیمارهای فیله فیل ماهی (Nd - 0/50 نانوگرم در گرم) در جدول 3 نشان داده شده است. مقادیر IQ در تیمارهای طی سرخ شدن افزایش یافت ( $p \leq 0/05$ ). کمترین میزان IQ طی طبخ در  $T_4$  و  $T_6$  و بیشترین میزان آن در  $T_2$  بود کاهش تولید IQ در نمونه پخته شده حاوی کیتوزان به خاصیت پوششی کیتوزان که مانع از تخریب بافت طی پخت به روش سرخی می‌باشد. برعکس مطالعه حاضر، از و همکاران (2016) اثر پوششی کیتوزان را در فیله گوساله بررسی و IQ در هیچ یک از تیمارها شناسایی نشد. مشابه مطالعه حاضر، از و کتان (2016) در ماهی قزل‌آلای کبابی و کاستا و همکاران (2009) در ساردین کبابی میزان IQ بیشتر از سایر نمونه‌ها نشان دادند. برخلاف مطالعه حاضر ونگ و همکاران (2005) در ماهی سرخ شده و ویگس و همکاران (2012) در سالمون کبابی و از و همکاران (2007) در ماهی قزل‌آلای کبابی و سرخی، IQ شناسایی نشد. اختلافات تولید و عدم شکل‌گیری ترکیب هتروسایکلیک آروماتیک

آمین به نوع و اندازه ماده غذایی، دمای پخت، نوع پخت در گوشت قرمز، مرغ و ماهی وابسته می‌باشد. دنا توره شدن پروتئین در اثر حرارت طی پخت که باعث تغییر در ساختار اسیدهای آمینه بخصوص آلانین، عامل اصلی در تولید MeIQ می‌باشد (29) طبق جدول 3 میزان تولید ترکیب هتروسایکلیک آروماتیک آمین (MeIQ) بین 0/71 تا 0/82 نانوگرم در گرم در تیمارهای سرخ شده نشان داده شد ( $p \geq 0/05$ ). مشابه مطالعه حاضر (7، 23) در ماهی سرخ شده MeIQ را شناسایی کردند ولی برخلاف مطالعه حاضر (17، 18، 34) در ماهی سرخ شده MeIQ را نیافتن که اختلافات تولید و عدم شکل‌گیری ترکیب هتروسایکلیک آروماتیک آمین به نوع و اندازه ماده غذایی، دمای پخت، نوع پخت در گوشت قرمز، مرغ و ماهی وابسته می‌باشد. برخلاف مطالعه حاضر، از و همکاران (2016) اثر پوششی کیتوزان را در فیله گوساله طبخ شده بررسی و به خاصیت بازدارندگی خوب آن اشاره نمودند. تولید و شکل‌گیری ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین به توجه به نوع و اندازه ماده غذایی، دمای پخت، نوع پخت در گوشت قرمز، مرغ و ماهی متفاوت می‌باشد و دنا توره شدن پروتئین در اثر حرارت طی پخت عامل اصلی در تولید MeIQx می‌باشد که واکنش اسیدآمین ترونین با گلیسین و سراتین و هگزوز طی عمل میلارد و در مدت عملیات استریکر انجام می‌گیرد (14). میزان MeIQx بین Nd تا 0/90 نانوگرم در گرم طبق جدول 3 نشان داده شد. کمترین میزان MeIQx در  $T_6$  و بیشترین میزان آن در  $T_4$  بود. طبخ به روش سرخ کردن اثر تخریبی کم‌تری روی پوشش کیتوزان 1 درصد در بافت ماهی داشته و در نهایت اثر مهار کنندگی کیتوزان در شکل‌گیری MeIQx در  $T_6$  نمایان‌تر بود. مشابه نتایج مطالعه حاضر، از و همکاران (2016) MeIQx در تیمارهای حاوی کیتوزان را کم‌تر از نمونه شاهد نشان دادند و همین طور زنگ و همکاران (2018) و لو و همکاران (2017) شکل‌گیری ترکیب MeIQx در تیمارهای حاوی افزودنی از جمله فلفل و روغن‌های گیاهی را کم‌تر از نمونه شاهد نشان دادند هتروسایکلیک آروماتیک آمین‌ها (HAAs)



#### 4- نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، کیتوزان محلول در اسید اثر معنی‌دار روی شاخص‌های پخت و پز و میزان ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین (HAAs) روی فیله فیل ماهی سرخ شده داشت. چهار ترکیب (MeIQx, MeIQ, IQ, PhIP) شناسایی شدند. کیتوزان محلول در اسید (1 درصد) کم‌ترین میزان تولید HAAs و بالاترین بازدارندگی در شکل‌گیری HAAs را نشان داد.

#### 5- سپاسگزاری

نگارنده از همکاری صمیمانه گروه فرآوری شیلاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و انستیتو تحقیقات علوم تغذیه و صنایع غذایی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی نهایت امتنان را دارد.

#### 6- منابع

1. AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th ed. p.20 Arlington, Virginia.
2. Balogh, Z., Gray, J. I., Goma, E. A. and Booren, A. M. 2000. Formation and inhibition of heterocyclic aromatic amines in fried ground beef patties. Food and Chemical Toxicology, 38(5), 395-401.
3. Chantararataporn, P., Yokan, R., Visessanguan, W. and Chirachanchai, S. 2013. Water-based nano-sized chitin and chitosan as seafood additive through a case study of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Food Hydrocolloids, 32, 341-348.
4. Chantararataporn, P., Tepkasikul, P., Kingcha, Y., Yoksan, R., Pichyangkura, R., Visessanguan, W. and Chirachanchai, S. 2014. Water-based oligochitosan and nanowhiskey chitosan as potential food Preservatives for shelf-life extension of minced pork. Food Chemistry, 159, 463-470.
5. Costa, M., Viegas, O., Melo, A., Petisa, C., Pinho, O. and Ferreira, I. M. P. L. V. O. 2009. Heterocyclic aromatic amine formation in barbecued sardines (*Sardina*

جهدزا و سرطانی بوده که باعث ایجاد تومورهای در کبد، پانکراس، روده بزرگ و کوچک، پوست و ریه می‌گردند (26، 32). این ترکیبات طی پخت در غذاهای پروتئینی به ویژه گوشت قرمز، مرغ و ماهی در دمای بالای 150 درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شوند. تنوع و کیفیت این ترکیبات به فاکتورهایی مانند نوع و وزن گوشت، روش، زمان و دمای پخت بستگی دارد (24). غلظت HAAs تحت تاثیر عواملی از جمله: فعالیت آبی، pH، کراتین، آمینو اسیدهای آزاد، چربی، اکسیداسیون چربی، کربو هیدرات و مواد آنتی‌اکسیدانی تغییر می‌نماید (24). اسکوگ (2002) میزان مصرف روزانه HAAs برای هر شخص را بین 0 تا 15 میکروگرم در روز بیان نمودند که در مطالعه حاضر میزان کل HAAs تولید شده کمتر از 1 میکروگرم بود که مشابه مطالعه از و همکاران (2016) بود. میزان کل و درصد بازدارندگی ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین (HAAs) در جدول 3 نشان داده شد. میزان کل HAAs بین 0/8 نانوگرم در گرم تا 2/57 نانوگرم در گرم بود. میزان بازدارندگی کیتوزان محلول در اسید در شکل‌گیری ترکیبات هتروسایکلیک آروماتیک آمین (HAAs) در فیله فیل ماهی (*Huso huso*) سرخ شده بین 37/35 تا 68/09 درصد بود. با افزایش میزان کیتوزان از 0/5 به 1 درصد در فیله فیل ماهی سرخ شده، میزان کل HAAs کاهش و میزان بازدارندگی افزایش یافت. مشابه مطالعه حاضر از و همکاران (2016) میزان کل در تیمارهای حاوی کیتوزان را کم‌تر از نمونه شاهد نشان دادند و همین‌طور مشابه نتایج مطالعه حاضر، از و همکاران (2016) در تیمارهای حاوی کیتوزان میزان کل HAAs کمتر و درصد بازدارندگی HAAs بیشتر از نمونه شاهد نشان دادند و همین‌طور زنگ و همکاران (2018)، لو و همکاران (2017) و و بالوق و همکاران (2000) با استفاده از فلفل و روغن‌های گیاهی و ویتامین E، میزان کل HAAs را کمتر و درصد بازدارندگی HAAs را بیشتر از نمونه شاهد نشان دادند. کیتوزان و سایر افزودنی‌ها قادر به کاهش میزان کل HAAs در گوشت، مرغ و ماهی می‌باشند.

- imidazoazarenes. *Food Chemistry*, 46, 273-276.
15. Murkovic, M., Steinberger, D. and Fannhauser, W. 1998. Antioxidant spices reduce the formation of heterocyclic amines in fried meat. *Food Research and Technology*, 207: 477-480.
  16. Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. and Hosseini, S.M.H. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120, 193-198.
  17. Oz, F., Kaban, G. and Kaya, M. 2007. Effects of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines of two different species trout. *Food Chemistry*, 104, 67-72.
  18. Oz, F., Kaban, G. and Kaya, M. 2010. Effects of cooking methods and levels on formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and fish with Oasis extraction method. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 1345-1350.
  19. Oz, F. and Kaya, M. 2011. The inhibitory effect of black pepper on formation of heterocyclic aromatic amines in high-fat meatball. *Food Control*, 22, 596-600.
  20. Oz, F. and Kizil, M. 2013. Determination of heterocyclic amines in cooked commercial frozen meat products by ultra-fast liquid chromatography. *Food Analytical Methods*, 6, 1370-1378.
  21. Oz, F., Cakmak, I. H., Zikirov, E., Kizil, M. and Turhan, S. 2015. Heterocyclic aromatic amine contents of kavurma commercially cooked in steam and copper cauldron. *Food Processing and Preservation*, 39, 583-590.
  22. Oz, F., Kizil, M., Zaman, A. and Turhan, S. 2016. The effects of direct addition of low and medium molecular weight chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chop. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 861-867.
  23. Oz, F. and Cakmak, I.H. 2016. The effects of conjugated linoleic acid usage in meatball production on the formation of heterocyclic aromatic amines (imidazoazarenes) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Agricultural and Food Chemistry*, 57, 3173-3179.
  6. Jinap, S., Hasnol, N. D. S., Sanny, M. and Jahurul, M.H.A. 2018. Effect of organic acid ingredients in marinades containing different types of sugar on the formation of heterocyclic amines in grilled chicken. *Food Control*, 84, 478-484.
  7. Johansson, M.A. E. and Jagerstad, M. 1996. Influence of pro- and antioxidants on the formation of mutagenic carcinogenic heterocyclic amines in a model system. *Food Chemistry*, 56, 69-75.
  8. International Agency for Research on Cancer (IARC). 1993. Some Natural Occurring Substances: Food Items and Constituents, Heterocyclic amines and mycotoxins. In *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. International Agency for Research on Cancer, 56, 163-242.
  9. Iwasaki, M., Kataoka, H., Ishihara, J., Takachi, R., Hamada, G. S. and Sharma, S. 2010. Heterocyclic amines content of meat and fish cooked by Brazilian methods. *Food Composition and Analysis*, 23, 61-69.
  10. Kachanechai, T., Jantawat, P. and Pichyangkura, R. 2008. The influence of chitosan on Physicochemical properties of chicken salt-soluble protein gel. *Food Hydrocolloids*, 22, 74-83.
  11. Lan, C. M., Kao, T. H. and Che, B. H. 2004. Effects of heating time and antioxidants on the formation of heterocyclic amines in marinated foods. *Chromatography B*, 802, 27-37.
  12. Lin, K. W. and Chao, J. Y. 2001. Quality characteristics of reduced-fat Chinese-style sausage as related to chitosan's molecular weight. *Meat Science*, 59, 343-351.
  13. Lu, F., Gunter, K. and Cheng, Q. 2017. Vegetable oil as fat replacer inhibits formation of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in reduced fat pork patties. *Food Control*, 81, 113-125.
  14. Milic, B. L., Djilas S. M. and Canadanovic-Brun, J. M. (1993). Synthesis of some heterocyclic amino

- chitin and chitosan's. *Food Science and Technology*, 10, 37-51.
31. Skog, K. 2002. Problems associated with the determination of heterocyclic amines in cooked foods and human exposure. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1197-1203.
  32. Sugimura, T., Wakabayashi, K., Nakagama, H. and Nagao, M. 2004. Heterocyclic amines: Mutagens, carcinogens produced during cooking of meat and fish. *Cancer Science*, 95, 290-299.
  33. Viegas, O., Novo, P., Pinto, E., Pinho, O. and Ferreira, I. M. P. L. V. O. 2012. Effect of charcoal types and grilling conditions on formation of heterocyclic aromatic amines (HAs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled muscle foods. *Food and Chemical Toxicology*, 50, 2128-2134.
  34. Wong, K. Y., Su, J., Knize, M. G., Koh, W. P. and Seow, A. 2005. Dietary exposure to heterocyclic amines in a Chinese population. *Nutrition and Cancer*, 52, 147-155.
  35. Zeng, M. M., Zhang, M. R., He, Z. Y., Qin, F., Tao, G. J., Zhang, S., Gao, Y. H. and Chen, J. 2017. Inhibitory profiles of chilli pepper and capsaicin on Heterocyclic amine formation in roast beef patties. *Food Chemistry*, 221, 404-411
  36. Zeng, M., Wang, J., Zhang, M., Chen, J., He, Z., Qin, F., Xu, Z., Cao, D. and Chen, J. 2018. Inhibitory effects of Sichuan pepper (*Zanthoxylum bungeanum*) and sanshoamide extract on heterocyclic amine formation in grilled ground beef patties. *Food Chemistry*, 239, 111-118.
  - amines. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 1031-1037.
  24. Oz, F. and Kotan, G. 2016. Effects of different cooking methods and fat levels on the formation of Heterocyclic aromatic amines in various fishes. *Food Control*, 67, 216-224.
  25. Pereda, M., Ponce, A. G., Marcovich, N. E., Ruseckaite, R. A. and Martucci, J. F. 2011. Chitosan-gelatin composites and bi-layer films with potential antimicrobial activity. *Food hydrocolloids*, 25, 1372-1381.
  26. Rahman, U., Sahar, A., Khan, M. I. and Nadeem, M. 2014. Production of heterocyclic aromatic amines in meat: Chemistry, health risks and inhibition. *Food Science and Technology*, 59, 229-233.
  27. Sallam, K. I. 2007. Prevalence of campylobacter in chicken and chicken by-products retailed in Sapporo area, Hokkaido, Japan. *Food Control*, 18, 13-1120.
  28. Sayas-Barber, E., Quesada, J., Sanchez-Zapata, E., Viuda-Martos, M., Fernandez-Lopez, F., Perez-Alvarez, J.A. and Sendra, E. 2011. Effect of the molecular weight and concentration of chitosan in pork model burgers. *Meat Science*, 88, 740-749.
  29. Shabbir, M. A., Raza, A., Anjum, F. M., Khan, M. R. and Suleria, H. A. R. 2015. Effect of Thermal Treatment on Meat Proteins with Special reference to Heterocyclic Aromatic Amines (HAAs). *Science & Nutrition*, 55, 82-93.
  30. Shahidi, F., Arachchi, J. K. V. and Jeon, Y. J. 1999. Food applications of

# The Effect of Chitosan on Heterocyclic Aromatic Amines Formations in Fried Fillet of Huso(Huso huso)

Hojjat Mir Sadeghi<sup>1\*</sup>, Alireza Alishahi<sup>2</sup>, Mahdi ojagh<sup>2</sup>, Paratoo Pour Ashouri<sup>2</sup>

1-Phd Student of fisheries, Department of Fishery Products Processing, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.  
2- Department of Fishery Products Processing, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Received:12/12/2018

Accepted:12/02/2019

## Abstract

The aim of this study was to investigate the addition of chitosan in fish fillet of huso (Huso Huso) in order to prevent the formation of heterocyclic aromatic amines (HAAs) after cooking. The use of natural additive such as acid-soluble chitosan on moisture, pH and cooking loss content of huso fillet had a significant effect ( $p \leq 0.05$ ). The values of HAAs identified in fried samples PhIP (Nd -0.83 ng / g), IQ (Nd-0.50 ng / g), MeIQ (0.71-0.82 ng / g) and MeIQx (Nd – 0.90 ng / g). The total HAAs were between 0.82 ng / g and 2.7 ng / g. The inhibitory effect of acid-soluble chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amine compounds in fish fillet of huso was between 37.35 to 68.09%. The results of this study indicated that acid-soluble chitosan could prevent the production of harmful and mutagenic compounds during fried.

**Keywords:** Chitosan, Huso Fillet, Heterocyclic Aromatic Amines, Cooking Loss.

---

\* Corresponding author: [Hojatmirsadeghi@yahoo.com](mailto:Hojatmirsadeghi@yahoo.com)