

ارزیابی کیفیت و ماندگاری سوسیس ماهی بیگ‌هد حاوی مقادیر مختلف گوشت استخوان‌گیری نشده ماهی کیلکای معمولی (*Clupeonella cultriventris*) طی نگهداری در یخچال

خدیدجه علیدوستی^۱، بهاره شعبانپور^{۱*}، سید مهدی اجاق^۲، سیدولی حسینی^۲، پرستو پورعاشوری^۱

۱- گروه عمل‌آوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

در این پژوهش تأثیر جایگزینی مقادیر مختلف گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده (مقادیر ۱۰ و ۲۵ درصد) بر کیفیت و ماندگاری سوسیس ماهی بیگ‌هد طی ۳۰ روز نگهداری در یخچال مورد بررسی قرار گرفت. سه تیمار سوسیس ماهی شامل شاهد حاوی ۱۰۰ درصد گوشت ماهی بیگ‌هد، تیمار ۹۰:۱۰ درصد بیگ‌هد به کیلکا و تیمار ۷۵:۲۵ درصد بیگ‌هد به کیلکا تولید شد. نتایج ارزیابی‌های فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی نشان داد، اگرچه میزان تیوباریوتوریک اسید با افزایش درصد گوشت کیلکا استخوان‌گیری نشده به‌طور معناداری افزایش یافت. در حالی که بار میکروبی کل در تیمار حاوی ۲۵٪ گوشت کیلکا استخوان‌گیری نشده به‌طور معناداری کمتر از شاهد بود. از طرفی، گرچه جایگزینی مقادیر مختلف کیلکا استخوان‌گیری نشده سبب تغییرات معناداری در ترکیبات ازته فرار، باکتری‌های سرمادوست، ظرفیت نگهداری آب، میزان pH و نیروی شکست ژل نشد، اما به لحاظ عددی، مطلوب‌ترین ظرفیت نگهداری آب و پایین‌ترین میزان pH، باکتری‌های سرمادوست و ترکیبات ازته فرار مربوط به تیمارهای حاوی کیلکا استخوان‌گیری نشده بود. از نظر ارزیابی شاخص‌های حسی تیمار حاوی ۱۰٪ کیلکا استخوان‌گیری نشده تفاوت معناداری با شاهد نداشت؛ اما تیمار ۲۵٪ کمترین میزان طعم و پذیرش کلی را کسب نمود. یافته‌های این پژوهش نشان داد اگرچه تیمار حاوی ۲۵٪ گوشت کیلکا استخوان‌گیری نشده در بیشتر شاخص‌های مورد بررسی بهترین عملکرد را داشت. اما به دلیل کاهش ویژگی‌های حسی، تیمار حاوی ۱۰٪ کیلکا استخوان‌گیری نشده به سبب تأثیر مثبت بر عمده شاخص‌های مورد بررسی می‌تواند به عنوان تیمار بهینه تعادلی بین پایداری میکروبی و بازارپسندی ایجاد کند.

نوع مقاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۳۰

تاریخ چاپ الکترونیکی:

۱۴۰۴/۱۲/۱۵

*نویسندگان مسئول:
shabanpour@gau.ac.ir
Ojagh@ut.ac.ir

کلیدواژه‌ها: سوسیس، ماهی بیگ‌هد، کیلکا، ماندگاری، نگهداری در یخچال

مقدمه

ماهی یکی از منابع غنی پروتئین‌های باکیفیت و با قابلیت جذب بالا است و طیف گسترده‌ای از ویتامین‌ها و مواد معدنی را داراست. رشد سریع جمعیت، درآمد و شهرنشینی باعث تغییر الگوی مصرف ماهی در سراسر جهان شده است [1]. ماهی نقش مهمی در دستیابی به امنیت غذایی در سال ۲۰۲۲ ایفا نموده و ۱۷ درصد از کل پروتئین حیوانی در سطح جهان را تأمین کرده است. همچنین پژوهش‌های انجام شده توسط محققین به اثبات رسانده که استخوان ماهی حاوی مقادیر قابل توجهی مواد معدنی (۲۱-۵۷٪)، مواد آلی (۲۰-۳۰٪)، پپتیدها و مقدار بسیار اندک کربوهیدرات می‌باشد [2]. محصولات گوشتی فرآوری‌شده، نظیر سوسیس، به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای مطلوب، سهولت مصرف و تنوع در طعم و بافت، جایگاه

ویژه‌ای در رژیم غذایی افراد دارد. کپور ماهیان چینی که از مهم‌ترین ماهیان پرورشی دنیا هستند و قابلیت پرورش در شرایط آب و هوایی مختلف را در شهرهای غیر ساحلی دارند. ماهی کپور سرگنده (*Hypophthalmichthys nobilis*) یکی از چهار ماهی از خانواده کپور ماهیان است که در پرورش توام کپور ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد و با میزان تولید جهانی ۲/۳ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ و ۵/۶٪ از کل تولید آبی‌پروری در آب‌های داخلی در جهان را به خود اختصاص داده است [3]. این ماهی با وجود ارزش غذایی بالا و قیمت مناسب، نسبت به دیگر ماهیان پرورشی بازار پسندی کمتری دارد [4]. ماهی کیلکا (*Clupeonella cultriventris*) یکی از ذخایر ارزشمند دریای خزر و از خانواده شگ ماهیان و از نظر ارزش غذایی به طور میانگین دارای $2 \pm 18\%$ پروتئین و $5 \pm 1\%$ چربی می‌باشد [5]. میزان صید کیلکا در کل سواحل ایرانی دریای خزر در سال ۱۳۹۹ معادل ۲۰۰۵۳ تن بوده که با تغییرات بسیار کمی در سال ۱۴۰۳ به ۲۱۴۴۹ تن رسیده است (سالنامه شیلات، ۱۴۰۳). استفاده از ماهی کیلکا به صورت گوشت استخوان‌گیری نشده در فرآورده‌های گوشتی، مانند سوسیس، به عنوان یک رویکرد نوآورانه در صنعت غذا، ممکن است مزایای تغذیه‌ای قابل توجهی را به همراه داشته باشد. استخوان‌های کیلکا به دلیل محتوای غنی از مواد معدنی نظیر کلسیم و فسفر، به افزایش ارزش تغذیه‌ای محصول کمک خواهند کرد. مطالعات اپیدمیولوژیک نشان می‌دهند که مصرف کافی ریزمغذی‌هایی مانند کلسیم و فسفر در بدن یکی از متغیرهایی است که می‌تواند بروز پوکی استخوان را در افراد مسن کاهش دهد [6]. علاوه بر این، وجود ترکیبات زیست‌فعال مانند کلاژن و پروتئین‌های ساختاری موجود در استخوان‌ها می‌تواند به ارتقای سلامت انسان کمک کند [7]. بنابراین در این پژوهش از مخلوط مینس کپور سرگنده با مینس کیلکا استخوان‌گیری نشده برای تولید سوسیس استفاده گردید، که رویکرد جدیدی برای تولید این محصول می‌باشد. زیرا علاوه بر بهره‌وری بیشتر از منابع آبی ارزان قیمت، از هدررفت مواد غذایی جلوگیری کرده و محصولی اقتصادی و با ارزش افزوده بالا ارائه می‌دهد. تاکنون مطالعاتی در رابطه با استفاده مستقیم از گوشت استخوان‌گیری نشده در تولید فرآورده‌های برپایه گوشت چرخ‌شده صورت نگرفته است. البته مطالعاتی روی افزودن پودر استخوان به فرآورده‌ها صورت گرفته همچون مطالعات Seriuttha و Hemung [9] که اثر کلسیم استخوان تیلایا بر سوسیس تیلایا را بررسی نمودند و نتایج حاکی از بهبود بافتی سوسیس تیلایا بود، Hemung و همکاران [10] که از پودر استخوان کپور نقره‌ای به عنوان کلسیم طبیعی برای سوسیس ماهی استفاده کردند و نتایج حاکی از بهبود ترکیبات تغذیه‌ای و افزایش ۱۵ برابری کلسیم بود، Heydari و همکاران [11] نشان دادند میکروپودر استخوان قزل‌آلا رنگین کمان سبب بهبود ویژگی‌های بافتی و کاهش شاخص تیوباریوتیک اسید شده بود و بازدارندگی خوبی در گسترش فساد چربی در سوریمی نشان داد، Wijayanti و همکاران [12] بیوکلسیم حاصل از استخوان باس دریایی آسیایی در ژل سوریمی را بررسی نمودند، و بهبود خواص بافتی، حسی و تغذیه‌ای را گزارش نمودند.

همان‌طور که ذکر شد تاکنون مطالعه‌ای، روی افزودن مستقیم گوشت استخوان‌گیری نشده در تولید فرآورده‌های برپایه گوشت چرخ‌شده انجام نگردیده همچنین از تأثیر استفاده از آن بر روی بافت، ارزیابی حسی و مدت نگهداری آن اطلاعاتی در دسترس نیست، بنابراین هدف از این تحقیق تعیین خواص بافتی و حسی و کیفیت ماندگاری سوسیس مخلوط گوشت چرخ‌کرده ماهی کیلکا استخوان‌گیری نشده با گوشت چرخ‌کرده بیگ‌هد (SBK) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

سوسیس طبق فرمولاسیون رحمانی فرح و شعبانپور، با شماره ثبت (۵۹۹۳۴/۱۳۸۸) با تغییراتی تولید گردید. برای تهیه سوسیس، ماهی بیگ‌هد و کیلکا از بازار ماهی بعثت تهران خریداری و با یخ طی ۴۰ دقیقه به محل تولید انتقال داده شد. سپس مراحل شستشو، سرزنی، تخلیه شکمی و حذف پوست و جداسازی گوشت از ستون فقرات و استخوان‌های ریز و تیغ‌های ظریف برای ماهی بیگ‌هد به صورت دستی انجام شد. برای کیلکا نیز سرزنی و حذف باله‌ها و تخلیه شکمی و شستشو صورت گرفت. سپس فیله‌های تهیه شده از ماهی بیگ‌هد و همچنین ماهی کیلکا استخوان‌گیری نشده به وسیله دستگاه چرخ‌گوشت خانگی با پنجره ۱،۵ میلی‌متری به صورت یکدست چرخ شد. نسبت‌های ۱۰۰:۰، ۹۰:۱۰، ۷۵:۲۵ (وزن:وزن) (وزن:وزن)

گوشت چرخ کرده کیلکا استخوان گیری نشده به بیگ هد مشخص شدند؛ سپس از هر نسبت در خردکن خانگی که از پیش سرد شده بود به مدت ۳۰ ثانیه خرد شده، در ادامه پلی فسفات و نمک طعام و نیتريت سدیم اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه مخلوط گردید. سپس پرکننده‌ها (نشاسته سیب زمینی، ایزوله سویا) و اتصال دهنده‌ها (کازئین، سفیده تخم مرغ، شیرخشک، گلوتن) و سیر تازه و ادویه‌ها (پاپریکا، تخم گشنیز، جوز، ریشه جوز، آویشن، اوراگانو، فلفل قرمز، فلفل سیاه، میخک، زنجبیل)، به همراه مقداری از یخ حاصل از آب شرب به فرمولاسیون اضافه شده و در انتهای فرآیند خردکردن روغن، اسید آسکوربیک و باقی مانده یخ اضافه شدند (دمای خمیر در طول مدت تهیه زیر ۱۲ درجه نگه داشته شد). سپس خمیر به کمک قیف دستی در پوشش پلی آمیدی ۵ لایه به قطر ۲۵ میلی متر پر شد (از هر تیمار سوسیس سه تکرار تهیه گردید)، در ادامه سوسیس‌های خام در بخار آب در دمای ۷۵-۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵۰ دقیقه تا رسیدن دمای مرکز سوسیس به ۷۵ درجه قرار داده شدند. پس از اتمام پخت سوسیس‌ها بلافاصله در آب و یخ قرار داده شده، سپس برای ارزیابی‌های بعدی در بسته‌های زیپ کیپ بسته بندی و به مدت سی روز در یخچال نگهداری شدند.

شاخص‌های ارزیابی کیفیت سوسیس ماهی کپور سر گنده در مدت ۳۰ روز نگهداری در یخچال

ترکیبات نیتروژنی فرار (TVB-N^۱)

برای تخمین مقدار TVB-N از روش Beatty & Gibbons^[13] استفاده شد. ۲ گرم از نمونه با ۸ میلی لیتر TCA (تری کلرواستیک اسید) ۴٪ مخلوط و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۸۰ دور در دقیقه توسط شیکر هم زده شد. سپس محلول به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. با استفاده از واحد میکرودفیوژن کانوی، ۲ میلی لیتر محلول اسیدبوریک ۱٪ به همراه یک شناساگر (برموکروزول سبز + متیل رد) به حلقه داخلی اضافه شد و ۲ میلی لیتر از محلول نمونه به حلقه خارجی اضافه گردید. و در آخر ۲ میلی لیتر محلول کربنات پتاسیم K₂CO₃ اشباع در حلقه بیرونی روی محلول نمونه ریخته شده، سپس واحد کانوی به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق انکوبه شدند. محلول حلقه داخلی با اسید کلریدریک ۰/۰۲ نرمال تا تغییر رنگ به صورتی تیتیر شد. یک ظرف حاوی معرف TVB-N، ۴٪ TCA و کربنات پتاسیم اشباع به عنوان شاهد استفاده شد.

$$TVB - N \left(\frac{mg}{100g} \right) = \frac{(V_S - V_B) \times (NHCl \times AN) \times VE \times 100}{W_s}$$

V_S: حجم محلول تیترانت (HCL) مصرفی برای نمونه بر حسب میلی لیتر. V_B: حجم محلول تیترانت (HCL) مصرفی برای نمونه (شاهد) بر حسب میلی لیتر. NHCL: نرمالیه محلول HCL، AN: وزن اتمی نیتروژن. VE: حجم محلول ۴٪ TCA استفاده شده برای استخراج بر حسب میلی لیتر. W_S: وزن نمونه بر حسب گرم.

تغییرات اکسیداتیو (TBA^۲)

¹ Total volatile basic nitrogen

² Thiobarbituric acid

روشی که توسط Buege & Aust [14] ارائه شده بود برای اندازه‌گیری تغییرات اکسیداتیو در نمونه‌های سوسیس استفاده گردید. که با مقدار مواد واکنش‌پذیر تیوباریبوتوریک (TBARS^۳) بیان شد. این مقدار با کمک منحنی رسم استاندارد ۱،۳،۳-تتراتوکسی‌پروپان^۴ در غلظت‌های مختلف محاسبه گردید. در ابتدا، محلول استوک TBA با مخلوط نمودن ۱۵ درصد وزنی/حجمی تری‌کلرواستیک‌اسید، ۰/۳۷۵ درصد وزنی/حجمی تیوباریبوتوریک اسید و اسید هیدروکلریک (۰/۲۵ مولار) تهیه شد. ۰/۵ گرم از نمونه به طور دقیق وزن و با محلول اسید تیوباریبوتوریک (TBA) مخلوط شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد گرم شد، در ادامه با آب خنک سازی و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. محلول رویی جمع‌آوری و جذب آن در طول موج ۵۳۲ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت گردید. مقدار (TBA) به صورت میلی‌گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم بیان شد.

pH: نمونه‌های همگن شده سوسیس با نسبت ۱:۹ (وزن/حجم) نمونه با آب مقطر هموژن شده و pH تعیین گردید [15].

ظرفیت نگهداری آب (WHC^۵)

برش‌های استوانه‌ای ۵ میلی‌متری از هر تیمار تهیه و دقیق وزن شد (M_1) و هر قطعه در کاغذ صافی سه لایه پیچیده شد و در لوله فالکون ۵۰ میلی‌لیتری قرار گرفت. نمونه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. سپس نمونه بلافاصله مجدداً وزن شد (M_2). آنالیزها در سه تکرار انجام شد و طبق فرمول زیر محاسبه شد [16].

$$WHC(\%) = \frac{M_2}{M_1} \times 100$$

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی توسط ۱۰ نفر ارزیاب آشنا به امتیاز دهی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های سوسیس به صورت ملایم تفت داده شد و از نظر ظاهر، بو، طعم، رنگ، مزه و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفت و رتبه بندی نمرات براساس مقیاس هدونیک ۹ امتیازی (۱-به شدت دوست ندارم تا ۹-به شدت دوست دارم) محاسبه شدند [17].

شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها (TVC^۶) و باکتری‌های سرمادوست (PBC^۷)

شمارش بار میکروبی کل با استفاده از محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA^۸) که محیط کشت غیر انتخابی است و طبق استاندارد ملی ایران شماره ۵۲۷۲ انجام شد. دسته ای از پلیت ها را به منظور سنجش تعداد کلی باکتری ها در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت و دسته ای دیگر

³ Thiobarbituric acid reactive substances

⁴ 1,1,3,3-tetraethoxy-propane

⁵ Water Holding Capacity

⁶ The Total viable count

⁷ The Psychrophilic bacterial count

⁸ Plate count Agar

از پلیت ها را به منظور شمارش کلی باکتری های سرمادوست به مدت ۷ روز در دمای ۴ درجه سانتی گراد مورد انکوباسیون قرار گرفتند (Sanjuás-Rey et al., 2012). بیشینه قابل قبول بار کلی میکروبی برای فرآورده های گوشتی ۱۰^۵ می باشد [18].

آزمون تاشدگی (FT^۹):

برش هایی به ضخامت ۳ میلی متر از قسمت میانی نمونه ها برداشته شد و نمونه ها تا ایجاد چهار لایه تا شدند و مطابق سیستم درجه بندی ۵ نقطه ای که در زیر ارائه شد طبقه بندی گردیدند. (۵) عدم مشاهده ترک حتی در حالت تاشدگی چهار لایه (۴) عدم ایجاد ترک در حالت دولا، اما مشاهده ترک در حالت چهار لایه (۳) عدم ایجاد ترک در حالت دولا، اما شکافتن نمونه در حالت چهار لایه (۲) ایجاد ترک در همان مرحله تاشدگی دولا. (۱) دو نیم شدن کامل نمونه در حالت تاشدگی دولا [17].

آنالیز آماری

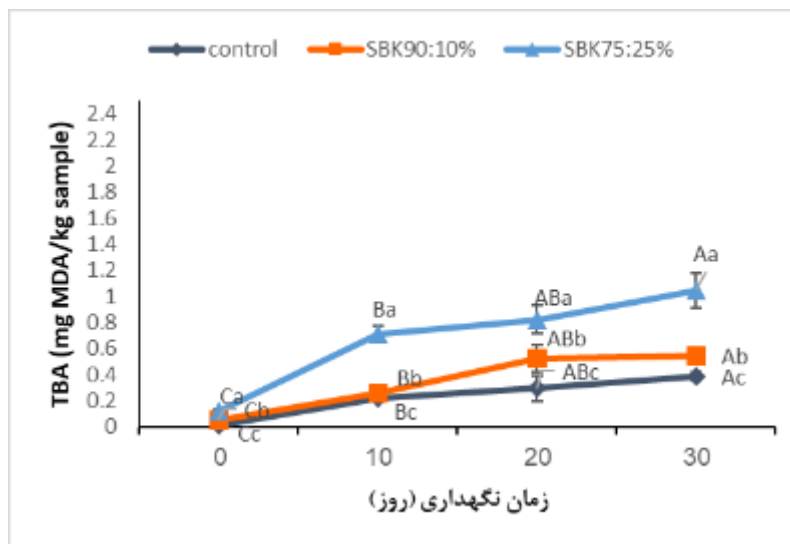
تجزیه و تحلیل داده ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و وجود اختلاف در خواص تیمارهای مختلف با آنالیز واریانس یک طرفه و با نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد ارزیابی قرار گرفت. کلیه آزمون ها در ۳ تکرار و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای توکی جهت بررسی معنی دار بودن متغیر در سطح (۰/۰۵) و نمودار ها با نرم افزار Excel 2016 رسم شد.

نتایج

شاخص تیوباریوتوریک اسید (TBA)

نمودار ۱، تغییرات میزان ترکیبات ثانویه اکسیداسیون چربی (شاخص TBA) نمونه های سوسیس در طول زمان نگهداری را نشان می دهد. میزان ترکیبات ثانویه اکسیداسیون در طول زمان نگهداری در تمام تیمارها به صورت تدریجی افزایش یافته و تیمارها با هم اختلاف معنادار داشتند ($p < 0/05$).

همچنین میزان شاخص تیوباریوتوریک اسید با افزایش درصد گوشت چرخ کرده کیلکا استخوان گیری نشده بالاتر از نمونه شاهد می باشد. میزان TBA در روز صفر برای نمونه شاهد (۰/۰۱۲۵ mgMDA/100g)، SBK10% (۰/۰۵۴۲ mgMDA/100g) و SBK25% (۰/۰۱۲۱ mgMDA/100g) بود که در انتهای دوره نگهداری به ۰/۵۴، ۰/۳۸ و ۱/۰۴ میلی گرم کالون دی آلدئید رسید.



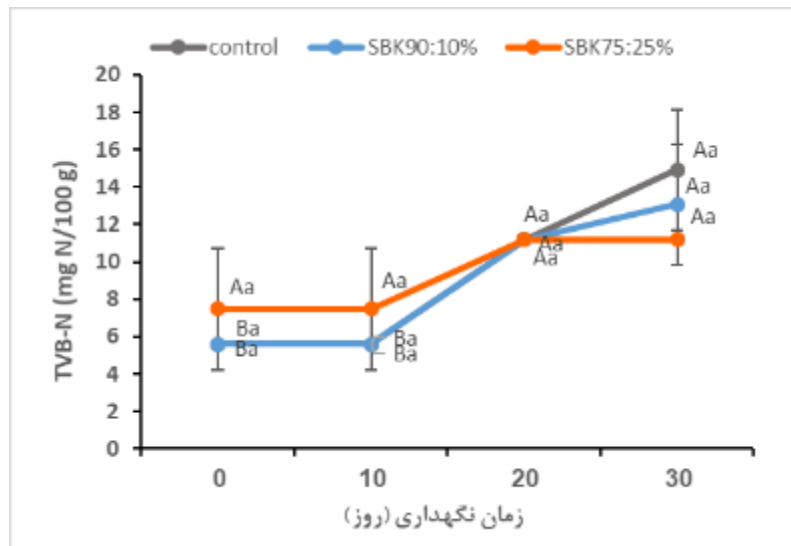
نمودار ۱- تغییرات شاخص تیوباریوتوریک اسید (TBA)، SBK90:10% سوسیس بیگهد حاوی ۱۰٪ کیلکا استخوان گیری نشده، SBK75:25% سوسیس بیگهد حاوی ۲۵٪ کیلکا استخوان گیری نشده، حروف کوچک تفاوت معناداری بین تیمارها و حروف بزرگ اختلاف

⁹ Folding Test

معناداری هر تیمار طی زمان

ترکیبات نیتروژنه فرار (TVB-N)

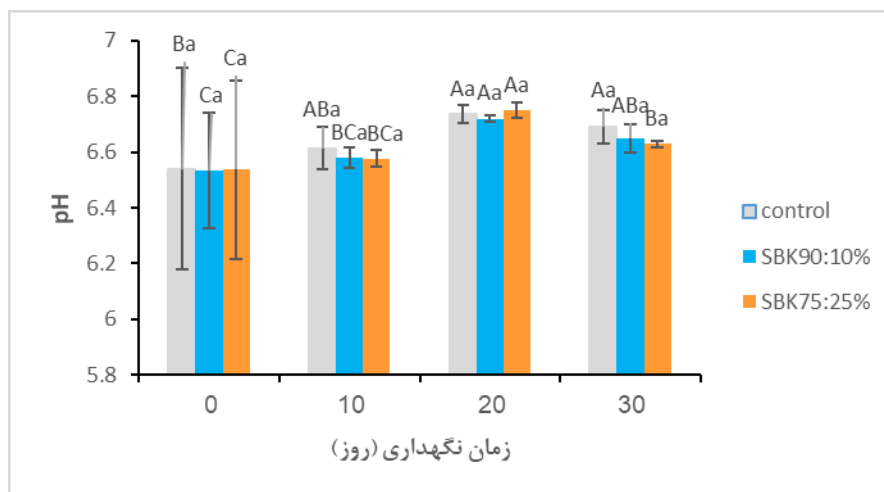
نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقادیر TVB-N در هر سه تیمار در طی مدت ۳۰ روز نگهداری در یخچال در نمودار (۲) حاکی از آن بود که گذشت زمان سبب افزایش تدریجی این شاخص در تمام تیمارها شد. ولی اختلاف معناداری در اثر افزودن گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده ایجاد نشده بود و تیمارها با هم تفاوت معناداری نداشتند ($p > 0/05$). تغییرات این شاخص برای تیمار شاهد و ۱۰٪ SBK10 در طی دوره نگهداری معنادار بود و در ابتدای دوره (۵/۶ mg N/100g) بود که با گذشت زمان افزایش یافته و در انتهای دوره به (۱۴/۹۳ و ۱۳/۰۶ mg N/100g) رسید؛ ولی برای تیمار ۲۵٪ SBK25 در طی دوره نگهداری در یخچال تغییرات این شاخص معنادار نبود.



نمودار ۲- تغییرات ترکیبات نیتروژن دار فرار (TVB-N)، ۱۰٪ سوسیس بیگ‌هد حاوی ۱۰٪ گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده، ۲۵٪ سوسیس بیگ‌هد حاوی ۲۵٪ کیلکا استخوان‌گیری نشده، حروف کوچک تفاوت معناداری بین تیمارها و حروف بزرگ اختلاف معناداری هر تیمار طی زمان

pH

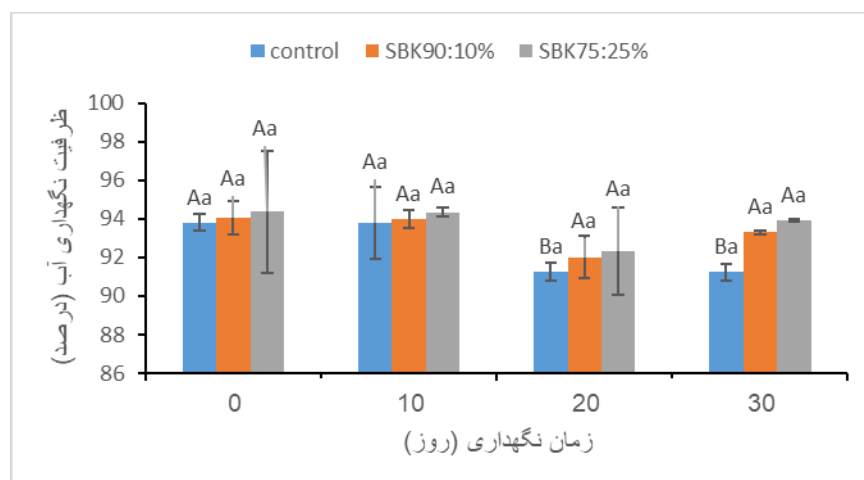
تغییرات میزان pH در طی دوره نگهداری در نمودار (۳) نشان داده شده، و در بازه ۶/۵۳ تا ۶/۶۹ قرار داشت. تیمارها از نظر pH با هم اختلاف معنادار نداشتند ($p > 0/05$). ولی تغییرات pH برای هر یک از تیمارها در طی زمان نگهداری در یخچال افزایش معنادار داشت ($p < 0/05$). بالاترین میزان pH در طی دوره نگهداری در یخچال مربوط به تیمار شاهد در بازه (۶/۵۴ تا ۶/۶۹) بود و میزان pH در تیمارهای حاوی گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده کمتر از تیمار شاهد و در بازه (۶/۵۳ تا ۶/۶۵) قرار داشت.



نمودار ۳- تغییرات pH طی دوره نگهداری در یخچال نمونه‌های سوسیس، Control: نمونه شاهد فاقد گوشت چرخ کرده کیلکا، SBK90/10% سوسیس بیگ‌هد حاوی ۱۰٪ گوشت چرخ کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده، SBK75/25% سوسیس بیگ‌هد حاوی ۲۵٪ کیلکا استخوان‌گیری نشده، حروف کوچک تفاوت معناداری بین تیمارها و حروف بزرگ اختلاف معناداری هر تیمار طی زمان

ظرفیت نگهداری آب

تغییرات ظرفیت نگهداری آب در طی دوره نگهداری با توجه به نمودار (۴) نشان می‌دهد که این شاخص برای تمام تیمارها کاهشی بوده و هر سه تیمار با هم اختلاف معنادار نداشتند ($p>0/05$). با این حال بالاترین ظرفیت نگهداری آب تا پایان دوره مربوط به تیمارهای حاوی ۱۰ و ۲۵ درصد گوشت چرخ کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده بود.



نمودار ۴- تغییرات میزان ظرفیت نگهداری آب، Control: نمونه شاهد فاقد گوشت چرخ کرده کیلکا، SBK90/10% سوسیس بیگ‌هد حاوی ۱۰٪ گوشت چرخ کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده، SBK75/25% سوسیس بیگ‌هد حاوی ۲۵٪ کیلکا استخوان‌گیری نشده، حروف کوچک تفاوت معناداری بین تیمارها و حروف بزرگ اختلاف معناداری هر تیمار طی زمان

ارزیابی حسی

امتیاز شاخص‌های رنگ، بافت، طعم، بو و مقبولیت کلی توسط ارزیابان طی ۳۰ روز نگهداری در یخچال سنجیده و نتایج آن در جدول (۱) بیان شد. به طور کلی برای هر سه تیمار شاخص‌های حسی در طول دوره کاهشی بود. نمونه‌های سوسیس حاوی مقادیر مختلف گوشت کیلکا

استخوان‌گیری نشده (۱۰ و ۲۵ درصد) نسبت به نمونه شاهد در شاخص‌های بافت، بو، رنگ و ظاهر تفاوت معناداری نداشتند ($p>0.05$). ولی نمونه سوسیس SBK25% نسبت به نمونه شاهد و SBK10% از نظر شاخص‌های طعم و پذیرش کلی تفاوت معنادار داشت ($p<0.05$). تیمار شاهد از نظر تمام شاخص‌های حسی به جز بو، ظاهر و پذیرش کلی در طی دوره نگهداری تفاوت معنادار نداشت. نمونه سوسیس SBK10% از نظر تمام شاخص‌های حسی در طی دوره نگهداری تغییرات معنادار نداشت و نمونه سوسیس SBK25% از نظر تمام شاخص‌های حسی به جز بافت، رنگ و ظاهر در طی دوره نگهداری تفاوت معناداری نداشت ($p>0.05$).

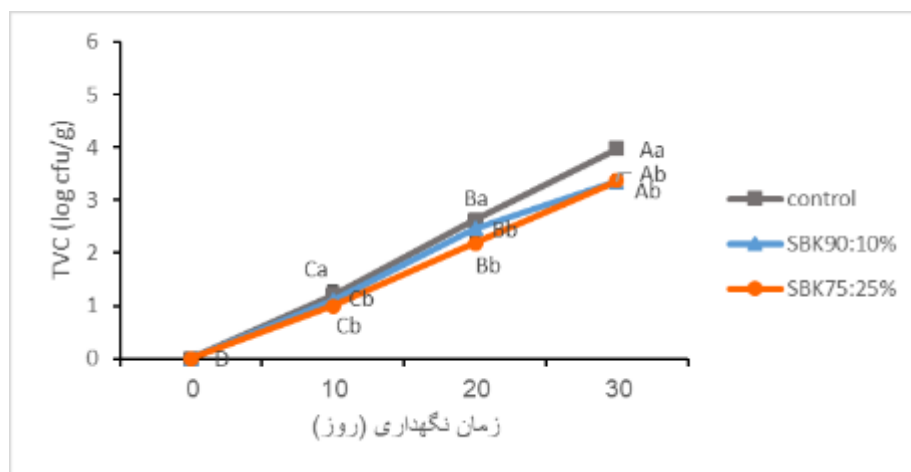
زمان نگهداری	شاخص	Control	SBK90/10	SBK75/25
روز صفر	طعم	7.8±0.79 ^{Aa}	7.53±0.76 ^{Aa}	5.08±2.19 ^{Ab}
	بافت	7.5±1.18 ^{Aa}	7±1.33 ^{Aa}	6.76±1.9 ^{Ba}
	بو	7.70±0.95 ^{Aa}	7.3±0.95 ^{Aa}	7.00±1.41 ^{Aa}
	رنگ	7.3±0.82 ^{Aa}	7.5±0.71 ^{Aa}	7.4±1.35 ^{Aa}
	ظاهر	8.3±0.48 ^{Aa}	8.1±0.57 ^{Aa}	7.8±0.92 ^{Aa}
	پذیرش کلی	7.9±0.99 ^{Aa}	7±1.24 ^{Aab}	6.4±1.5 ^{Ab}
روز ۱۰	طعم	7.8±0.63 ^{Aa}	7±1.05 ^{Aa}	5.3±1.42 ^{Ab}
	بافت	7.5±0.52 ^{Aa}	7.1±1.4 ^{Aa}	6.9±0.52 ^{ABa}
	بو	7.1±0.74 ^{Aa}	6.9±1 ^{Aa}	6.70±1.06 ^{Aa}
	رنگ	7.3±0.70 ^{Aa}	7.5±0.71 ^{Aa}	7.2±0.42 ^{Aa}
	ظاهر	8.2±0.00 ^{Aa}	8.1±0.57 ^{Aa}	8±0.00 ^{Aa}
	پذیرش کلی	7.8±0.79 ^{Aa}	7.3±1.06 ^{Aab}	6.9±0.57 ^{Ab}
روز ۲۰	طعم	7±0.67 ^{Ba}	6.9±0.99 ^{Aa}	4.5±1.43 ^{Ab}
	بافت	7.5±1.18 ^{Aa}	6.9±1.28 ^{Aa}	7.6±0.73 ^{Aa}
	بو	6.2±1.47 ^{Aa}	6.5±0.97 ^{Aa}	6.2±1.03 ^{Aa}
	رنگ	7.4±0.67 ^{Aa}	7.5±0.71 ^{Aa}	7.8±0.63 ^{Aa}
	ظاهر	8±0.42 ^{Aa}	8.1±0.57 ^{Aa}	8±0.47 ^{Aa}
	پذیرش کلی	7.3±0.67 ^{ABa}	7.3±0.57 ^{Aab}	6.8±0.63 ^{Ab}
روز ۳۰	طعم	7±0.66 ^{Ba}	6.9±0.99 ^{Aa}	4.5±1.43 ^{Ab}
	بافت	7.2±0.79 ^{Aa}	7.3±0.67 ^{Aa}	7±0.81 ^{ABa}
	بو	6.2±0.42 ^{Ba}	6.7±0.67 ^{Aa}	7.3±0.48 ^{Aa}
	رنگ	6.6±0.52 ^{Aa}	6.8±0.63 ^{Aa}	5.2±0.92 ^{Ba}
	ظاهر	7.3±0.62 ^{Ba}	7.6±0.52 ^{Aa}	7.1±0.57 ^{Ba}
	پذیرش کلی	6.7±0.48 ^{Ba}	7.1±1.06 ^{Aab}	6.5±0.52 ^{Ab}

جدول (۱) ارزیابی حسی طی نگهداری ۳۰ روز در یخچال: Control: نمونه شاهد فاقد گوشت چرخ کرده کیلکا، SBK90/10% سوسیس بیگ‌هد حاوی ۱۰٪ گوشت چرخ کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده، SBK75/25% سوسیس بیگ‌هد حاوی ۲۵٪ کیلکا استخوان‌گیری نشده، حروف کوچک تفاوت معناداری بین تیمارها و حروف بزرگ اختلاف معناداری هر تیمار طی زمان

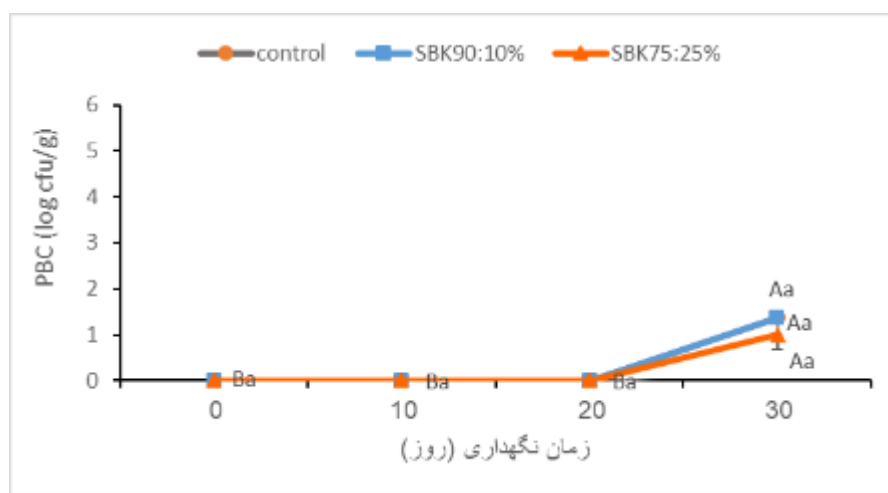
شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها (TVC) و باکتری‌های سرمادوست (PBC)

نتایج مربوط به خصوصیات میکروبی نمونه‌های سوسیس با توجه به نمودارهای ۵ حاکی از آن است که تفاوت معناداری از نظر تعداد باکتری کل با افزودن درصد‌های (۱۰ و ۲۵٪) گوشت کیلکا استخوان‌گیری نشده نسبت به تیمار شاهد حاصل شده ($p<0.05$)، ولی اثر منفی بر آن نداشته، با این حال تعداد کل

باکتری‌ها در هر سه تیمار طی زمان افزایش معنی‌دار داشت ($p < 0/05$). همچنین نتایج حاکی از آن بود که بار میکروبی تمامی نمونه‌ها در روز ۳۰ نگهداری پایین‌تر از حد مجاز برای فرآورده‌های گوشتی، یعنی $5 \log \text{cfu/g}$ و در محدوده ($3/35$ تا $3/97$) می‌باشد [18]. در رابطه با باکتری‌های سرمادوستی تا روز ۲۰ نگهداری در یخچال در هیچ کدام از نمونه‌ها باکتری مشاهده نشد و تیمارها با هم تفاوت معنادار نداشتند ($p > 0/05$). با این حال در روز ۳۰ نگهداری باکتری‌های سرما دوست در هر سه تیمار مشاهده شد ولی تعداد آن در تیمار SBK25% ($0/99 \log \text{cfu/g}$) کمتر از نمونه SBK10% و نمونه شاهد ($1/37 \log \text{cfu/g}$) بود.



(الف)

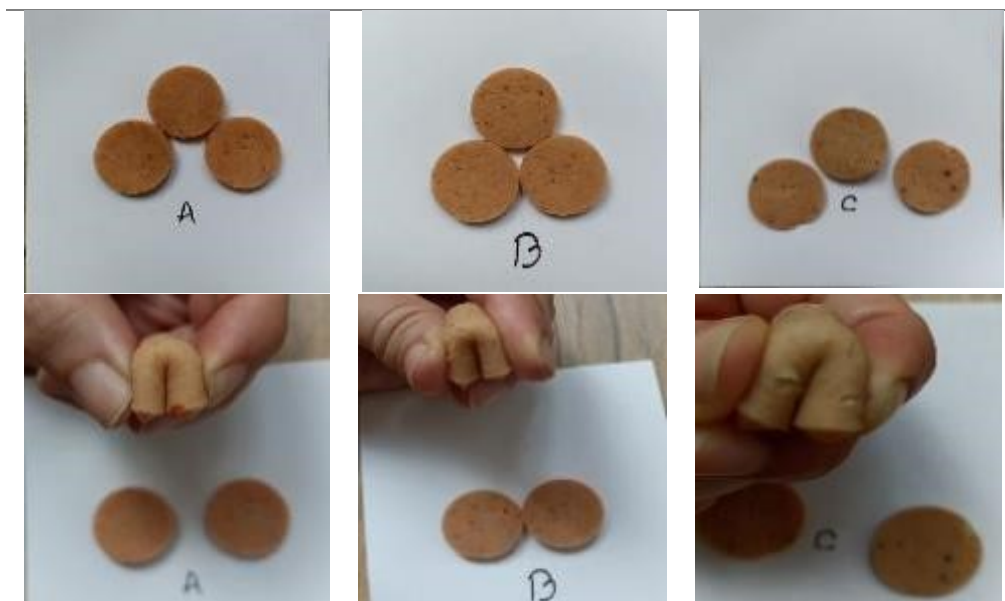


(ب)

نمودار ۵- خصوصیات میکروبی، (الف) تعداد کل باکتری؛ (ب) باکتری‌های سرما دوست؛ SBK90:10% سوسپس بیگ‌هد حاوی ۱۰٪ گوشت چرخ کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده، SBK75:25% سوسپس بیگ‌هد حاوی ۲۵٪ کیلکا استخوان‌گیری نشده، حروف کوچک تفاوت معناداری بین تیمارها و حروف بزرگ اختلاف معناداری طی زمان

آزمون تاشدگی (Folding test)

نتایج آزمون تاشدگی سوسپس‌ها در شکل ۱ ارائه شده است. این آزمایش نشان داد که سوسپس‌های بیگ‌هد حاوی گوشت چرخ کرده استخوان‌گیری نشده کیلکا بالاترین درجه کیفیت را (امتیاز ۵) در طی نگهداری ۳۰ روز در یخچال مشابه سوسپس بیگ‌هد (شاهد) کسب کردند و نمونه‌ها با هم تفاوت معنادار نداشتند.



شکل ۱- آزمون تاشدگی روز ۳۰ نگهداری در یخچال؛ کنترل: A تیمار شاهد؛ B سوسیس بیگهد حاوی ۱۰٪ گوشت چرخ کرده کیلکا استخوان گیری نشده؛ C سوسیس بیگهد حاوی ۲۵٪ کیلکا استخوان گیری نشده

بحث

افت کیفیت ناشی از فساد حاصل از اکسایش چربی ماهیان یک عامل تهدید آمیز در فرآورده های دریایی محسوب می شود. مقدار فراوان اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه در ماهیان سبب افزایش حساسیت و آسیب پذیر شدن آن ها در برابر اکسیداسیون می باشد^[19]. میزان مجاز TBA حدود ۳-۴ میلی گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم نمونه است^[20]. همچنین به طور کلی، میزان (mg MDA/kg) ۱-۲ اندیس TBA به عنوان حد محدود کننده قابلیت پذیرش توسط مصرف کنندگان به دلیل طعم و بوی نا مطلوب آن مشخص شده است^[21]. نتایج مطالعه ی ما حاکی از آن است که هر سه تیمار در محدوده مجاز این شاخص قرار داشتند. همچنین افزایش TBA با گذشت زمان در تیمارهای مورد مطالعه ممکن است به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدان ها و افزایش آلدهیدها به عنوان محصول ثانویه اکسیداسیون که از شکستن هیدروپروکسیدها به وجود می آیند؛ باشد^[22,23]. با افزایش مقدار گوشت کیلکای استخوان گیری نشده میزان TBA افزایش یافت که ممکن است به دلیل چرب تر بودن ماهی کیلکا ماهی نسبت به بیگهد باشد و نتایج اندازه گیری چربی تیمارها که در این مقاله آورده نشده است، نیز گویای این مطلب می باشد (نتایج منتشر نشده محققین). بنابراین اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در آن مستعد اکسیداسیون هستند. همچنین نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه ی حیدری و همکاران (۲۰۲۱) که بر روی تأثیر میکروپودر استخوان قزل آلا ی رنگین کمان بر کیفیت ماندگاری ژل سوریمی ماهی یال اسبی بود مغایرت داشت و میزان TBA در نمونه های حاوی درصد پودر استخوان بیشتر، پایین تر بود. این مغایرت می تواند به دلیل حذف چربی ها که سویسترای اصلی اکسیداسیون هستند و مولکول های آهن نظیر گلوبین ها هنگام شستشوی مکرر در تهیه سوریمی باشد^[11].

با افزایش مدت نگهداری مقدار TVB-N افزایش یافت که احتمالاً ناشی از تجزیه پروتئین در طول نگهداری در یخچال، توسط میکروارگانیسم ها و فعالیت آنزیم های پروتئولیتیک در گوشت و فرآورده های گوشتی می باشد^[24]. همچنین، فعالیت آنزیم های درونزا و باکتری های سایکروتروف می تواند بر مقادیر TVB-N، کیفیت و ماندگاری محصول در یخچال تأثیر بگذارند^[25]. میزان حد مجاز TVB-N برای گوشت ماهی ۲۵ میلی گرم در صد گرم در این پژوهش در نظر گرفته شد^[26]؛ و همچنین روند افزایشی ملایم TVB-N مرتبط با نتایج TVC بدست آمده و تأثیر عملکرد میکروارگانیسم ها نیز می باشد. میزان TVB-N در این تحقیق برای هر سه تیمار در طی مدت ۳۰ روز نگهداری زیر حد مجاز بود که احتمالاً به سبب استفاده از پوشش پنج لایه پلی اتیلنی ممانعت از آلودگی ثانویه و شرایط نگهداری پایدار، در یخچال می باشد^[27]. عامل اصلی

بروز تغییرات در میزان شاخص TVB-N کاهش فعالیت باکتری‌ها به سبب دمای یخچال در طول دوره نگهداری می‌باشد^[28]. در پژوهش ما افزودن گوشت کیلکا استخوان گیری نشده تأثیر معناداری در تجمع ترکیبات ازته فرار نداشت و از این جهت با نتایج Heydari و همکاران (۲۰۲۱) که بر روی افزودن میکرو پودر استخوان قزل‌آلا رنگین کمان بر کیفیت ماندگاری ژل یال اسبی سر بزرگ پرداخته بود همسو است^[11].

افزایش تدریجی pH در مطالعه حال حاضر می‌تواند به دلیل، عمل آنزیم‌ها و آزاد شدن ازت به سبب تجزیه پروتئین‌ها و همچنین فعالیت باکتری‌ها در تیمارها باشد. همچنین کاهش جزئی pH در روز ۳۰ نگهداری برای تمام تیمارها می‌تواند به دلیل تخمیر کربوهیدرات و نشاسته موجود در فرمولاسیون سوسیس باشد. در عین حال آزاد شدن اسیدهای چرب در نمونه‌های حاوی گوشت کیلکا استخوان گیری نشده که میزان چربی بالاتری نسبت به تیمار شاهد دارند می‌تواند دلیل کاهش pH این تیمارها در روز های پایانی نگهداری باشد. نتایج نشان داد که افزودن گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان گیری نشده به سوسیس گوشت چرخ‌کرده بیگ‌هد اثر منفی نداشته است و طبق نتایج مطالعات پودر کلسیم حاصل از منابع طبیعی (پوسته تخم مرغ و پوسته صدف) اثر ضد میکروبی دارد^[29]. بنابراین ممکن است به دلیل وجود کلسیم موجود در استخوان کیلکا رشد باکتری‌ها در این تیمارها کمتر از تیمار شاهد شده و به همین دلیل pH کمتری نسبت به تیمار شاهد داشتند. نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهش^[9] روی تأثیر کلسیم استخوان تیلایا بر کیفیت سوسیس همسو بود و نشان داد که با افزودن عصاره کلسیم، pH تحت تأثیر قرار نگرفت. ولی با نتایج Ibrahim & Alaboud که اثر پودر استخوان سالمون بر کتلت ماهی را بررسی نمودند^[30] و نتایج Prayitno و همکاران (۲۰۲۲)^[31] که اثر تقویتی نانو کلسیم پوسته تخم اردک بر روی کیفیت فیزیکی سوسیس گاو بررسی نمودند و افزایش درصدها نانو کلسیم پوسته تخم اردک سبب افزایش pH شده بود در تضاد می‌باشد.

ظرفیت نگهداری آب در مطالعه ما در طول دوره کاهشی بود و تفاوت آماری معناداری بین تیمارها مشاهده نشد ولی در نمونه‌های حاوی درصد بیشتر گوشت کیلکا استخوان گیری نشده مقادیر عددی آن به صورت جزئی افزایش یافته بود. که می‌تواند به دلیل یون کلسیم حاصل از استخوان، از طریق متراکم‌تر کردن شبکه ژل با افزایش فعالیت ترانس گلوتامیناز باشد^[32]. زیرا طبق مطالعات علمی انجام شده پودر کلسیم حاصل از منابع طبیعی (پوسته تخم مرغ و پوسته صدف) ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهد و اثر ضد میکروبی دارد^[29]. نتایج WHC تحقیق حاضر و نتایج میکروبی نیز این مسئله را تأیید می‌کند. همچنین ممکن است به خاطر آنزیم‌های درون‌زاد مختلفی که در ماهی دریایی کیلکا وجود دارد استحکام ژل و WHC افزایش یافته و از این جهت با نتایج Yin و همکاران همسو می‌باشد^[16]. نتایج این پژوهش همسو با نتایج Prayitno و همکاران (۲۰۲۲)^[31] در رابطه با افزودن نانو کلسیم پوسته تخم اردک به سوسیس گاو، با نتایج Heydari و همکاران (۲۰۲۱)^[11] و همینطور نتایج مطالعه Ibrahim & Alaboud (۲۰۲۵) که اثر پودر استخوان سالمون بر کتلت ماهی را بررسی نمودند می‌باشد.

ارزیابی حسی نتایج پژوهش حال حاضر نشان داد که با افزایش درصد گوشت کیلکا استخوان گیری نشده تفاوتی در بافت ایجاد نشده بود که با نتایج میزان تاشدگی همسو بود. و از نظر طعم، بو، رنگ، ظاهر و پذیرش کلی با افزایش درصد کیلکا استخوان گیری نشده تا ۲۵٪ امتیاز این شاخص‌ها کمتر از SBK10% بود و همین مسئله سبب کاهش پذیرش کلی آن شد. که این مورد می‌تواند به جهت طعم و بوی قوی تر ماهی کیلکا به دلایل مختلف از جمله میزان چربی غیر اشباع بیشتر و ترکیبات ازت دار پروتئینی بالاتر نسبت به ماهیان آب شیرین باشد. نتایج ارزیابی حسی این مطالعه با نتایج Yin و همکاران (۲۰۲۰) که بر روی خواص ژل و ویژگی‌های طعم مخلوط گوشت چرخ‌کرده آنچوی با سوریمی کپور نقره مطالعه نمودن همسو می‌باشد^[16].

ارزیابی های میکروبی بیان گر آن است که افزودن گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان گیری نشده نه تنها اثر منفی بر روی میزان بار باکتریایی نداشته بلکه افزودن گوشت چرخ‌کرده با استخوان کیلکا سبب کاهش آن نیز شده است. که می‌تواند ناشی از دستکاری کمتر گوشت کیلکا نسبت به ماهی فیتوفاگ به دلیل عدم استخوانگیری و یا به دلیل وجود کلسیم حاصل از استخوان باشد زیرا طبق مطالعات علمی انجام شده پودر کلسیم حاصل از منابع طبیعی (پوسته تخم مرغ و پوسته صدف) اثر ضد میکروبی دارد^[29]. همچنین نتایج میکروبی و نتایج مربوط به pH همدیگر را

تأیید می‌کنند زیرا pH شاهد در طی زمان افزایش بیشتری داشت رشد باکتریایی هم بالاتر بود، همچنین نتایج میکروبی و TVB-N نیز باهم مطابقت دارند.

آزمون تاشدگی معمولاً در ارزیابی کیفیت ژل سوریمی استفاده می‌شود و می‌تواند آزمونی عالی در پیش‌بینی کیفیت بافت محصولات غذایی ژلی مانند سوسیس باشد^[17]. نتایج مطالعه ما نشان داد افزودن گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده سبب کاهش استحکام ژل نشد، و با نتایج حسی در مورد بافت توسط ارزیابان روز ۳۰ نگهداری در یخچال تأیید می‌شود. این تحقیق به مانند بسیاری از تحقیقات نشان داد که وجود کلسیم موجود در استخوان سبب بهبود بافت می‌شود^[9-12,31,33-35]. همچنین با نتایج مطالعه Yin و همکاران^[16] که بر روی مخلوط گوشت چرخ‌کرده آنچوی و سوریمی کپور نقره‌ای پژوهش نمودند و در نسبت‌های ۹۰/۱۰ و ۸۰/۲۰ این دو ماهی افزایش استحکام ژل مشاهده شد همسو می‌باشد.

نتیجه‌گیری: افزودن گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده در خواص کار کردی ژل سوسیس بیگ‌هد از جمله ظرفیت نگهداری آب، آزمون تاشدگی و pH با افزایش درصد کیلکا استخوان‌گیری نشده تغییری معناداری ایجاد نکرد ولی اثر مثبت داشت. همچنین با افزایش درصد گوشت کیلکا استخوان‌گیری نشده پایداری میکروبی به‌طور معناداری بهبود یافت. این پژوهش نشان داد استفاده کاربردی از ماهیان دریایی کوچک با استخوان‌های ریز در فرآورده‌های امولسیون با ارزش افزوده بالا می‌تواند به عنوان یک تثبیت‌کننده بافتی عمل کرده و بار باکتریایی کل و باکتری‌های سرمدوست را نسبت به نمونه شاهد سرکوب می‌کند. این یافته‌ها یک مسیر مشخصی برای صنعت فرآوری آبزیان فراهم می‌آورد تا ضایعات ناشی از استخوان‌گیری مکانیکی کاهش داده و پروفایل تغذیه‌ای فرآورده‌های مبتنی بر گوشت چرخ‌کرده را تقویت نماید، بدون آنکه به یکپارچگی ساختاری محصول آسیبی وارد شود یا شاخص‌های اکسیداسیون چربی و نیتروژن فرار از حد مجاز فراتر روند. در ارزیابی حسی به دلیل طعم قوی ماهی کیلکا میزان پذیرش کلی ۲۵٪ SBK کمتر از ۱۰٪ SBK در طی دوره نگهداری بود. بنابراین سطح جابجایی ۱۰٪ گوشت چرخ‌کرده لیلکا استخوان‌گیری نشده به عنوان فرمولاسیون بهینه صنعتی می‌تواند تعادلی میان افزایش ماندگاری و پذیرش حسی بالای مصرف‌کننده برقرار نماید و به عنوان یک راهبرد مؤثر برای تولید سوسیس ماهی غنی‌شده در بازار مصرف مورد توجه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از سرکارخانم مهندس فاطمه علیدوستی جهت همکاری در انجام برخی آزمایشات صمیمانه تشکر می‌کنم.

تأییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع مالی: این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شده است.

سهم نویسندگان: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

1. Gore, S. B., Balange, A. K., Nayak, B. B., Kumar, H. S., Tandale, A. T., & Xavier, K. M. (2021). Comparative analysis of unwashed and single washed mince gel from Indian major carps. *Journal of Food Science and Technology*, 1-11.
2. Pyz-Łukasik, R., & Paszkiewicz, W. (2018). Species variations in the proximate composition, amino acid profile, and protein quality of the muscle tissue of grass carp, bighead carp, siberian sturgeon, and wels catfish. *Journal of Food Quality*, 2018(1), 2625401.
3. FAO. (2022). *In Brief to The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. FAO ; <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc0463en>
4. F.A.O. (2008). *Fisheries Global Information System. Fresh water fish processing*.
5. Moini, S. (2002). *Research on the method of producing sausage from Kilka fish*. 1(4), 111-119. <https://sid.ir/paper/357553/fa>
6. Marjan, A. Q., & Marliyati, S. A. (2013). Hubungan antara pola konsumsi pangan dan aktivitas fisik dengan kejadian osteoporosis pada lansia di panti Werdha Bogor. *Jurnal Gizi Dan Pangan*, 8(2), 123-128.
7. Seifzadeh, M. (2023). Investigating the Nutritional Value, Microbial, and Sensory Properties of Cultured Silver Carp Fish Bone Powder (*Hipophthalmichthys molitrix*). *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 12(1), 105-120.
8. Amelia, W. (2018). 'Hubungan Pengetahuan Dan Konsumsi Susu Pada Wanita Pralansia Dengan Upaya Pencegahan Osteoporosis Di Baturaja Tahun 2018. *Jurnal Aisyiyah Medika*, 2.
9. Hemung, B.-O., & Sriuttha, M. (2014). Effects of tilapia bone calcium on qualities of tilapia sausage. *Agriculture and Natural Resources*, 48(5), 790-798.
10. Hemung, B.-O., Yongsawatdigul, J., Chin, K. B., Limphirat, W., & Siritapetawee, J. (2018). Silver carp bone powder as natural calcium for fish sausage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(3), 305-315.

11. Heydari, G., V, H. S., Abed Elmdost, A., & Farhangi, M. (2021). The effect of rainbow trout bone powder on the shelf life and texture of Largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*) gel during refrigerated storage. *JFST*, 10(4). [in Persian]
12. Wijayanti, I., Singh, A., Benjakul, S., & Sookchoo, P. (2021). Textural, sensory, and chemical characteristic of threadfin bream (*Nemipterus* sp.) surimi gel fortified with bio-calcium from bone of asian sea bass (*Lates calcarifer*). *Foods*, 10(5), 976.
13. Beatty, S. A., & Gibbons, N. E. (1937). The measurement of spoilage in fish. *Journal of the Biological Board of Canada*, 3(1), 77–91.
14. Buege, J. A., & Aust, S. D. (1978). [30] Microsomal lipid peroxidation. In *Methods in enzymology* (Vol. 52, pp. 302–310). Elsevier.
15. Souppiez, J.-B. R. G., Dages, B. A. S., Pavar, G. S., Fabian, J., Thomas, J. M., & Theodosiou, E. (2024). Mechanical properties and texture profile analysis of beef burgers and plant-based analogues. *Journal of Food Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2024>.
16. Yi, S., Ji, Y., Guo, Z., Zhu, J., Xu, Y., Li, X., & Li, J. (2020). Gel properties and flavor characteristics of blended anchovy (*Engraulis japonicus*) mince and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi. *RSC Advances*, 10(11), 6563–6570.
17. Elavarasan, K., Malini, M., Ninan, G., Ravishankar, C. N., & Dayakar, B. R. (2024). Millet flour as a potential ingredient in fish sausage for health and sustainability. *Sustainable Food Technology*, 2(4), 1088–1100.
18. Stannard, C. (1997). Development and use of microbiological criteria for foods. *Food Science and Technology Today*, 11(3), 137–177.
19. Losada, V., Barros-Velázquez, J., Gallardo, J. M., & Aubourg, S. P. (2004). Effect of advanced chilling methods on lipid damage during sardine (*Sardina pilchardus*) storage. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(12), 844–850.

20. Karaçam, H., & Boran, M. (1996). Quality changes in frozen whole and gutted anchovies during storage at- 18 C. *International Journal of Food Science and Technology*, 31(6), 527-531.
21. Goulas, A. E., & Kontominas, M. G. (2007). Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 100(1), 287-296.
22. de Azevedo Gomes, H., Da Silva, E. N., do Nascimento, M. R. L., & Fukuma, H. T. (2003). Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. *Food Chemistry*, 80(3), 433-437.
23. Rahavjo, S., & Sofos, J. N. (1993). Methodology for measuring malondialdehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues. *Journal of Meat Science*, 35, 145-169.
24. Hernández-Herrero, M. M., Roig-Sagués, A. X., López-Sabater, E. I., Rodríguez-Jerez, J. J., & Mora-Ventura, M. T. (1999). Total volatile basic nitrogen and other physico-chemical and microbiological characteristics as related to ripening of salted anchovies. *Journal of Food Science*, 64(2), 344-347.
25. Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., & Luo, Y. (2011). Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22(3-4), 608-615.
26. El Marrakchi, A., Bennour, M., Bouchriti, N., Hamama, A., & Tagafait, H. (1990). Sensory, chemical, and microbiological assessments of Moroccan sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. *Journal of Food Protection*, 53(7), 600-605.
27. Rawdkuen, S., Jongjareonrak, A., Phatcharat, S., & Benjakul, S. (2010). Assessment of protein changes in farmed giant catfish (*Pangasianodon gigas*) muscles during refrigerated storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(5), 985-994.

28. Yousefi, A. R., Moosavi-Nasab, M., & Govahian, M. (2013). *Investigation and comparison of some physicochemical and sensory properties of produced sausage from minced meat and surimi of Talang Queenfish (Scomberoides Commersonianus)*.
29. S. Kurćubić, V., M. Miletić, N., B. Stajić, S., & M. Petković, M. (2025). Phosphate Replacement in Emulsion-Type Sausages. In *Healthier Food: Design and Development of Foods with Improved Functional and Nutritional Properties* (pp. 165–182). Springer.
30. Ibrahim, M. E. E.-D., & Alaboud, M. A. (2025). Valorization of salmon bone by-Products: An approach for calcium fortification in fish patties. *Food and Humanity*, 100854.
31. Prayitno, A. H., Rukmi, D. L., Widiyawati, A., & Prasetyo, B. (2022). The fortification effect of duck eggshell nano-calcium on the physical quality of beef sausage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 980(1), 012016.
32. Yin, T., Park, J. W., & Xiong, S. (2017). Effects of micron fish bone with different particle size on the properties of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi gels. *Journal of Food Quality*, 2017(1), 8078062.
33. Faridah, A., Utami, R. G., Rosel, R. F., & Zhari, M. S. M. (2023). Whole Tilapia Fish Balls: Texture, Calcium, and Phosphorus. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1228(1), 012011.
34. Trisnawati, M. R., Wijayanti, I., & Riyadi, P. H. (2024). *Characteristics of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) Fish balls with The Addition of Asian Sea Bass (Lates calcarifer) Bones Bio-calcium*. <https://doi.org/10.56946/jzs.v2i2.427>
35. Senphan, T., Mungmueang, N., Karnjanapratum, S., Wangtueai, S., Jongjareonrak, A., & Yarnpakdee, S. (2025). Characterization of Biocalcium Microparticles from Saltwater Crocodile (*Crocodylus porosus*) Bone and Their Potential for Enhancing Fish Bologna Quality. *Foods*, 14(10), 1732.

Evaluation of the Quality and Shelf-life of Bighead Carp Fish Sausage Containing Different Levels of boned-in Common Kilka (*Clupeonella cultriventris*) During Refrigerated Storage

Khadija Alidoosti^{1,2}, Bahareh Shabanpour ^{1*}, Seyed Mehdi Ojagh^{*2}, Seyed Vali Hosseini², Parasto Pourashuri¹

1- Department of Fisheries Products Processing, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

ABSTRACT

This study investigated the effect of replacing different levels of boned-in minced Kilka (10% and 25%) on the quality and shelf-life of Bighead carp fish sausage during 30 days of refrigerated storage. Three treatments were produced: a control group (100% Bighead carp meat), a 90:10 ratio (Bighead to Kilka), and a 75:25 ratio (Bighead to Kilka). Physicochemical, microbial, and sensory evaluations revealed that although the thiobarbituric acid (TBA) values increased significantly with the higher inclusion of boned-in Kilka meat, the total viable count (TVC) in the 25% treatment was significantly lower than that of the control. Furthermore, while the substitution did not cause significant changes in volatile basic nitrogen (TVB-N), psychrotrophic bacteria, water holding capacity (WHC), pH, or gel breaking force, the treatments containing boned-in Kilka numerically exhibited the most favorable WHC and the lowest levels of pH, psychrotrophic bacteria, and TVB-N. Regarding sensory attributes, the 10% boned-in Kilka treatment showed no significant difference from the control; however, the 25% treatment received the lowest scores for flavor and overall acceptability. The findings of this research indicated that although the 25% boned-in Kilka treatment demonstrated the best performance across most measured indices, the 10% treatment is recommended as the optimum formulation. This is due to its positive impact on key indices while maintaining sensory characteristics, thereby establishing an ideal balance between microbial stability and marketability.

KEYWORDS: Sausage, Bighead carp, Kilka, Shelf-life, Refrigerated storage.

ARTICLE TYPE

Original Research

ARTICLE HISTORY

Received:

2025/12/21

Revised:2026/01/10

Accepted:

2026/02/19

ePublished:

2026/03/06

* Corresponding Authors:

Email address:

shabanpour@gau.ac.ir

Ojagh@ut.ac.ir

© Published by Tarbiat Modares University

ISSN: 2322-5513