مجله علوم و فنون شیلات
دوره ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات ۳۴۸ تا ۳۶۴

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

خدیجه 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

چکـــیده

در این پژوهش تأثیر جایگزینی مقادیر مختلف گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده (مقادیر ۱۰ و ۲۵ درصد) بر کیفیت و ماندگاری سوسیس ماهی بیگ هد طی ۳۰ روز نگهداری در یخچال مورد بررسی قرار گرفت. سه تیمار سوسیس ماهی شامل شاهد حاوی ۱۰۰ درصد گوشت ماهی بیگ هد، تیمار ۹۰:۱۰ درصد بیگ هد به کیلکا و تیمار ۷۵:۲۵ درصد بیگ هد به کیلکا تولید شد. نتایج ارزیابی های فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی نشان داد، اگرچه میزان تیوباربیوتوریک 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 به طور 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 استخواگیری 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.

کـــلید واژه‌ها: سوسیس، ماهی بیگ هد، کیلکا، ماندگاری، نگهداری در یخچال

نوع مقـاله

مقاله پژوهشی اصیل
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰
تاریخ بازنگری:۱۴۰۴/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۳۰
تاریخ چاپ الکترونیکی:
۱۴۰۴/۱۲/۱۵

*نویسنده مسئول:
jfst@modares.ac.ir

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 سال۲۰۲۲ 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٪)، پپتیدهاو 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 می گیرد و با میزان تولید جهانی ۲/۳ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ و ۵/۶ ٪ از کل تولید آبزی‌پروری 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 ۱۸±۲ ٪ پروتئین و ۱± ۵٪ 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 به‌صورت گوشت استخوان‌گیری نشده در فرآورده‌های گوشتی، مانند سوسیس، به‌عنوان 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 می‌توانند 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 آبزی 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 استخوان گیری نشده در تولید فرآورده‌های برپایه گوشت چرخ‌شده صورت نگرفته است. البته مطالعاتی روی افزودن پودراستخوان به فرآورده‌ها صورت گرفته همچون مطالعات Hemung و Seriuttha [9] که اثر کلسیم استخوان تیلاپیا بر سوسیس تیلاپیا را بررسی نمودند و نتایج حاکی از بهبود بافتی سوسیس تیلاپیا 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 تیوباربیوتیک 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 وتغذیه‌ای را گزارش نمودند.

همان‌طور که ذکر شد تا کنون مطالعه‌ای، روی افزودن مستقیم گوشت استخوان گیری نشده در تولید فرآورده‌های برپایه گوشت چرخ شده انجام نگردیده همچنین از تأثیر استفاده از آن بر روی بافت، ارزیابی حسی و مدت نگهداری آن اطلاعاتی در دسترس نیست ، بنابراین هدف ازاین تحقیق تعیین خواص بافتی و حسی و کیفیت ماندگاری سوسیس مخلوط گوشت چرخ‌کرده ماهی کیلکا استخوان‌گیری نشده با گوشت چرخ‌کرده بیگ هد (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 بیگ هد به‌صورت 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، ۹۰:۱۰۰، ۷۵:۲۵(وزن:وزن) گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری 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 نیتریت سدیم اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه مخلوط گردید. سپس پرکننده‌ها (نشاسته سیب‌زمینی ، ایزوله سویا) و اتصال دهنده‌ها (کازئین، سفیده تخم‌مرغ، 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 باقی‌مانده یخ اضافه شدند(دمای خمیر در طول مدت تهیه زیر ۱۲ درجه نگه‌داشته شد). سپس خمیر به کمک قیف دستی در پوشش پلی آمیدی ۵ لایه به قطر ۲۵ میلی‌متر پر شد(از هر تیمار سوسیس سه تکرار تهیه گردید)، در ادامه سوسیس‌های خام در بخار آب در دمای ۸۰–۷۵ درجه سانتی‌گراد 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 بسته های 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[1])

برای تخمین مقدار TVB-N از روش Beatty & Gibbons [13] استفاده شد. ۲ گرم از نمونه با ۸ میلی‌لیتر TCA (تری کلرواستیک اسید) ۴٪ مخلوط و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۸۰دور 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 میلی‌لیتر محلول اسیدبوریک ۱٪ به همراه یک شناساگر (برموکروزول سبز + متیل رد) به حلقه داخلی اضافه شد و ۲ میلی‌لیتر از محلول نمونه به حلقه خارجی اضافه گردید. و در آخر ۲ میلی لیتر محلول کربنات پتاسیم K2CO3 اشباع‌در 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 تیتر شد. یک ظرف حاوی معرف TVB-N، TCA4% و کربنات پتاسیم اشباع به عنوان شاهد استفاده شد.

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

Vs: حجم محلول تیترانت (HCL) مصرفی برای نمونه بر حسب میلی‌لیتر .V_B: حجم محلول تیترانت (HCL) مصرفی برای نمونه (شاهد) بر حسب میلی‌لیتر، NHCL: نرمالیته محلول HCL ، AN: وزن اتمی نیتروژن.VE: حجم محلول TCA 4% استفاده شده برای استخراج بر حسب میلی‌لیتر.Ws: وزن نمونه بر حسب گرم.

[1] Total volatile basic nitrogen

تغییرات اکسیداتیو (TBA[۲])

روشی که توسط Buege & Aust [14] ارائه شده بود برای اندازه‌گیری تغییرات اکسیداتیو در نمونه‌های سوسیس استفاده گردید. که با مقدار مواد واکنش‌پذیر تیوباربیوتوریک (TBARS[۳]) بیان شد. این مقدار با کمک منحنی رسم استاندارد ۱،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 تیوباربیتوریک اسید و اسیدهیدروکلریک (۰/۲۵ مولار) تهیه شد. ۰/۵ گرم از نمونه به طور دقیق وزن و با محلول اسید تیوباربیوتوریک (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 جمع آوری 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 میلی لیتری قرار گرفت. نمونه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. سپس نمونه بلافاصله مجدد وزن شد (M_2). آنالیزها در سه تکرار انجام شد و طبق فرمول زیر محاسبه شد [16].

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

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 استاندار ملی ایران شماره ۵۲۷۲ انجام شد. دسته ای از پلیت ها را به منظور سنجش تعداد کلی باکتری‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت و دسته ای دیگر

[2] Thiobarbituric acid
[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 باکتری‌های سرمادوست به مدت ۷ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد مورد انکوباسیون قرار گرفتند(Sanjuás-Rey et al., 2012) . بیشینه قابل قبول بار کلی میکروبی برای فرآورده‌های گوشتی ۱۰^۵ می‌باشد[18].

آزمون تاشدگی(FT[9]):

برش هایی به ضخامت ۳ میلی‌متر از قسمت میانی نمونه‌ها برداشته شد و نمونه‌ها تا ایجاد چهار لایه تا شدند و مطابق سیستم درجه‌بندی ۵ نقطه‌ای که در زیر ارائه شد طبقه‌بندی گردیدند. ۵) عدم مشاهده ترک حتی در حالت تاشدگی چهارلا. ۴) عدم ایجاد ترک در حالت دولا، اما مشاهده ترک در حالت چهارلا. ۳) عدم ایجاد ترک در حالت دولا، اما شکافتن نمونه در حالت چهارلا. ۲) ایجاد ترک در همان مرحله تاشدگی دولا. ۱) دو نیم شدن کامل نمونه در حالت تاشدگی دولا[17].

آنالیز آماری

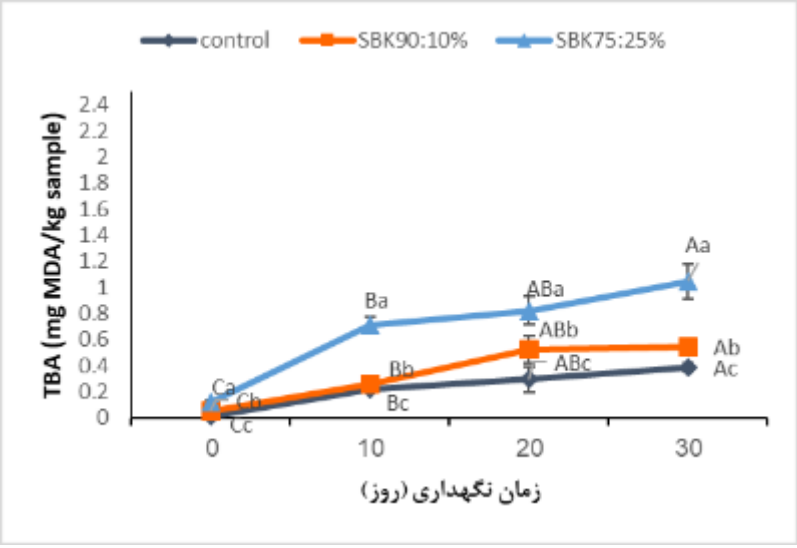
تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و وجود اختلاف در خواص تیمارهای مختلف با آنالیز واریانس یک طرفه و با نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد ارزیابی قرارگرفت. کلیه آزمون ها در ۳ تکرار و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای توکی جهت بررسی معنی‌دار بودن متغیر در سطح (۰/۰۵) ونمودار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

نتایج

شاخص تیوباربیوتوریک اسید (TBA)

نمودار ۱، تغییرات میزان ترکیبات ثانویه اکسیداسیون چربی(شاخص TBA) نمونه‌های سوسیس در طول زمان نگهداری را نشان می‌دهد. 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 تیوباربیوتوریک اسید با افزایش درصد گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده بالاتر از نمونه شاهد می‌باشد. میزان TBA در روز صفر برای نمونه شاهد (۰/۰۱۲۵ mgMDA/100g)، SBK10% (۰/۰۵۴۲ mgMDA/100g) و SBK25% (۰/۱۲۱ mgMAD/100g) بود که در انتهای دوره نگهداری به ۰/۳۸، ۰/۵۴ و ۱/۰۴ میلی گرم کالون دی آلدئید رسید.



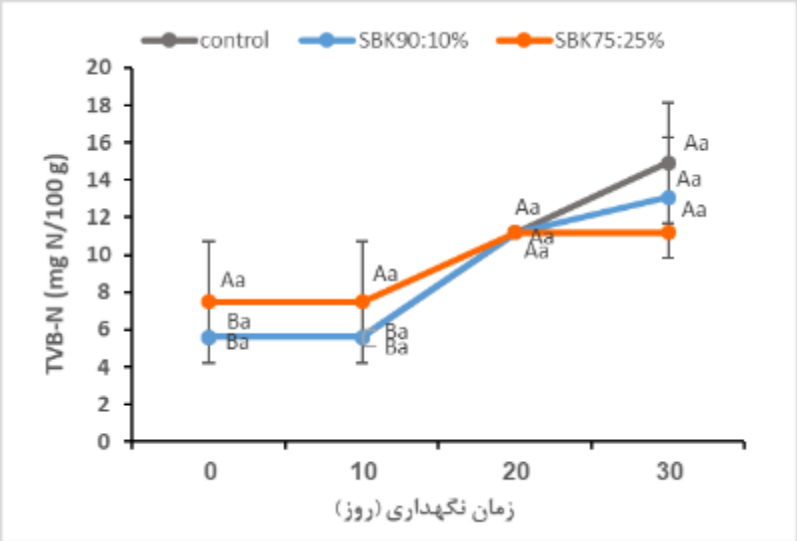
نمودار ۱- تغیرات شاخص تیوباربیوتوریک اسید(TBA)، SBK90:10% سوسیس بیگ‌هد حاوی ۱۰٪ کیلکا استخوان‌گیری نشده، SBK75:25% سوسیس بیگ‌هد حاوی ۲۵٪ کیلکا استخوان‌گیری نشده ، حروف کوچک تفاوت معناداری بین تیمارها و حروف بزرگ اختلاف

[9] Folding Test

معناداری هر تیمار طی زمان

ترکیبات نیتروژنه فرار (TVB-N)

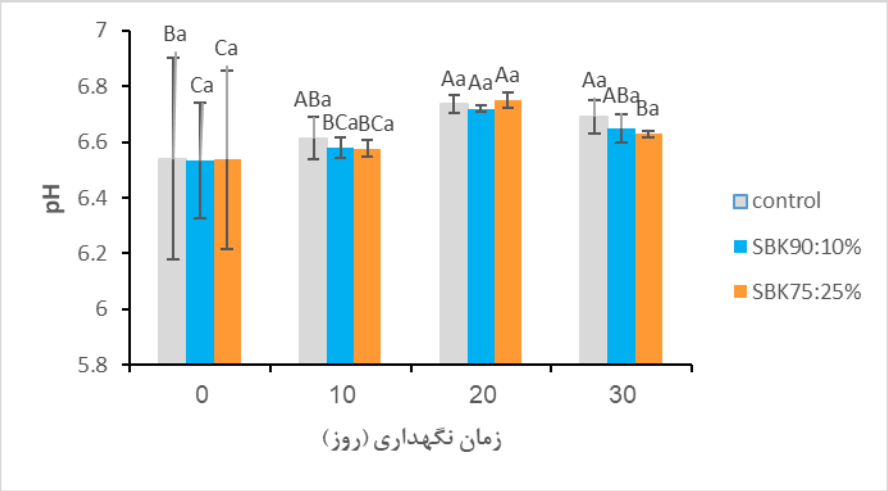
نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقادیر TVB-N در هر سه تیمار در طی مدت ۳۰ روز نگهداری در یخچال در نمودار (۲) حاکی از آن بود که گذشت زمان سبب افزایش تدریجی این شاخص در تمام تیمارها شد. ولی اختلاف معناداری در اثر افزودن گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده ایجاد نشده بود و تیمارها با هم تفاوت معناداری نداشتند($p>0/05$).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



نمودار ۲- تغیرات ترکیبات نیتروژن دار فرار(TVB-N)، SBK90:10% سوسیس بیگ‌هد حاوی ۱۰٪ گوشت چرخ‌کرده 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

pH

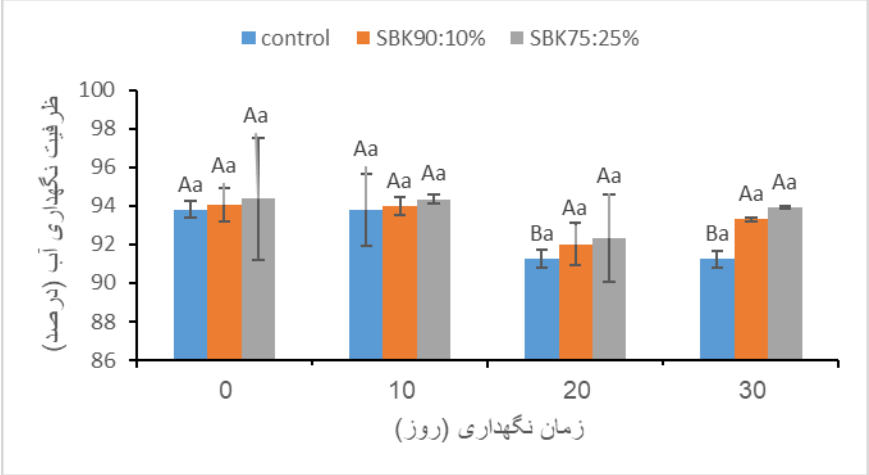
تغییرات میزان pH در طی دوره نگهداری در نمودار (۳) نشان داده شده، و در بازه ۶/۵۳ تا ۶/۶۹ قرار داشت. تیمارها از نظر pH با هم اختلاف معنادار نداشتند($p>0/05$). ولی تغییرات pH برای هر یک از تیمارها در طی زمان نگهداری در یخچال افزایش معنادار داشت($p<0/05$) . بالاترین میزان pH در طی دوره نگهداری در یخچال مربوط 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.



نمودار۳- تغیرات pH طی دوره نگهداری در یخچال نمونه‌های سوسیس، Control: نمونه شاهد فاقد گوشت چرخ کرده کیلکا، SBK90/10% سوسیس بیگ‌هد حاوی ۱۰٪ گوشت چرخ‌کرده 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 این‌حال بالاترین ظرفیت نگهداری آب تا پایان دوره مربوط به تیمارهای حاوی ۱۰ و ۲۵ درصد گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده بود.



نمودار ۴- تغیرات میزان ظرفیت نگهداری آب، Control: نمونه شاهد فاقد گوشت چرخ کرده کیلکا، SBK90/10% سوسیس بیگ‌هد حاوی ۱۰٪ گوشت چرخ‌کرده 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 شاخص های 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($p>0.05$).

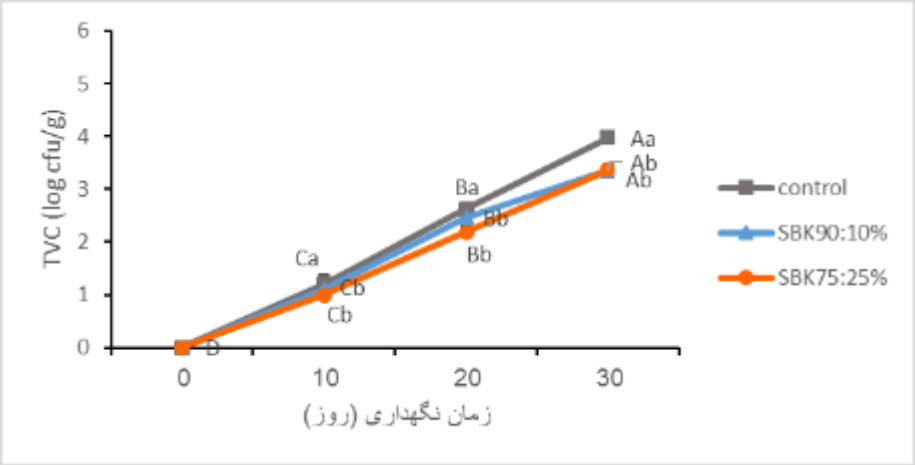
زمان نگهداری	شاخص	Control	SBK90/10	SBK75/25
روز صفر	طعم	7.8±0.79^{Aa}	7.53±0.76^{Aa}	5.08±2.19^{Ab}
	بافت	7.5±1.18^{Aa}	7±1.33^{Aa}	6.76±1.9^{Ba}
	بو	7.70±0.95^{Aa}	7.3±0.95^{Aa}	7.00±1.41^{Aa}
	رنگ	7.3±0.82^{Aa}	7.5±0.71^{Aa}	7.4±1.35^{Aa}
	ظاهر	8.3±0.48^{Aa}	8.1±0.57^{Aa}	7.8±0.92^{Aa}
	پذیرش کلی	7.9±0.99^{Aa}	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 چرخ‌کرده 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

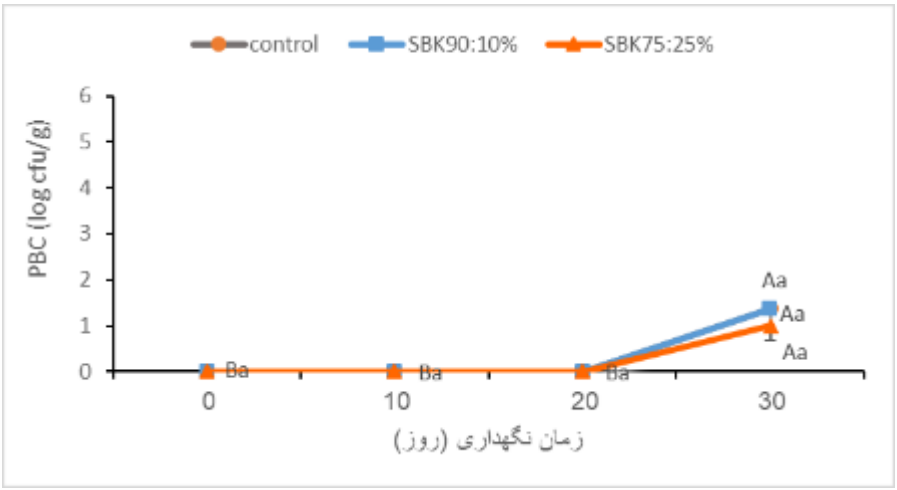
شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها (TVC) و باکتری‌های سرمادوست (PBC)

نتایج مربوط به خصوصیات میکروبی نمونه های 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 استخوان گیری 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 $\log cfu/g$ ۵ و در محدوده (۳/۳۵ تا ۳/۹۷) 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% ($\log cfu/g$ ۰/۹۹)کمتر از نمونه SBK10% و نمونه شاهد($\log cfu/g$ ۱/۳۷) بود.



الف)

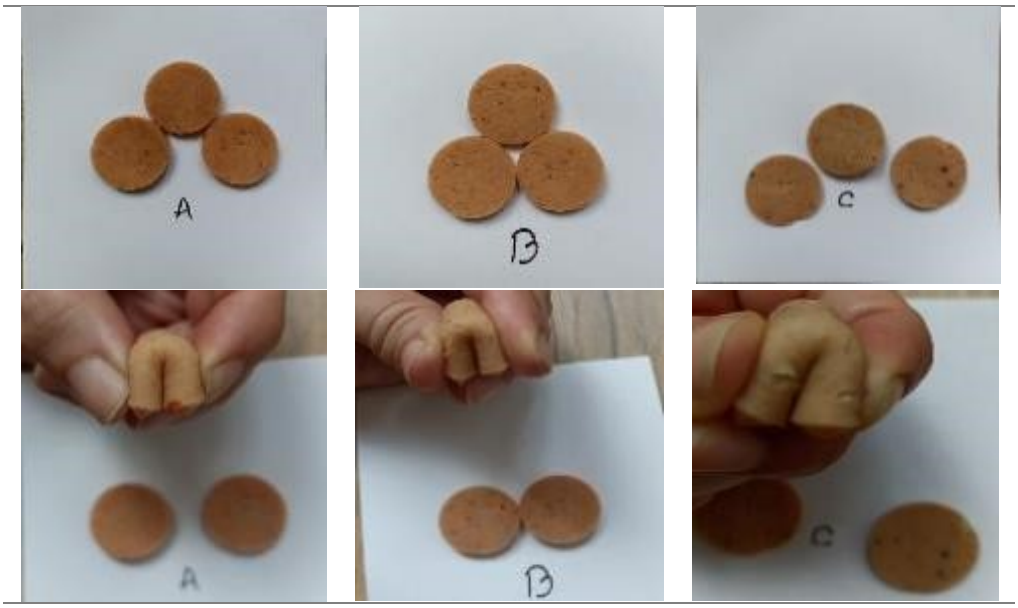


ب)

نمودار ۵- خصوصیات میکروبی ، (الف) تعداد کل باکتری ؛ (ب) باکتری‌های سرما دوست ؛ SBK90:10% سوسیس بیگ‌هد حاوی ۱۰٪ گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده، SBK75:25% سوسیس 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 سوسیس‌ها در شکل ۱ ارائه شده است. این آزمایش نشان داد که سوسیس‌های بیگ‌هد حاوی گوشت چرخ‌کرده استخوان‌گیری نشده کیلکا بالاترین درجه کیفیت را (امتیاز ۵) در طی نگهداری ۳۰ روز در یخچال مشابه سوسیس بیگ‌هد (شاهد) کسب کردن 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 چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری نشده؛ C سوسیس بیگ‌هد حاوی ۲۵٪ کیلکا استخوان‌گیری نشده

بحث

افت کیفیت ناشی از فساد حاصل از اکسایش چربی ماهیان یک عامل تهدید آمیز در فرآورده‌های دریایی محسوب می‌شود. مقدار فراوان اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه در ماهیان سبب افزایش حساسیت و آسیب پذیر شدن آن‌ها در برابر اکسیداسیون می‌باشد[19].میزان مجاز TBA حدود ۴-۳ میلی گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم نمونه است[20]. همچنین به‌طور کلی، میزان (mg MDA/kg) ۲-۱ اندیس TBA به عنوان حد محدود کننده قابلیت پذیرش توسط مصرف‌کنندگان به دلیل طعم و بوی نا مطلوب آن مشخص شده است[21]. نتایج مطالعه‌ی 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 پراکسیدان‌ها و افزایش آلدهیدها به عنوان محصول تانویه اکسیداسیون که از شکستن هیدروپروکسیدها به وجود می‌آیند؛ 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 اندازه‌گیری چربی تیمارها که در این مقاله آورده نشده است، نیز گویای این مطلب می‌باشد(نتایج منتشر نشده محققین). بنابراین اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در آن مستعد اکسیداسیون هستند. همچنین نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه‌ی حیدری و همکاران (۲۰۲۱) که بر روی تأثیر میکروپودر استخوان قزل‌آلای رنگین کمان بر کیفیت ماندگاری ژل سوریمی ماهی یال اسبی بود مغایرت داشت و میزان TBA در نمونه‌های حاوی درصد پودر استخوان بیشتر، پایین‌تر بود. این مغایرت می‌تواند به دلیل حذف چربی‌ها که سویسترای اصلی اکسیداسیون هستند و مولکول‌های آهن نظیر گلوبین‌ها 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 میکروارگانیسم‌ها و فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک در گوشت و فرآورده‌های گوشتی می باشد [24]. همینطور، فعالیت آنزیم‌های درون‌زا و باکتری‌های سایکروتروف می‌تواند 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 تاثیر عملکرد میکروارگانیسم ها نیز می‌باشد. میزان TVB-N در این تحقیق برای هر سه تیمار در طی مدت ۳۰ روز نگهداری زیر حد مجاز بودکه احتمالا به سبب استفاده از پوشش پنج لایه پلی‌اتیلنی ممانعت از آلودگی ثانویه) و شرایط نگهداری پایدار، در یخچال می‌باشد[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 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 تخمیرکربوهیدرات و نشاسته موجود در فرمولاسیون سوسیس باشد. در عین حال آزاد شدن اسیدهای چرب در نمونه‌های حاوی گوشت کیلکا استخوان‌گیری 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 تیلاپیا 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 حاضرو 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 نانوکلسیم 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 استخوان‌گیری 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 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 بیان‌گر آن است که افزودن گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان‌گیری 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

تایید 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.

نتیجه گیری: افزودن گوشت چرخ‌کرده کیلکا استخوان گیری 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 امولسیونی با ارزش افزوده بالا می‌تواند به عنوان یک تثبیت کننده بافتی عمل کرده و بار باکتریایی کل و باکتری‌های سرمادوست را نسبت به نمونه شاهد سرکوب می‌کند. این یافته‌ها یک مسیر مشخصی برای صنعت فرآوری آبزیان فرآهم 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 SBK25% کمتر از SBK10% در طی دوره نگهداری بود. بنابراین سطح جایگزینی ۱۰٪ گوشت چرخ‌کرده لیلکا استخوان‌گیری نشده به عنوان فرمولاسیون بهینه صنعتی می‌تواند تعادلی میان افزایش ماندگاری و پذیرش حسی بالای مصرف‌کننده بر قرار 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 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. Souppez, 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/%2010.1016/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 Commersonnianuus)*.
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.

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume14, Issue4, Winter 2026
Pages: 348-364

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], Bahareh Shabanpour [1]*, Seyed Mehdi Ojaq[2], Seyed Vali Hosseini[2], Parasto Pourashuri[1]
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

A B S T R A C T

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 Author:
Email address:
Tel:
© Published by Tarbiat Modares University
ISSN: 2322-5513