مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تولید سوسیس بر پایه پروتئین قارچی فوزاریوم وناتوم (جایگزین گوشت) و بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی آن

نرگس شهبازپور[1]، انوشه شریفان[2*]، کیانوش خسروی دارانی[3]، هدایت حسینی[4]

1- دانشجوی دکترای تخصصی گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

2- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

3- استاد گروه تحقیقات صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی کشور، انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

4- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی کشور، انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: **1401 /04/28**

تاریخ پذیرش: **1401/06/19**

کلمات کلیدی:

گوشت جایگزین،

مایکوپروتئین،

ارزش غذایی،

فیزیکوشیمیایی،

سوسیس.

DOI: **10.22034/FSCT.19.128.329**

DOR: **20.1001.1.20088787.1401.19.128.29.4**

* مسئول مکاتبات:

a_sharifan2000@yahoo.com

چکیده

در این مطالعه با توجه به اهمیت روزافزون جایگزینی پروتئین‌های گوشتی با یک منبع غذایی سالم به بررسی جایگزینی گوشت با مایکوپروتئین‌های قارچی پرداخته شد که با توجه به خصوصیات مورفولوژی شبیه به گوشت و ارزش غذایی بالا می‌تواند جایگزین مناسبی برای گوشت در فرآورده‌های گوشتی حاصل از آن باشد هدف از این تحقیق بهبود ارزش تغذیه‌ای و سلامتی و بافتی محصولات پروتئینی حاوی گوشت بود که نتایج نشان داد با جایگزینی کامل گوشت با مایکوپروتئین‌ها ویژگی‌های بافتی محصول ازجمله سفتی، قابلیت ارتجاعی و صمغیت نمونه‌ها به‌صورت معنی‌داری کاهش و از طرفی محتوای رطوبتی نمونه‌ها تغییر معنی‌داری نداشت همچنین در بررسی ارزش تغذیه‌ای نمونه‌های محتوی مایکوپروتئین قارچی نسبت به نمونه‌های حاوی گوشت مقدار چربی غیراشباع و پروتئین بالا و کربوهیدرات و خاکستر کمتری داشت که بیانگر ارزش تغذیه‌ای و سلامتی بالاتر سوسیس‌های تهیه‌شده از مایکوپروتئین قارچی نسبت به گوشت گاو می‌باشد.

1-مقدمه

چالش تأمین منابع غذایی بشر با توجه به رشد 250 درصدی جمعیت (از 2/6 بیلیون به 7 بیلیون نفر)در 6 دهه گذشته از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین انتظار می‌رود در صورت تداوم رشد با همین نسبت، میزان جمعیت به 9 بیلیون نفر در سال 2042 برسد [1و 2]. بر اساس گزارش منتشرشده توسط سازمان سلامت جهانی[1] گرسنگی، سوءتغذیه و بیماری‌های مرتبط در کشورهای درحال‌توسعه بسیار رایج است و هرساله 12 هزار نفر در اثر مشکلات ناشی از کمبود ماده غذایی مناسب جان خود را از دست می‌دهند [2]. در حال حاضر به‌طور تقریبی یک بیلیون نفر به تغذیه مناسب که میزان انرژی و پروتئین کافی برایشان فراهم کند، دسترسی ندارند [3]، کمبود پروتئین می‌تواند منجر به بسیاری از مشکلات مانند عدم رشد مناسب، ضعف ماهیچه‌ها و سیستم ایمنی گردد. از طرف دیگر مصرف بسیار بالای پروتئین‌های حیوانی، به‌ویژه گوشت در کشورهای پیشرفته ازجمله نگرانی‌های عمومی می‌باشد. میزان مصرف گوشت در کشورهای غربی به حدود 86/7 کیلوگرم گوشت بااستخوان به ازای هر نفر در سال گزارش‌شده است[4]. افزایش مصارف محصولات دامی علاوه بر مشکلات سلامتی ناشی از افزایش کلسترول و اوریک‌اسید، سهم زیادی در مشکلات زیست‌محیطی ازجمله تغییر شرایط آب‌وهوای جهانی دارد [5]. ازاین‌رو، یافتن جایگزین ارزان و مغذی از اهمیت به سزایی برخوردار است. ازجمله جایگزین‌های مناسب گوشت، پروتئین‌های تک‌یاخته[2] است که درواقع به‌صورت" سلول‌های خشک‌شده باکتری، جلبک، مخمر و قارچ که غنی از پروتئین هستند و می‌توانند به‌عنوان مکمل‌های غذایی برای انسان و حیوان استفاده شوند" تعریف می‌شود. اداره کل غذا و داروی آمریکا در سال 1998 استفاده از پروتئین قارچی را به‌عنوان ماده غذایی تأیید کرد و برابر آمار منتشرشده بیش از 20 میلیون نفر مصرف‌کننده دارد[6]. پروتئین تک‌یاخته مزایای ویژه‌ای در مقایسه با پروتئین حیوانی یا گیاهی دارد، من‌جمله اینکه برای رشد به فصل یا آب‌وهوای خاصی وابسته نیستند (مستقل از مکان و آب‌وهوا قابل تولیدند) و در تمام طول سال می‌توانند تولید شوند. به زمین زیادی نیاز ندارند و محتوای پروتئین بالا با طیف گسترده‌ای از اسیدهای آمینه ضروری دارند. محتوای چربی کمتر و نسبت پروتئین کربوهیدرات بالاتری از خوراک‌های متداول دام دارند. مایکوپروتئین یک منبع پروتئینی مغذی و پایدار در راستای دستورالعمل‌های غذایی فعلی است. تحقیقات نشان می‌دهد که مایکوپروتئین ممکن است به حفظ سطح کلسترول خون سالم و تقویت سنتز عضلات، کنترل گلوکز و انسولین خون و افزایش سیری کمک کند. به‌عنوان یک پروتئین، ممکن است برخی از مصرف‌کنندگان مستعد حساس شوند و متعاقباً دچار آلرژی خاصی شوند. بااین‌حال، بررسی سیستماتیک شواهد نشان می‌دهد که بروز واکنش‌های آلرژیک به مایکوپروتئین بسیار کم است. به عقیده سخنرانان، فواید تغذیه‌ای، بهداشتی و زیست‌محیطی مایکوپروتئین مؤید ایمنی و نقش آن در رژیم غذایی سالم است[7].

تولید پروتئین تک سلولی دارای مزایای بارز مختلفی است، به عنوان مثال می توان آن را روی ضایعات پرورش داد و دوستدار محیط زیست است زیرا به ارتقای بهره وری ضایعات کشاورزی کمک می کند [8]. مایکوپروتئین یک منبع غذایی پایدار با مشتقات قارچی غنی از پروتئین است که اولین بار در اوایل دهه 1960 کشف شد. از آن زمان، تحقیقات قابل توجهی فواید سلامتی پروتئین میسلیوم را بررسی کرده اند [9]. در میان میکروارگانیسم های مختلف، فوزاریوم وناتوم رایج ترین گونه ای است که با موفقیت در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می گیرد. از آن برای تولید مایکوپروتئین به عنوان مواد غذایی که تحت نام تجاری کورن[3]فروخته می شود استفاده شده است [11و 10]. این محصول با بافت فیبری منبعی غنی از پروتئین با کیفیت بالا شامل اسیدهای آمینه ضروری است. همچنین چگالی انرژی کمتری نسبت به محصولات گوشتی معادل دارد و حاوی چربی حیوانی و کلسترول نیست [12و 13]. مایکوپروتئین دارای خواص سیری است که می تواند راه حلی برای اضافه وزن باشد و افراد را قادر می سازد به رژیم غذایی سالم تری با محتوای چربی کم و فیبر بالا دست یابند [14]. همانطور که اشاره شد، مایکوپروتئین یک محصول غذایی جذاب را ارائه می‌کند که می‌تواند تنظیم اشتها و پاسخ‌های گلیسمی و انسولین پس از غذا را در افراد دارای اضافه وزن و چاق در معرض خطر ابتلا به دیابت نوع دو را بهبود بخشد [15و 16].

1 .World Health Organization
2. single cell protein
3 . Quorn

مایکوپروتئین‌های مشتق شده از قارچ به دلیل مشخصات تغذیه‌ای سالم، توانایی تولید با هزینه کم، مزایای زیست‌محیطی و انعطاف‌پذیری در برابر محدودیت‌های چشم‌انداز مانند سیل یا خشکسالی محبوبیت بیشتری پیدا می‌کنند [17]. سویه تولیدی مورد استفاده برای رشد و برداشت مایکوپروتئین (Fusarium Venenatum ATCC 2684) در دهه 1960 کشف شد [7]. چند سال بعد در سال 1984 پس از آزمایش های دقیق، مایکوپروتئین برای فروش به عنوان منبع پروتئین غذایی توسط وزارت کشاورزی، شیلات و غذا در انگلستان تایید شد [18] و اکنون ممکن است در تمام کشورهای عضو اتحادیه اروپا فروخته شود. تأییدیه‌های نظارتی بیشتر در سوئیس، نروژ، ایالات متحده آمریکا و استرالیا و اخیراً در ژاپن، تایلند، مالزی و کانادا دنبال شد. امروزه، مایکوپروتئین در مقیاس با استفاده از تخمیر تولید می شود و پروتئین با کیفیت بالا با ردپای محیطی نسبتاً خوش خیم تولید می کند[7].

در حال حاضر چندین گوشت مصنوعی از پروتئین‌های گیاهی و مایکوپروتئین‌ها در بازار موجود است. این جایگزین‌های گوشت یک سهم بازار کوچک دارند، که تنها یک الی دو درصد تخمین زده می‌شود. مهم‌ترین مانع برای این محصولات مقبولیت مصرف‌کننده است اما با افزایش تقاضا برای گوشت، منابع در دسترس کاهش می‌یابد و محیط نظارتی پیچیده‌تر می‌شود تولید سنتی گوشت متحمل هزینه‌های بیشتری می‌شود، که باعث گران‌تر شدن گوشت می‌شود با افزایش قیمت گوشت سنتی، تقاضا برای جایگزین‌های ارزان نیز افزایش خواهد یافت. اولین محصولاتی که رقابت قوی برای گوشت معمولی ایجاد می‌کنند، جایگزین‌های گوشتی هستند که از پروتئین‌های گیاهی یا حشرات تولید می‌شوند. این محصولات جذاب‌ترین محصولات برای تولیدکنندگان بوده و کمترین موانع را برای تجاری‌سازی دارند [19]. مایکوپروتئین‌ها اصولاً برای تقلید طعم و قوام گوشت مناسب هستند که نوید تخصیص مایکوپروتئین‌ها را به‌عنوان جایگزینی برای محصولات معمولی مبتنی بر حیوانی می‌دهد [17]. پژوهشگران همچنین بهبود ارزیابی حسی سوسیس های تخمیری تولید شده با پروتئین قارچی را گزارش کردند [20].

2- مواد و روش‌ها

2-1- تهیه سوسیس

برای تهیه سوسیس (تیمار شاهد) گوشت تازه گاو از مراکز عرضه گوشت برای صنعت تهیه‌شده و پس از جداسازی اضافات، تا زمان مصرف در سردخانه 21- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. برای تولید نمونه‌ها مواد اولیه طبق فرمولاسیون‌های پیش‌بینی‌شده در جدول 1مطابق استاندارد ملی ایران به شماره 2303، توزین و برای رسیدن به خمیری یکنواخت با یکدیگر توسط کاتر مخلوط شدند [21]. برای نمونه‌های جایگزین شده با مایکوپروتئین قارچی نیز، تولید پروتئین قارچی به روش کشت سطحی با استفاده از قارچ فوزاریوم وناتوم[1] به شماره ATCC 20334 از کلکسیون میکروبی آمریکا (ATCC) به‌صورت لیوفیلیزه و غیرفعال در محیط کشت وگل[2] به همراه گلوکز (10گرم در لیتر) به‌عنوان منبع کربن استفاده گردید، سپس خمیر تهیه‌شده توسط دستگاه پرکن در لفاف‌های مخصوص پر و بسته‌بندی‌شده و پس از پر شدن، نمونه‌ها به مدت 30 دقیقه در دمای80 درجه زمان پخت را طی و بعد از گذشت زمان پخت، زیر دوش آب سرد و در سردخانه به مدت دو ساعت خنک شدند. نمونه‌ها تا زمان آزمایش در یخچال با دمای پنج درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید.

Table 1 Sausage ingredients.

Ingredient	Content (% w/w)
Meat/mycoprotein	40
Sunflower oil	10
Ice	20
Mixed spices	3.5
Soy protein isolate	5
Gluten	10
Flour	10
Salts	1.5

2-2-ویژگی بافتی

ارزیابی بافت با استفاده از دستگاه بافت سنج و آزمون TPA (سختی، قابلیت ارتجاع، چسبندگی، پیوستگی، و قابلیت جویدن) انجام گردید به صورتی که نمونه‌ها ابتدا به قطعات 25 میلی‌متری بریده و به‌صورت محوری روی سکو ثابت شد.

1 . venenatum Fusarium
2.Vogel

سرعت برگشت، فاصله و نیروی تماس به ترتیب دو میلی‌متر بر ثانیه، 50 میلی‌متر و 20 گرم بود

2-3-آزمون ظرفیت نگهداری آب

به‌منظور تعیین ظرفیت نگه‌داری آب تیمارها 10 گرم از سوسیس را در فالکون 50 میلی‌لیتری وزن شده و 40 میلی‌لیتر آب مقطر به آن افزوده شد سپس با سرعت 3000 دور در دقیقه و به مدت 30 دقیقه در دمای 24 درجه سلسیوس سانتریفوژ و از طریق فرمول زیر به دست آمد [22].

درصد نگهداری آب =

(وزن نمونه بعد از سانتریفوژ-وزن نمونه قبل سانتریفوژ) / وزن نمونه قبل از سانتریفوژ ×100

2-4-تصویر میکروسکوپی(SEM)

سوسیس‌های تهیه‌شده با استفاده از مایکوپروتئین و گوشت (تیمار شاهد) که با ضخامت 2-3 میلی‌متر ، 2/5 درصد (حجمی/حجمی) گلوتارآلدئید و pH 7/2 تهیه شدند، نمونه‌ها بعد یک ساعت با آب مقطر آبکشی شده سپس خشک‌شد که با استفاده از دستگاه اسکن میکروسکوپ الکترونی (KYKY-EM 3200 SEM, China) با ولتاژ 25 کیلوولت مورد از نظر مورفولوژیکی بررسی گردید [23].

2-5- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

برای اندازه‌گیری درصد وزنی رطوبت و خاکستر از استاندارد ملی ایران شماره 744 و 745، پروتئین طبق استاندارد ملی 924، چربی و فیبر به ترتیب استاندارد ملی 742 و 2303 و همچنین برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب از روش کروماتوگرافی گازی در این مطالعه استفاده گردید [25و 24].

2-6-تجزیه و تحلیل آماری

هر آزمایش در سه تکرار انجام شد و برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده، از روش‌های آماری T-teste برای دو نمونه مستقل در سطح احتمال 95 درصد به‌وسیله نرم‌افزارSPSS نوع 16 انجام و پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات، نتایج برای تفسیر و بررسی مورد استفاده قرار گرفت.

3- نتایج و بحث

3-1- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز داده‌ها نشان داد (جدول 2) که ظرفیت اتصال آب در نمونه‌های حاوی مایکوپروتئین بیشتر و pH، خاکستر و کربوهیدرات کمتر از نمونه‌های حاوی گوشت می‌باشد به‌طوری‌که با جایگزینی گوشت توسط مایکوپروتئین محتوای پروتئینی و چربی افزایش معنی‌داری پیدا کرد (شکل1). محققین دیگری که به بررسی جایگزینی گوشت با مایکوپروتئین‌ها پرداخته بودند، مقادیر کمتر کربوهیدرات، خاکستر و pH را در فرمول مایکوپروتئین، گزارش کردند که هم‌راستا با نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق بود [26]. مطالعات نشان داده است که عواملی مانند انواع میکروارگانیسم‌ها و بسترها و روش‌های برداشت، خشک‌کردن و فرآوری ممکن است بر ارزش غذایی مایکوپروتئین‌ها و ترکیبات آن‌ها تأثیر بگذارد مایکوپروتئین ها ترکیبات کم چرب، پروتئین بالا و فیبر بالا (شامل تقریباً دو سوم بتا گلوکان ها و یک سوم کیتین پلی-N-استیل گلوکزامین) هستند که برای استفاده در رژیم های غذایی سالم مناسب هستند [17].

Table 2 The Physicochemical properties in mycoprotein/beef sausages.

Treatment	Peroxide (mEq/kg)	Carbohydrate (%)	Ash (%)	Lipid (%)	Protein (%)	Moisture (%)	pH
Mycoprotein sausage	1.2±0.2[b]	9.8± 1.1[b]	2± 0.5[b]	13.9± 1.2[a]	12.2± 1[a]	59± 1.9[a]	5.7 ± 0.01[b]
Beef sausage	1.5± 0.2[a]	10.9± 1.2[a]	3± 0.4[a]	8.9±1.3[b]	11.61.1[b]	47.5± 1.5[b]	6.5 ± 0.01[a]

*Mean ± SD, Different letters represent significant differences ($P < 0.05$)

در بررسی تیمارها خصوصیات این دو نمونه سوسیس نشان داد که به دلیل ظرفیت اتصال آب و چربی بالاتر در مایکوپروتئین‌ها نسبت به گوشت گاو، باید از روغن و آب کمتری در فرمولاسیون استفاده شود. علاوه بر ظرفیت اتصال چربی بالاتر، پروتئین بالاتر و کربوهیدرات‌های کمتر را می‌توان در نمونه‌های مایکوپروتئین به‌عنوان وعده‌های غذایی مناسب برای افراد چاق و دارای اضافه‌وزن استفاده کرد. این یافته‌ها، یافته‌های قبلی را تأیید می‌کنند که مایکوپروتئین‌ها را به‌عنوان پروتئین‌های مغذی سالم مورد توجه قرار می‌دادند [7].

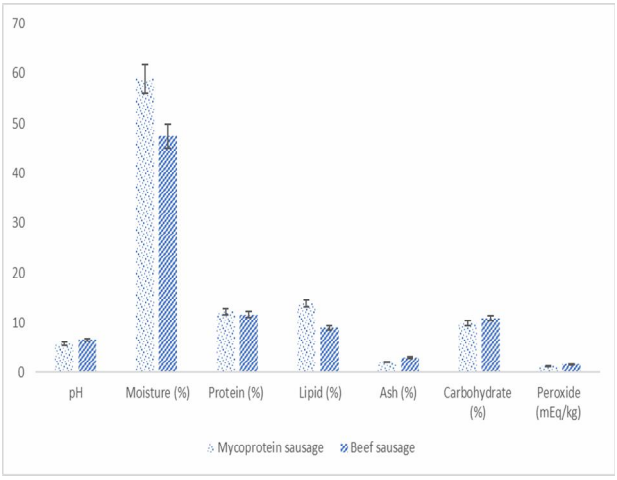

Fig 1 The Physicochemical properties in mycoprotein/beef sausages.

2-3- ویژگی‌های تغذیه‌ای

2-3-1- ویتامین‌ها

در بررسی داده‌های مربوط به ویتامین‌ها، نتایج نشان داد مقدار ویتامین (B9) در نمونه‌های حاوی مایکوپروتئین قارچی و گوشتی تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان 95 درصد وجود نداشت درحالی‌که میزان ویتامین‌های (B2-B5-B7) در نمونه‌های حاوی مایکوپروتئین نسبت به نمونه‌های حاوی گوشت با افزایش قابل‌توجه معنی‌دار گزارش شد(جدول4)، که بیانگر بهبود ارزش تغذیه‌ای در بخش ویتامین‌های گروه "B" با جایگزینی گوشت با مایکوپروتئین می‌باشد.

2-2-3- پروتئین‌ها

در بررسی پروفیل اسیدآمینه‌ها جدول (شماره 3)، نتایج نشان داد میزان اسیدآمینه‌های تریپتوفان، فنیل آلانین، والین، ترئونین، سرین، متیونین، هیستیدین،ایزولوسین، لوسین و لایزین در تیمارهای حاوی مایکوپروتئین قارچی نسبت به نمونه‌های حاوی گوشت گاو به‌صورت معنی‌داری بیشتر است و تیمارهای حاوی مایکوپروتئین تقریباً تمام اسیدهای آمینه‌های ضروری را در مقایسه با سوسیس‌های گوشت گاو را شامل می‌شوند این یافته‌ها مشابه مطالعات دیگر بود که وجود اسیدآمینه‌های ضروری را در پروتئین‌های تک‌سلولی را گزارش می‌کردند [33]. اهمیت تغذیه پروتئین شامل محتوای اسیدآمینه‌های ضروری، ارزش بیولوژیکی، قابلیت هضم و نسبت کارایی پروتئین است و مایکوپروتئین‌ها منابع غذایی خوبی هستند که با اسیدآمینه‌های ضروری غنی‌شده‌اند [27]. از طرفی محققینی که به مقایسه کیفیت مایکوپروتئین ها با پروتئین‌های گوشت پرداخته بودند نشان دادند شاخص‌های تغذیه‌ای این دو منبع تقریباً یکسان هستند [17].

Table 3 The amino acid profile in mycoprotein/beef sausages (µg/g).

Amino acid	Content in beef sausage (mg per 100 g protein)	Content in mycoprotein sausage %(g per 100 g protein)
L-Alanine	14.90±0.59 [a]	4.84±0.99 [b]
L-Arginine	6.00±0.18 [b]	6.74±0.07 [a]
Aspartic acid	15.20±0.10 [a]	5.25±0.03 [b]
L-Cystine	96.00±0.05 [a]	11.21±0.15 [b]
L-Glutamic	29.02±0.12 [a]	12.92±0.52 [b]
Glycine	9.05±0.35 [a]	4.15±0.23 [b]
L-Histidine	1.10±0.85 [b]	3.20±0.75 [a]
L-Isolucine	3.00±0.53 [b]	5.90±0.63 [a]
L-Leucine	5.01±0.33 [b]	7.80±0.35 [a]
L-Lysine	3.00±0.66 [b]	7.50±0.61 [a]
L-Methionine	1.20±0.11 [b]	1.90±0.80 [a]
L-serine	1.04±0.17 [b]	5.35±0.23 [a]
L-Theronine	11.95±0.95 [b]	13.75±0.77 [a]
L-Tyrosine	4.95±0.91 [b]	4.35±0.97 [a]
L-Valine	4.10±0.07 [b]	5.90±0.70 [a]
Phenyl Alanin	3.15±0.50 [b]	9.78±0.87 [a]
Proline	17.10±0.60 [a]	5.30±0.77 [b]
Tryptophan	1.50±0.70 [b]	6.70±0.60 [a]

*Mean ± SD, Different letters represent significant differences ($P < 0.05$)

نتایج به دست آمده با نتایج محققینی که به بررسی غنی سازی سوسیس ماهی با مایکوپروتئین فوزاریوم وناتوم پرداخته بودند هم راستا بود به طوری نتایج نشان داد افزودن مایکوپروتئین ها که دارای ویژگی های سلامت بخشی و ارزش تغذیه ای قابل توجهی می باشند به طوریکه دیواره سلولی هیف به عنوان منبع فیبر رژیمی و غشای سلولی، منبع چربی غیراشباع و همچنین سیتوپلاسم به عنوان منبع پروتئین با کیفیت بالاست و می تواند به عنوان یک منبع پروتئینی غیرگوشتی در فرآورده های گوشتی مورد استفاده قرار گیرد و باعث افزایش ارزش غذایی سوسیس ماهی شود [28].

3-2-3- چربی‌ها

ترکیب اسیدهای چرب اشباع نمونه‌های سوسیس مایکوپروتئین و گوشت گاو به ترتیب 29/7 و 60/7 درصد (وزنی/وزنی) بود. درحالی‌که، سطوح اسید چرب غیراشباع در سوسیس‌های مایکوپروتئینی (65,44%) نسبت به سوسیس گوشت گاو (35,54٪ وزنی / وزنی) دارای اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) بود. نوع اسیدهای چرب و مقدار آن‌ها برای هریک از نمونه‌ها در جدول شماره 4 آورده شده است، این محتویات و همچنین مطالب قبلی نتایج را به‌ویژه برای نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اسیدهای چرب اشباع را تأیید کردند [8]. پژوهشگرانی که به بررسی اثر مایکوپروتئین فوزاریوم وناتوم بر روی محصولات غذایی پرداخته بودند افزایش اسیدهای چرب غیراشباع را گزارش کردند [28] مصرف بیشتر اسیدهای چرب غیراشباع مزایای سلامتی را برای بیماران مبتلابه بیماری‌های قلبی عروقی فراهم می‌کند. به‌طور طبیعی، نسبت اسید چرب چند غیراشباع به اشباع در گوشت گاو معمولاً 0,1 است. بااین‌حال، این نسبت با افزایش چربی گوشت کاهش می‌یابد [29]. به‌طور طبیعی، این نسبت در مایکوپروتئین‌ها به 1,44 می‌رسد. چربی مرغ به‌طور طبیعی شامل 30 درصد اسید چرب اشباع و 45 درصد از مونواسیدهای چرب غیراشباع و 21 درصد از پلی اسیدهای چرب غیراشباع است که این مقادیر به مقادیر مایکوپروتئین‌ها نزدیک است [17و 30].

Table 4 Fatty acid profile and level of vitamin B group in mycoprotein/beef sausages .

Treatment	beef sausages	mycoprotein sausages
Vit B2	1.51±0.5 ^{b}	3.31±0.5 ^{a}
Vit B5	0.01± 0.04 ^{b}	0.02±0.05 ^{a}
Vit B7	2.57±1.5 ^{b}	8.81±1.45 ^{a}
Vit B9	0.03±0.03 ^{b}	0.48±0.05 ^{a}
C11:0	0.04±0.00 ^{a}	0.02±0.00 ^{b}
C13:0	0.02±0.00 ^{ns}	0.02±0.00 ^{ns}
C18:3n6	0.41± 0.03 ^{b}	1.14±0.5 ^{a}
C20:1	3.83± 0.02 ^{a}	0.25± 0.00 ^{b}
C21:0	0.07± 0.00 ^{a}	0.03± 0.00 ^{b}
C23:0	0.13± 0.00 ^{b}	0.16± 0.06 ^{a}

*Mean ± SD, Different letters represent significant differences ($P < 0.05$)
ns: nonsignificant

3-3- بافت

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون بافت سنجی بین دو نمونه مستقل سوسیس مایکوپروتئین و سوسیس گوشت بین صفات اندازه‌گیری شده برای بافت سنجی اختلاف معنی‌داری بین دو گروه وجود داشت به‌طوری‌که سوسیس تهیه شده از گوشت داری سفتی، قابلیت ارتجاعی، پیوستگی، خاصیت صمغی و قابلیت جویدن بیشتری نسبت به سوسیس تهیه شده از مایکوپروتئین بود، جدول (شماره 5). با توجه به اینکه سوسیس‌های گوشتی در مقایسه با نمونه‌های غیر گوشتی نیروی بیشتری برای جویدن نیاز داشت، می‌تواند ناشی از وجود شبکه‌های میوفیبریلی و پیوندهای پروتئینی مستحکم در نمونه‌های حاوی گوشت نسبت به نمونه‌های حاوی مایکوپروتئین باشد. محققین دیگری که از عصاره پروتئین سویا به‌عنوان جایگزین گوشت در خمیرهای گوشتی امولسیون شده استفاده کرده بودند قابلیت ارتجاعی کمتر را در نمونه‌های حاوی عصاره پروتئین سویا را گزارش کردند[31]. کمانی و همکاران نیز در تحقیقات خود گزارش کردند با جایگزینی گوشت با پروتئین‌های گیاهی در سوسیس مرغ، سطوح پایین‌تری از سختی، پیوستگی، صمغیت و قابلیت ارتجاعی به دست می‌آید [32]. هم‌راستا با نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق

محققان به این نتیجه رسیدند که پروتئین‌های با منشأ غیر گوشتی می‌توانند حاوی محتوای چربی و آب بیشتری باشند که ممکن است فضاهای بین بافتی پروتئین را پرکرده و قابلیت ارتجاعی محصول را کاهش دهد [33و 32]. در بررسی چسبندگی تیمارها، نتایج بیانگر افزایش میزان چسبندگی نمونه‌های حاوی مایکوپروتئین نسبت به نمونه شاهد بود که می تواند به دلیل وجود مقادیر بالای فیبر در این نمونه ها و برهمکنش آن با آب موجود در فرمولاسیون سوسیس باشد که هم راستا با نتایج به دست آمده پژوهشگران دیگر تغییرات بافتی ایجاد شده و تفاوت آن با گوشت که با مایکوپروتئین جایگزین شده را به فیبر و نوع چربی در این ترکیبات نسبت دادند که ارتجاعیت و سفتی را کاهش و پیوستگی را افزایش داد [34].

Table 5 The hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, chewiness and gumminess of mycoprotein/beef sausages

Treatment	Chewiness	Gumminess	Cohesiveness	Springiness (%)	Adhesiveness (N.S)	Hardness (N)
Mycoprotein	1±0.01 [b]	20.1±1.21 [b]	0.19±0.02 [b]	0.49±0.21 [b]	1.5±0.19 [a]	23±1.16 [b]
Beef	2.1±0.2 [a]	25.4±1.54 [a]	0.24±0.01 [a]	0.75±0.2 [a]	0.5±0.10 [b]	37.12±1.55 [a]

*Mean ± SD, Different letters represent significant differences ($P < 0.05$)

4-3- مورفولوژی

در بررسی مورفولوژی نمونه‌ها بعد از آماده‌سازی با استفاده از دستگاه اسکن میکروسکوپ الکترونی، تصویربرداری شدند که در شکل شماره 2 آورده شده است. همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود ریزساختار امولسیون گوشت تشکیلات متراکم نامنظمی را نشان می‌دهد که ساختارهایی با ظاهر اسفنجی (لانه‌زنبوری) شبیه به آنچه توسط دیگران توصیف‌شده است [35 و 36]. ایجاد می‌کند. گلبول‌های چربی که در ماتریکس ادغام شده‌اند توسط رشته‌های شبکه پروتئینی متصل شده و این ماتریکس به‌هم‌پیوسته در نمونه‌های حاوی مایکوپروتئین از پیوستگی بیشتری برخوردار است درحالی‌که در نمونه‌های حاوی گوشت گاو برهمکنش بین چربی‌ها، ساختار پروتئینی ماتریکس ناهمگون را سبب شده که می‌تواند ناشی از توزیع غیر همسان چربی در بافت سوسیس باشد. محققین به این نتیجه رسیدند شباهت مورفولوژیکی بین مایکوپروتئین‌ها و گوشت گاو نسبت به سایر جایگزین‌ها، مایکوپروتئین‌ها را به یک جایگزین ایده آل و نزدیک به گوشت تبدیل کرده است [7].

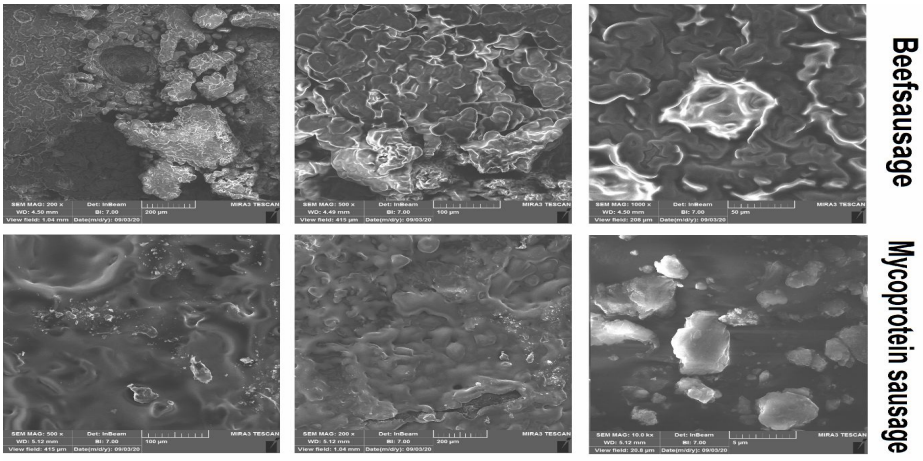

Fig 2 SEM Image of mycoprotein/beef sausage.

4- نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از آنالیز داده‌های مربوط به تیمارهای سوسیس حاوی مایکوپروتئین و گوشت نشان داد که با جایگزینی گوشت، با مایکوپروتئین در سوسیس به‌عنوان یک فرآورده گوشتی سفتی، ارتجاعیت، قابلیت جویدن کاهش و چسبندگی افزایش و همچنین چربی و پروتئین نمونه‌ها با جایگزینی افزایش یافت، این افزایش معنی‌دار در حالی بود که اسیدهای چرب غیراشباع در نمونه‌های حاوی مایکوپروتئین بیشتر از سوسیس‌های حاوی گوشت گزارش شد که بیانگر افزایش

ارزش غذایی و سلامتی برای مصرف‌کننده می‌باشد، از طرفی میزان ویتامین‌های (B2-B5-B7) در نمونه‌های حاوی مایکوپروتئین نسبت به نمونه‌های حاوی گوشت با افزایش قابل‌توجه معنی‌دار بود که با توجه به اهمیت ویتامین‌های گروه B در سلامتی نشان داد مایکوپروتئین به‌عنوان یک جایگزین ایده آل برای گوشت در فرآورده‌های گوشتی می‌تواند مفید ظاهرشده و باعث افزایش ارزش غذایی محصول نهایی شود.

5-منابع

[1] Arora, D., K. Mukerji, and E.J.J.A.S. Marth, Single cell protein in Hand book of applied mycology. 1991. 18(499): p. 539.

[2] Gabriel, A., et al., Cactus pear biomass, a potential lignocellulose raw material for single cell protein production (SCP): a review. 2014. 3(7): p. 171-197.

[3] Godfray, H.C.J., et al., Food security: the challenge of feeding 9 billion people. 2010. 327(5967): p. 812-818.

[4] Stehfest, E., et al., Climate benefits of changing diet. 2009. 95(1): p. 83-102.

[5] Tilman, D. and M.J.N .Clark, Global diets link environmental sustainability and human health. 2014. 515(7528): p. 518-522.

[6] Upadhyaya, S., et al., Microbial protein: a valuable component for future food security. 2016. 8: p. 259.

[7] Finnigan, T.J., et al., Mycoprotein: the future of nutritious nonmeat protein, a symposium review. 2019. 3(6): p. nzz021.

[8] Reihani, S.F.S. and K.J.A.F.B. Khosravi-Darani, Mycoprotein production from date waste using Fusarium venenatum in a submerged culture. 2018. 5(4): p. 243-352.

[9] Derbyshire, E.J. and J.J.F.i.S.F.S. Delange, Fungal protein–what is it and what is the health evidence? A systematic review focusing on mycoprotein. 2021. 5: p. 581682.

[10] Ferreira, J.A., et al., Waste biorefineries using filamentous ascomycetes fungi: present status and future prospects. 2016. 215: p. 334-345.

[11] Asgar, M., et al., Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. 2010. 9(5): p. 513-529.

[12] Verstraete, W., P. Clauwaert, and S.E.J.B.t. Vlaeminck, Used water and nutrients: recovery perspectives in a ‘panta rhei’context. 2016. 215: p. 199-208.

[13] Yunus, F.u.N., M. Nadeem, and F.J.J.o.t.I.o.B. Rashid, Single-cell protein production through microbial conversion of lignocellulosic residue (wheat bran) for animal feed. 2015. 121(4): p.۵۵۷-۵۵۳ .

[14] Hosseini, S., et al., Production of mycoprotein by Fusarium venenatum growth on modified vogel medium. 2009. 21(5): p. 4017.

[15] Bottin, J.H., et al., Mycoprotein reduces energy intake and postprandial insulin release without altering glucagon-like peptide-1 and peptide tyrosine-tyrosine concentrations in healthy overweight and obese adults: a randomised-controlled trial. 2016. 116(2): p. 360-374.

[16] Kumar, S., et al., X-ray Analysis of a-Al2O3 Particles by. 2016, no.

[17] Hashempour-Baltork, F., et al., Mycoproteins as safe meat substitutes. 2020. 253: p. 119958.

[18] Wiebe, M.J.A.M. and Biotechnology, Myco-protein from Fusarium venenatum: a well-established product for human consumption. 2002. 58(4): p. 421-427.

[19] Hoek, A.C., et al., Replacement of meat by meat substitutes. A survey on person-and product-related factors in consumer acceptance. 2011. 56(3): p. 662-673.

[20] Wen, R., et al., Fungal community succession and volatile compound dynamics in Harbin dry sausage during fermentation.2021.99 :p. 103764.

[21] Rezaei, M., et al., Nitrite in hamburgers in Arak, Iran. 2013. 6(4): p. 285-288.

[22] Serdaroglu, M.J.I.j.o.f.s. and technology, The characteristics of beef patties containing different levels of fat and oat flour. 2006. 41(2): p.147-153.

[23] Hashemi, A., A.J.J.o.f.s. Jafarpour, and technology, Rheological and microstructural properties of beef sausage batter formulated with fish fillet mince. 2016. 53(1): p. 601-610.

[24] Barnes, H., J.J.J.o.e.m.b. Blackstock, and ecology, Estimation of lipids in marine animals and tissues: detailed investigation of the sulphophosphovanilun method for ‘total’lipids. 1973. 12(1): p. 103-118.

[25] Martínez, B., et al., Development of a hamburger patty with healthier lipid formulation and study of its nutritional, sensory, and stability properties. 2012. 5(1): p. 200-208.

[26] Hashempour-Baltork, F., et al., Safety assays and nutritional values of mycoprotein produced by Fusarium venenatum IR372C from date waste as substrate. 2020. 100(12): p. 4433-4.٤٤١
[27] Monteyne, A.J., et al., Mycoprotein ingestion stimulates protein synthesis rates to a greater extent than milk protein in rested and exercised skeletal muscle of healthy young men: a randomized controlled trial. 2020. 112(2): p. 318-333.
[28] Bahmani, Z., F.J.U. Mavanes, and C.o. Aquatics, Enrichment of Silver Carp (Hypophthalmichthys molitrix) sausage with (Fusarium venenatum) mycoprotein. 2021. 10(1): p. 11-25.
[29] Vahmani, P., et al., The scope for manipulating the polyunsaturated fatty acid content of beef: a review. 2015. 6(1): p. 1-13.
[30] USDA, U.J.U.D.o.A., Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory, National nutrient database for standard reference, release 28. 2013.
[31] Vickers, N.J.J.C.b., Animal communication: when i'm calling you, will you answer too? 2017. 27(14): p. R713-R715.
[32] Kamani, M.H., et al., Partial and total replacement of meat by plant-based proteins in chicken sausage: Evaluation of mechanical, physico-chemical and sensory characteristics. 2019. 56(5): p2660-2669.
[33] Youssef, M. and S.J.M.s. Barbut, Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels. 2011. 87(1): p. 54-60.
[34] Bakhsh, A., et al., Traditional plant-based meat alternatives, current and a future perspective: A review. 2021. 55: p. 1-10.
[35] Katsaras, K. and P.J.A. Peetz, Scanning electron-microscopy in meat research. 1989. 28(6): p. 119-122.
[36] Gordon, A. and S.J.J.o.F.S. Barbut, Cold stage scanning electron microscopy study of meat batters. 1990. 55(4): p. 1196-1198.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Producing sausageusingthe fungus proteins of Fusarium venenatum(instead of meat) and investigating its physicochemical and sensory quality attributes

Shahbazpour, N. [1], Sharifan, A. [2*], Khosravi Darani, K. [3], Hoseini, H. [4]

1. Ph.D. student, Department of Food Science and Industry, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Industry, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.
3. Professor of Department of Food Science and Industry, Faculty of Nutritional Sciences and Food Industries, National Nutrition and Food Technology Research Institute of Iran, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4. Professor of Department of Food Science and Industry, Faculty of Nutritional Sciences and Food Industries, National Nutrition and Food Technology Research Institute of Iran, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

ABSTRACT

Due to the growing importance of replacing meat proteins with a healthy food source, the present study was conducted with the aim of investigating the results of replacing meat with fungus myco-protein. Since thefungus myco-proteinhave high nutritional value and attributes similar to meat, they can be properlyreplaced in meat products. According to the results obtained from the present research, which was carried out aimed atimproving the nutritional value, health and texture of protein products containing meat, the complete replacement of meat with myco-protein leads to a significant reduction in the texture characteristics of the product, such as firmness, elasticity, gumminess and on the other hand, there was no significant change in the moisture content of the samples. Also, the results indicated that the samples with fungus myco-protein contain higher level of unsaturated fat and protein and less carbohydrates and ash than the samples containing meat, and therefore, the sausages made from these products have highernutritional and health value than the beef products.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 07/ 19
Accepted 2022/ 09/10

Keywords:

Meat alternatives,
Mycoproteins,
Nutritional values,
Sausages.

DOI: 10.22034/FSCT.19.128.315
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.29.4

*Corresponding Author E-Mail:
a_sharifan2000@yahoo.com