



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

نرگس شهبازپور<sup>1</sup>، انوشه شریفان<sup>2\*</sup>، کیانوش خسروی دارانی<sup>3</sup>، هدایت حسینی<sup>4</sup>

1- دانشجوی دکتری 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.

### چکیده

### اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: 1401/04/28

تاریخ پذیرش: 1401/06/19

کلمات کلیدی:

گوشت جایگزین،  
مایکوپروتئین،  
ارزش غذایی،  
فیزیکوشیمیایی،  
سوسیس.

در این مطالعه با توجه به اهمیت روزافزون جایگزینی پروتئین های گوشتی با یک منبع غذایی سالم به بررسی جایگزینی گوشت با مایکوپروتئین های قارچی پرداخته شد که با توجه به خصوصیات مورفولوژی شبیه به گوشت و ارزش غذایی بالا می تواند جایگزین مناسبی برای گوشت در فرآورده های گوشتی حاصل از آن باشد هدف از این تحقیق بهبود ارزش تغذیه ای و سلامتی و بافتی محصولات پروتئینی حاوی گوشت بود که نتایج نشان داد با جایگزینی کامل گوشت با مایکوپروتئین ها ویژگی های بافتی محصول از جمله سفتی، قابلیت ارتجاعی و صمغیت نمونه ها به صورت معنی داری کاهش و از طرفی محتوای رطوبتی نمونه ها تغییر معنی داری نداشت همچنین در بررسی ارزش تغذیه ای نمونه های محتوی مایکوپروتئین قارچی نسبت به نمونه های حاوی گوشت مقدار چربی غیراشباع و پروتئین بالا و کربوهیدرات و خاکستر کمتری داشت که بیانگر ارزش تغذیه ای و سلامتی بالاتر سوسیس های تهیه شده از مایکوپروتئین قارچی نسبت به گوشت گاو می باشد.

DOI: 10.22034/FSCT.19.128.329

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.29.4

\* مسئول مکاتبات:

a\_sharifan2000@yahoo.com

## 1- مقدمه

چالش تأمین منابع غذایی بشر با توجه به رشد 250 درصدی جمعیت (از 2/6 بلیون به 7 بلیون نفر) در 6 دهه گذشته از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین انتظار می‌رود در صورت تداوم رشد با همین نسبت، میزان جمعیت به 9 بلیون نفر در سال 2042 برسد [1 و 2]. بر اساس گزارش منتشرشده توسط سازمان سلامت جهانی<sup>1</sup> گرسنگی، سوءتغذیه و بیماری‌های مرتبط در کشورهای درحال توسعه 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 بلیون 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 گزارش شده 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 به‌سزایی برخوردار است. ازجمله جایگزین‌های مناسب گوشت، پروتئین‌های تک‌یاخته<sup>2</sup> 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 خوراکی‌های 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 می‌توان آن را روی ضایعات پرورش داد و دوستدار محیط زیست است زیرا به ارتقای بهره‌وری ضایعات کشاورزی کمک می‌کند [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 میسلایوم را بررسی کرده‌اند [9]. در میان میکروارگانیسم‌های مختلف، فوزاریوم و ناناتوم رایج‌ترین گونه‌ای است که با موفقیت در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آن برای تولید مایکوپروتئین به‌عنوان مواد غذایی که تحت نام تجاری کورن<sup>3</sup> فروخته می‌شود استفاده شده است [10 و 11]. 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 [12 و 13]. مایکوپروتئین دارای خواص سیری است که می‌تواند راه حلی برای اضافه وزن باشد و افراد را قادر می‌سازد به رژیم غذایی سالم‌تری 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 [15 و 16].

1. World Health Organization  
2. single cell protein

3. Quorn

## 2- مواد و روش‌ها

### 2-1- تهیه سوسیس

برای تهیه سوسیس (تیمار شاهد) گوشت تازه گاو از مراکز عرضه گوشت برای صنعت تهیه شده و پس از جداسازی اضافات، تا زمان مصرف در سردخانه 21- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. برای تولید نمونه‌ها مواد اولیه طبق فرمولاسیون‌های پیش‌بینی شده در جدول 1 مطابق 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 میکروپروتئین قارچی نیز، تولید پروتئین قارچی به روش کشت سطحی با استفاده از قارچ فوزاریوم وناتوم<sup>1</sup> به شماره ATCC 20334 از کلکسیون میکروبی آمریکا (ATCC) به صورت لیوفیلیزه و غیرفعال در محیط کشت وگل<sup>2</sup> به همراه گلوکز (10 گرم در لیتر) به عنوان منبع کربن استفاده گردید، سپس خمیر تهیه شده توسط دستگاه پرکن در لفاف‌های مخصوص پر و بسته‌بندی شده و پس از پخت شدن، نمونه‌ها به مدت 30 دقیقه در دمای 80 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 به صورت محوری روی سکو ثابت شد.

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 آزمایش‌های 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 می‌شود و پروتئین با کیفیت بالا با ردپای محیطی نسبتاً خوش‌خیم تولید می‌کند [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 به عنوان جایگزینی برای محصولات معمولی مبتنی بر حیوانی می‌دهد [17]. پژوهشگران همچنین بهبود ارزیابی حسی سوسیس‌های تخمیری تولید شده با پروتئین قارچی را گزارش کردند [20].

1. venenatum *Fusarium*

2. Vogel

## 2-6- تجزیه و تحلیل آماری

هر آزمایش در سه تکرار انجام شد و برای تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده، از روش های آماری T-teste برای دو نمونه مستقل در سطح احتمال 95 درصد به وسیله نرم افزار SPSS 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- ویژگی های فیزیکی شیمیایی

نتایج به دست آمده از آنالیز داده ها نشان داد (جدول 2) که ظرفیت اتصال آب در نمونه های حاوی مایکوپروتئین بیشتر و pH، خاکستر و کربوهیدرات کمتر از نمونه های حاوی گوشت می باشد به طوری که با جایگزینی گوشت توسط مایکوپروتئین محتوای پروتئینی و چربی افزایش معنی داری پیدا کرد (شکل 1). محققین دیگری که به بررسی جایگزینی گوشت با مایکوپروتئین ها پرداخته بودند، مقادیر کمتر کربوهیدرات، خاکستر و pH را در فرمول مایکوپروتئین، گزارش کردند که هم راستا با نتایج به دست آمده در این تحقیق بود [26]. مطالعات نشان داده است که عواملی مانند انواع میکروارگانیسم ها و بسترها و روش های برداشت، خشک کردن و فرآوری ممکن است بر ارزش غذایی مایکوپروتئین ها و ترکیبات آن ها 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 گلوکزآمین) هستند که برای استفاده در رژیم های غذایی سالم مناسب هستند [17].

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

### 2-3- آزمون ظرفیت نگهداری آب

به منظور تعیین ظرفیت نگهداری آب تیمارها 10 گرم از سوسیس را در فالدکون 50 میلی لیتری وزن شده و 40 میلی لیتر آب مقطر به آن افزوده شد سپس با سرعت 3000 دور در دقیقه و به مدت 30 دقیقه در دمای 24 درجه سلسیوس سانتریفیوژ و از طریق فرمول زیر به دست آمد [22].

= درصد نگهداری آب

$100 \times (\text{وزن نمونه بعد از سانتریفیوژ} - \text{وزن نمونه قبل سانتریفیوژ})$

وزن نمونه قبل از سانتریفیوژ

### 2-4- تصویر میکروسکوپی (SEM)

سوسیس های تهیه شده با استفاده از مایکوپروتئین و گوشت (تیمار شاهد) که با ضخامت 2-3 میلی متر، 2/5 درصد (حجمی/حجمی) گلو تار آلدئید و pH 7/2 تهیه شدند، نمونه ها بعد یک ساعت با آب مقطر آبکشی شده سپس خشک شد 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- ویژگی های فیزیکی شیمیایی

برای اندازه گیری 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 اندازه گیری اسیدهای چرب از روش کروماتوگرافی گازی در این مطالعه استفاده گردید [24 و 25].

**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 <sup>b</sup>	9.8± 1.1 <sup>b</sup>	2± 0.5 <sup>b</sup>	13.9± 1.2 <sup>a</sup>	12.2± 1 <sup>a</sup>	59± 1.9 <sup>a</sup>	5.7 ± 0.01 <sup>b</sup>
Beef sausage	1.5± 0.2 <sup>a</sup>	10.9± 1.2 <sup>a</sup>	3± 0.4 <sup>a</sup>	8.9±1.3 <sup>b</sup>	11.61.1 <sup>b</sup>	47.5± 1.5 <sup>b</sup>	6.5 ± 0.01 <sup>a</sup>

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

در نمونه های مایکوپروتئین به عنوان وعده های غذایی مناسب برای افراد چاق و دارای اضافه وزن استفاده کرد. این یافته ها، یافته های قبلی را تأیید می کنند که مایکوپروتئین ها را به عنوان پروتئین های مغذی سالم مورد توجه قرار می دادند [7].

در بررسی تیمارها خصوصیات این دو نمونه سوسیس نشان داد که به دلیل ظرفیت اتصال آب و چربی بالاتر در مایکوپروتئین ها نسبت به گوشت گاو، باید از روغن و آب کمتری در فرمولاسیون استفاده شود. علاوه بر ظرفیت اتصال چربی بالاتر، پروتئین بالاتر و کربوهیدرات های کمتر را می توان

گوشت با افزایش قابل توجه معنی دار گزارش شد (جدول 4)، که بیانگر بهبود ارزش تغذیه‌ای در بخش ویتامین‌های گروه "B" با جایگزینی گوشت با مایکوپروتئین می‌باشد.

### 3-2-2- 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 به صورت 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 غنی شده‌اند [27]. از طرفی محققینی که به مقایسه کیفیت مایکوپروتئین‌ها با پروتئین‌های گوشت پرداخته بودند نشان دادند شاخص‌های تغذیه‌ای این دو منبع تقریباً یکسان هستند [17].

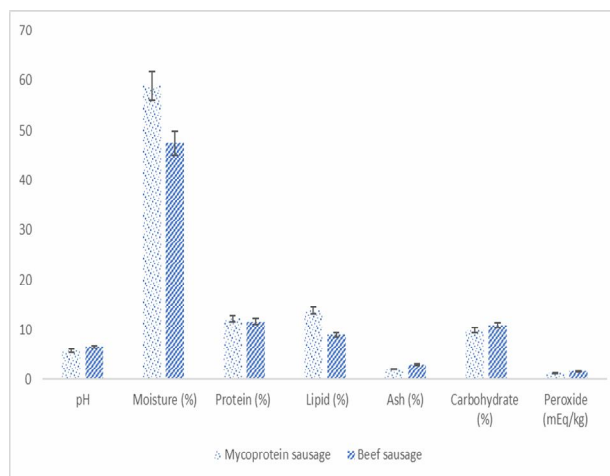


Fig 1 The Physicochemical properties in mycoprotein/beef sausages.

### 3-2-3 ویژگی‌های تغذیه‌ای

#### 3-1-2-3 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

Table 3 The amino acid profile in mycoprotein/beef sausages ( $\mu\text{g/g}$ ).

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 <sup>a</sup>	4.84±0.99 <sup>b</sup>
L-Arginine	6.00±0.18 <sup>b</sup>	6.74±0.07 <sup>a</sup>
Aspartic acid	15.20±0.10 <sup>a</sup>	5.25±0.03 <sup>b</sup>
L-Cystine	96.00±0.05 <sup>a</sup>	11.21±0.15 <sup>b</sup>
L-Glutamic	29.02±0.12 <sup>a</sup>	12.92±0.52 <sup>b</sup>
Glycine	9.05±0.35 <sup>a</sup>	4.15±0.23 <sup>b</sup>
L-Histidine	1.10±0.85 <sup>b</sup>	3.20±0.75 <sup>a</sup>
L-Isolucine	3.00±0.53 <sup>b</sup>	5.90±0.63 <sup>a</sup>
L-Leucine	5.01±0.33 <sup>b</sup>	7.80±0.35 <sup>a</sup>
L-Lysine	3.00±0.66 <sup>b</sup>	7.50±0.61 <sup>a</sup>
L-Methionine	1.20±0.11 <sup>b</sup>	1.90±0.80 <sup>a</sup>
L-serine	1.04±0.17 <sup>b</sup>	5.35±0.23 <sup>a</sup>
L-Theronine	11.95±0.95 <sup>b</sup>	13.75±0.77 <sup>a</sup>
L-Tyrosine	4.95±0.91 <sup>b</sup>	4.35±0.97 <sup>a</sup>
L-Valine	4.10±0.07 <sup>b</sup>	5.90±0.70 <sup>a</sup>
Phenyl Alanin	3.15±0.50 <sup>b</sup>	9.78±0.87 <sup>a</sup>
Proline	17.10±0.60 <sup>a</sup>	5.30±0.77 <sup>b</sup>
Tryptophan	1.50±0.70 <sup>b</sup>	6.70±0.60 <sup>a</sup>

\*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 میکوپروتئین فوزاریوم و ننا توم پرداخته بودند هم راستا بود به طوری نتایج نشان داد افزودن میکوپروتئین 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 سیئوپالاسم 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- چربی ها

ترکیب اسیدهای چرب اشباع نمونه های سوسیس میکوپروتئین و گوشت گاو به ترتیب 29/7 و 60/7 درصد (وزنی/وزنی) بود. درحالی که، سطوح اسید چرب غیراشباع در سوسیس های میکوپروتئینی (65,44%) نسبت به سوسیس گوشت گاو (35,54% وزنی / وزنی) دارای اختلاف معنی داری ( $P < 0.05$ ) بود. نوع اسیدهای چرب و مقدار آنها برای

هریک از نمونه ها در جدول شماره 4 آورده شده است، این محتویات و همچنین مطالب قبلی نتایج را به ویژه برای نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اسیدهای چرب اشباع را تأیید کردند [8]. پژوهشگرانی که به بررسی اثر میکوپروتئین فوزاریوم و ننا توم بر روی محصولات غذایی پرداخته بودند افزایش اسیدهای چرب غیراشباع را گزارش کردند [28] مصرف بیشتر اسیدهای چرب غیراشباع مزایای سلامتی را برای بیماران مبتلا به بیماری های قلبی عروقی فراهم می کند. به طور طبیعی، نسبت اسید چرب چند غیراشباع به اشباع در گوشت گاو معمولاً 0,1 است. باین حال، این نسبت با افزایش چربی گوشت کاهش می یابد [29]. به طور طبیعی، این نسبت در میکوپروتئین ها به 1,44 می رسد. چربی مرغ به طور 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 میکوپروتئین ها نزدیک است [17 و 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 <sup>b</sup>	3.31±0.5 <sup>a</sup>
Vit B5	0.01±0.04 <sup>b</sup>	0.02±0.05 <sup>a</sup>
Vit B7	2.57±1.5 <sup>b</sup>	8.81±1.45 <sup>a</sup>
Vit B9	0.03±0.03 <sup>b</sup>	0.48±0.05 <sup>a</sup>
C11:0	0.04±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>b</sup>
C13:0	0.02±0.00 <sup>ns</sup>	0.02±0.00 <sup>ns</sup>
C18:3n6	0.41±0.03 <sup>b</sup>	1.14±0.5 <sup>a</sup>
C20:1	3.83±0.02 <sup>a</sup>	0.25±0.00 <sup>b</sup>
C21:0	0.07±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>b</sup>
C23:0	0.13±0.00 <sup>b</sup>	0.16±0.06 <sup>a</sup>

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

ns: nonsignificant

### 3-3- بافت

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون بافت سنجی بین دو نمونه مستقل سوسیس میکوپروتئین و سوسیس گوشت بین صفات اندازه گیری شده برای بافت سنجی اختلاف معنی داری بین دو گروه وجود داشت به طوری که سوسیس تهیه شده از گوشت دارای سفتی، قابلیت ارتجاعی، پیوستگی، خاصیت صمغی و قابلیت جویدن بیشتری نسبت به سوسیس تهیه شده از میکوپروتئین بود، جدول (شماره 5). با توجه به اینکه سوسیس های گوشتی در مقایسه با نمونه های غیر گوشتی نیروی بیشتری برای جویدن نیاز داشت، می تواند ناشی از

وجود شبکه های میوفیبریلی و پیوندهای پروتئینی مستحکم در نمونه های حاوی گوشت نسبت به نمونه های حاوی میکوپروتئین باشد. محققین دیگری که از عصاره پروتئین سویا به عنوان جایگزین گوشت در خمیرهای گوشتی امولسیون شده استفاده کرده بودند قابلیت ارتجاعی کمتر را در نمونه های حاوی عصاره پروتئین سویا را گزارش کردند [31]. کمانی و همکاران نیز در تحقیقات خود گزارش کردند با جایگزینی گوشت با پروتئین های گیاهی در سوسیس مرغ، سطوح پایین تری از سختی، پیوستگی، صمغیت و قابلیت ارتجاعی به دست می آید [32]. هم راستا با نتایج به دست آمده در این تحقیق

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].

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 پر کرده و قابلیت ارتجاعی محصول را کاهش دهد [33 و 32]. در بررسی چسبندگی تیمارها، نتایج بیانگر افزایش میزان چسبندگی نمونه‌های حاوی مایکوپروتئین نسبت به نمونه شاهد بود که می‌تواند به دلیل وجود مقادیر بالای فیبر در این نمونه‌ها و

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

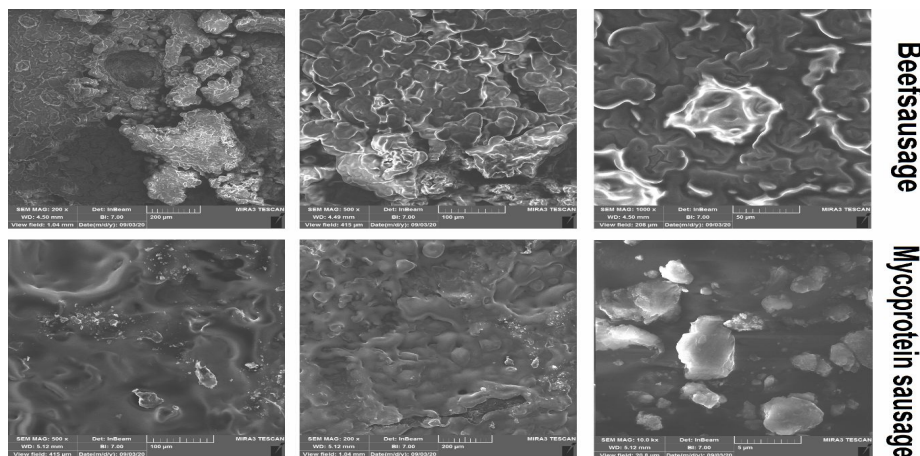
Treatment	Chewiness	Gumminess	Cohesiveness	Springiness (%)	Adhesiveness (N.S)	Hardness (N)
Mycoprotein	1±0.01 <sup>b</sup>	20.1±1.21 <sup>b</sup>	0.19±0.02 <sup>b</sup>	0.49±0.21 <sup>b</sup>	1.5±0.19 <sup>a</sup>	23±1.16 <sup>b</sup>
Beef	2.1±0.2 <sup>a</sup>	25.4±1.54 <sup>a</sup>	0.24±0.01 <sup>a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

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

این ماتریکس به هم پیوسته 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].

### 3-4- 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 مترام نامنظمی را نشان می‌دهد که ساختارهایی با ظاهر اسفنجی (لانه‌زنبوری) شبیه به آنچه توسط دیگران توصیف شده است [35 و 36]. ایجاد می‌کند. گلبول‌های چربی که در ماتریکس ادغام شده‌اند توسط رشته‌های شبکه پروتئینی متصل شده و



**Fig 2** SEM Image of mycoprotein/beef sausage.

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

### 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



- [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-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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.

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 قابل توجه 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 ظاهر شده 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.



- [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.
- [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.



## Producing sausage using the fungus proteins of *Fusarium venenatum* (instead of meat) and investigating its physicochemical and sensory quality attributes

Shahbazzpour, N. <sup>1</sup>, Sharifan, A. <sup>2\*</sup>, Khosravi Darani, K. <sup>3</sup>, Hoseini, H. <sup>4</sup>

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 the fungus myco-protein has high nutritional value and attributes similar to meat, they can be properly replaced in meat products. According to the results obtained from the present research, which was carried out aimed at improving 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 higher nutritional 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