



پنجمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در منابع طبیعی و محیط زیست ایران



دانشگاه تهران، تهران، ایران

کد اختتامی:
۰۱۳۳۰-۳۸۸۲۷

الگوی تهیه مقاله

گوشت های تقلیدی و آینده آن ها در صنعت غذا

محمدرضا کیانیانی¹، سحر روشنگر²، سبحان سوادکوهی³، فخری شهیدی⁴¹ دانشجو کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

rezakianiani@gmail.com

² پژوهشگر پسا دکتری، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

Sahar.roshanak@gmail.com

³ دپارتمان نوآوری و کاربرد، ادویه جات هلا استرالیا، ملبورن، ویکتوریا، استرالیا⁴ استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

f.shahidi.um.ac.ir

چکیده

آنالوگ های گوشتی گیاهی، حشرات خوراکی و گوشت کشت داده شده، جایگزین های اصلی گوشتی هستند که می توانند در آینده به عنوان منابع پروتئینی مورد استفاده قرار گیرند. همچنین اعتقاد بر این است که اهمیت جایگزین های گوشت به دلیل نگرانی در مورد پایداری محدود سیستم تولید گوشت سنتی افزایش خواهد یافت. انتظار می رود که جایگزین های گوشت بر اساس مزایا و محدودیت های مختلف، نقش های متفاوتی داشته باشند. آنالوگ های گوشتی گیاهی و حشرات خوراکی می توانند جایگزین گوشت سنتی به عنوان یک منبع پروتئین خوب از دیدگاه ارزش غذایی شوند. علاوه بر این، گوشت های گیاهی را می توان در اختیار طیف وسیعی از مصرف کنندگان قرار داد (به عنوان مثال، به عنوان محصولات غذایی گیاهی یا حلال). با این حال، علی رغم پیشرفت های فنی در حال انجام، خوش مزه بودن آن ها، از جمله ظاهر، طعم و بافت، هنوز با استاندارد مصرف کنندگان که از گوشت های سنتی مبتنی بر دام تهیه شده است، متفاوت است. در همین حال، گوشت کشت شده تنها روشی است که برای تولید گوشت ماهیچه ای حیوانی واقعی است. بنابراین، محصول نهایی در مقایسه با سایر آنالوگ های گوشت، بیشتر شبیه گوشت است. با این حال، مشکلات فنی، به ویژه در تولید انبوه و هزینه قبل از تجاری سازی باقی می ماند. با این وجود، این جایگزین های گوشت می توانند بخشی از منابع پروتئینی آینده ما باشند و در عین حال رابطه مکمل با گوشت سنتی را حفظ کنند.

واژه های کلیدی

گوشت تقلیدی، گوشت های تقلیدی بر پایه گیاهان، گوشت های کشت داده شده، حشرات خوراکی، منابع پروتئینی

1. مقدمه

گوشت را می توان به عنوان «گوشت حیوانی که برای مصرف ما به عنوان غذا در نظر گرفته شده» تعریف کرد و شامل بخش های خوراکی لاشه حیوان، مانند گوشت بدون چربی، چربی، روده و غیره است [1،2]. از نظر تاریخی، گوشت به عنوان یک منبع غذایی به تکامل و توسعه انسان کمک کرده است [3]. گوشت از مواد مغذی ضروری به ویژه پروتئین ها تشکیل شده است که برای عملکردهای فیزیولوژیکی مختلف در بدن انسان ضروری هستند [4]. تقریباً 15٪ از پروتئین های مصرف شده در رژیم غذایی ما را فراهم می کند و حاوی تمام اسیدهای آمینه ضروری و همچنین اسیدهای چرب مختلف و ریز مغذی ها (مثل: ویتامین B کمپلکس، آهن، روی، و سلنیوم) است [5،6]. علاوه بر این، پروتئین گوشت دارای قابلیت هضم بالایی با نمره اسید آمینه اصلاح شده 0.92 است [3]. علاوه بر این، گوشت دارای طعم مناسب و دارای اهمیت مهم اجتماعی و فرهنگی در جامعه بشری است [7-9]. بنابراین، بدون شک، گوشت نه تنها یک غذای مهم برای انسان است، بلکه بخشی ضروری از زندگی ما است. در حال حاضر، جمعیت جهان به سرعت در حال رشد است و تا سال 2050 به 9 میلیارد نفر خواهد رسید [10]. تخمین زده می شود که در مقایسه با گوشتی که اکنون تولید می کنیم، حداقل به دو برابر گوشت بیشتر نیاز داشته باشیم. این افزایش سریع در تقاضای جهانی گوشت نه تنها به رشد جمعیت، بلکه به توسعه اقتصاد کشورهای در حال توسعه نیز نسبت داده می شود [11،12]. با در نظر گرفتن این عوامل، باید به زودی راهی برای افزایش تولید گوشت پیدا کنیم.

پیش از این، صنعتی شدن دامداری، تقاضای فزاینده برای گوشت و محصولات این نیاز را برآورده می کرد. با این حال، به دلیل محدودیت منابع زمین و آب برای پایداری دامداری، افزایش سریع مسائل رفاهی حیوانات و تأثیرات نامطلوب دامداری مدرن بر محیط زیست و تغییرات آب و هوایی، دیگر امکان افزایش تولید گوشت برای نیازهای آینده وجود ندارد. با توجه به شکاف بین



کد اختصامی:
۰۱۳۳۰-۳۸۸۲۷

مؤسسه پژوهش‌های توسعه پایدار و محیط زیست ایران
توسعه پایدار و محیط زیست ایران

تقاضای آبی و توانایی فعلی برای تامین گوشت، نیاز روزافزونی به تولید جایگزین های گوشت به عنوان منابع پروتئینی وجود دارد. علاوه بر این، گسترش بازارهای حلال و کوشر نیز به توسعه جایگزین های گوشتی به جای گوشت های سنتی مبتنی بر دام نیاز دارد، زیرا تعداد افرادی که چنین غذاهایی را مصرف می کنند ممکن است تا سال 2025 از 30 درصد جمعیت جهان فراتر رود [13]. در نتیجه، تلاش های متعددی برای افزایش تولید گوشت معمولی و یا جایگزین های گوشتی مختلف صورت گرفته است (جدول 1) [10]. در این میان، آنالوگ های گوشتی گیاهی، حشرات خوراکی و گوشت پرورش یافته مورد توجه اکثر مصرف کنندگان قرار گرفته اند، اگرچه گوشت کشت داده شده هنوز برای تجاری سازی در حال توسعه است. بنابراین، در این بررسی، جایگزین های اصلی گوشت (مانند آنالوگ های گوشتی گیاهی، حشرات خوراکی و گوشت کشت داده شده) به عنوان منابع پروتئینی امیدوارکننده ای معرفی می شوند که می توانند در آینده نزدیک برای حمایت و تکمیل پایداری در سیستم تولید گوشت مورد استفاده قرار گیرند.

2. آنالوگ های گوشتی مبتنی بر گیاه

2.1. تعریف و ویژگی ها

آنالوگ های گوشتی گیاهی را می توان با استفاده از پروتئین استخراج شده از گیاهان تولید کرد [10]. گندم، سویا، حبوبات، دانه های روغنی و قارچ ها منابع اصلی آنالوگ های گوشتی گیاهی هستند (جدول 2) [13]. در واقع، پروتئین گیاهی یکی از قدیمی ترین منابع غذایی در تاریخ بشریت است. توفو برای اولین بار در سال 965 پس از میلاد مصرف شد و چندین محصول از جمله گلوتن گندم، یوبا و تمپه برای چندین دهه در کشورها و مناطق مختلف مورد استفاده قرار گرفته است [14، 15]. علاوه بر این، محصولات گیاهی به عنوان جایگزین گوشت از سال 1888 پیشنهاد شده است. با این حال، اکثر آنها دارای ویژگی های بسیار متفاوتی در مقایسه با گوشت سنتی، به ویژه از نظر طعم و بافت بودند. بنابراین، این محصولات تا دهه 1900 در بازار موفق نبودند: مصرف آنالوگ های گوشت گیاهی تنها به منافع اقتصادی و نیازهای اجتماعی مربوط به سلامت، مذهب و دلایل اخلاقی محدود می شدند.

با این حال، مصرف آن از نظر طعم و بافت تأثیر خوشایندی نداشت [13]. در زمان های اخیر، بازار آنالوگ های گوشتی گیاهی با افزایش تقاضای اجتماعی در حال گسترش است و تلاش های مداوم برای بهبود کیفیت حسی آنها در حال انجام است [14، 15]. معرفی پروتئین گیاهی بافت دار (TVP) تولید شده با استفاده از مواد مختلف منجر به توسعه آنالوگ های گوشتی مبتنی بر گیاه شد. در حال حاضر، بزرگترین بازار را در میان جایگزین های گوشت به خود اختصاص داده است، و اعتقاد بر این است که این بازار تا سال 2025 به بیش از 21.23 میلیارد دلار افزایش خواهد یافت [14، 15].

2.2. فواید جایگزین های گوشت

دلیل عمده مصرف گوشت، تامین مواد مغذی است [13]. بنابراین، تولید آنالوگ های گوشتی گیاهی برای برآوردن مشخصات مواد مغذی گوشت بسیار مهم است [16]. به طور کلی، پروتئین گیاهی به دلیل فقدان چندین اسید آمینه ضروری مانند لیزین، متیونین و یا سیستئین از نظر ارزش غذایی محدود است و دسترسی زیستی پایینی دارد [17]. بر اساس ارزش غذایی و عملکرد، گلوتن گندم و پروتئین سویا پرمصرف ترین منابع در بین پروتئین های گیاهی مختلف برای تهیه آنالوگ های گوشتی گیاهی هستند [13]. گندم با 8 تا 17.5 درصد پروتئین یکی از مهمترین محصولات زراعی است. گلوتن (تقسیم شده به گلیادین و گلوتنین) از گندم را می توان در طی فرآوری مرطوب آرد تولید کرد و به عنوان درجه " (GRAS) به طور کلی به عنوان ایمن شناخته شده" تایید شده است. هنگامی که گلوتن در دمای بالای 85 درجه سانتیگراد گرم می شود، گلوتن می تواند منعقد شود و در نتیجه بدون از دست دادن نظم ساختاری، ژل تشکیل شود. علاوه بر این، از آنجایی که گلوتن می تواند یک ترکیب منسجم بین پروتئین و سایر مواد تشکیل دهنده، می توان از آن به عنوان یک پروتئین گیاهی برای تولید ساختار آنالوگ های گوشت استفاده کرد. پروتئین سویا به عنوان یک منبع پروتئین خوب با مزایای اقتصادی مورد توجه مصرف کنندگان قرار گرفته است. مالاو و همکاران [18] گزارش کردند که سویا 35 تا 40 درصد پروتئین با کیفیت بالا، 15 تا 20 درصد چربی، 30 درصد کربوهیدرات و همچنین آهن، کلسیم، روی و گروه های ویتامین B دارد. لیو و همکاران [19] پیشنهاد کردند که پروتئین سویا به دلیل ظرفیت عالی برای باز جذب آب، جذب روغن، امولسیون سازی و جذب آب می تواند به عنوان جایگزینی برای محصولات گوشتی استفاده شود.

در بازار کنونی، چندین محصول به عنوان آنالوگ گوشت گیاهی به موفقیت رسیده اند و به نظر می رسد که مقدار کافی پروتئین را به عنوان جایگزین گوشت در رژیم غذایی ما فراهم می کنند. بوهرر [14] محتویات غذایی را در چهار نوع اصلی (محصولات گوشت گاو برگر، کوفته گوشت گاو، ژامبون خوک و ناگت مرغ) گوشت و آنالوگ های گوشت گیاهی در بازار بررسی کرده است. آنها دریافتند که هر برگر گوشت گاو در یک همبرگر حاوی 23.33 گرم پروتئین است، در حالی که یک برگر آنالوگ گوشت تقریباً 19.46 گرم پروتئین دارد (شکل 1).

با این حال، آنالوگ های گوشت گیاهی دارای کلسترول کمتر و فیبر غذایی بیشتری هستند که می تواند برای مصرف کنندگان جذاب باشد. انواع دیگر محصولات (کوفته گاو، ژامبون خوک و ناگت مرغ) نیز نتایج کلی مشابهی را نشان دادند (برای اطلاعات بیشتر به بوهرر [14] مراجعه کنید). بنابراین، تا آنجایی که به جنبه های تغذیه ای مربوط می شود، به ویژه محتوای پروتئین، آنالوگ های گوشتی گیاهی احتمالاً جایگزین خوبی برای گوشت خواهند بود. این محصولات برای مصرف کنندگانی که نمی توانند گوشت و فرآورده های گوشتی بخورند، بیشتر به دلیل اعتقادات مذهبی و اخلاقی خود مفید خواهد بود. به طور خاص، با در نظر گرفتن گسترش روزافزون بازار برای محصولات غذایی حلال و کوشر همچنین افزایش علاقه به رعایت حقوق



حیوانات، در میان جایگزین‌های مختلف گوشت، منابع پروتئینی بدون پروتئین حیوانی به عنوان آنالوگ‌های گوشتی گیاهی در آینده تقاضای بالایی خواهند داشت.

2.3. روندها و چالش‌های تحقیق

علیرغم ارزش غذایی بالا و توسعه مداوم آنالوگ‌های گوشتی گیاهی، مطلوبیت طعم آن‌ها یک مانع مهم برای مقبولیت مصرف‌کننده است. برای بهبود بافت و طعم آنالوگ‌های گوشتی گیاهی، مواد مختلفی در طول فرآیند تولید اضافه می‌شود (جدول 3). در مورد بافت، تکنیک‌های مختلفی مانند چرخش، اکستروژن ترموپلاستیک و بافت دهی با بخار برای شکل‌گیری ساختاری پروتئین گیاهی استفاده شده است، زیرا گیاهان عمدتاً بافت نامناسبی دارند [20، 21]. در این میان، اکستروژن متداول‌ترین روش مورد استفاده است، زیرا روشی اقتصادی است و می‌تواند شکل‌ها و اندازه‌های مختلفی از آنالوگ‌های گوشت را تولید کند. این فرآیند بر اساس یک سیستم مارپیچ در یک بدنه [22] است که به وسیله آن پروتئین‌های گیاهی فشرده می‌شوند و حرارت داده می‌شود تا به یک توده مخطط، لایه ای و با پیوند های عرضی تبدیل شوند و در نهایت TVP تولید می‌شود [13، 23]. تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که استفاده از گلوتن گندم و پروتئین سویا به عنوان ترکیبات TVP می‌تواند ظاهر، بافت، طعم و ارزش غذایی مشابه گوشت را ایجاد کند [24]. علاوه بر این، پروتئین‌های تولید شده از محصولات جانبی نشاسته قارچی (معروف به مایکوپروتئین) ساختار و قطره‌هایی شبیه به فیبرهای ماهیچه‌ای گوشت با بافت تقریباً مشابه تولید می‌کند [13، 21]. طعم گوشت عمدتاً از ترکیبات مرتبط با طعم مانند اسیدهای آمینه آزاد، اسیدهای چرب آزاد، نوکلئوتیدها و قندهای احیا کننده به دست می‌آید. علاوه بر این، ویتامین B1 و میوگلوبین نیز بر طعم گوشت تأثیر می‌گذارد [25]. بنابراین، هنگامی که آنالوگ‌های گوشتی گیاهی تولید می‌شوند، تقویت‌کننده‌های طعم اضافه می‌شوند (جدول 3). طبق گفته کریاکوپولو و همکاران [26]، هنگامی که ترکیبات فرار در گوشت پس از فرآیندهای حرارتی مختلف جدا می‌شوند، که سبب ایجاد طعم در گوشت می‌شود. متعاقباً، تکنیک‌های مختلفی برای ترکیب چنین کنسانتره‌های طعمی در آنالوگ‌های گوشتی گیاهی برای دستیابی به طعم گوشت مورد بررسی و توسعه قرار گرفته‌اند. افزودن چربی یا روغن (به عنوان مثال، روغن کانولا، روغن نارگیل و روغن آفتابگردان) می‌تواند بر شکل‌گیری طعم در آنالوگ‌های گوشتی گیاهی و همچنین بافت و احساس دهان آنها تأثیر بگذارد [13، 14].

چالش دیگر برای آنالوگ‌های گوشتی گیاهی، ظاهر، به ویژه رنگ است. رنگ گوشت و آنالوگ‌های گوشتی یک ویژگی مهم در بازار پسندی است [27]. برای نشان دادن رنگ گوشت قرمز، برخی از محصولات آنالوگ گوشت حاوی عصاره آب چغندر یا رب گوجه‌فرنگی هستند [14]. با این حال، رنگ گوشت همیشه قرمز به نظر نمی‌رسد و بسته به وضعیت شیمیایی میوگلوبین، که مسئول اصلی رنگ گوشت است، تغییر می‌کند. گوشت تازه به دلیل محتوای بالای اکسی‌میوگلوبین دارای رنگ قرمز روشن است، محتوای مت‌میوگلوبین هنگام پختن گوشت افزایش می‌یابد و رنگ گوشت به قهوه‌ای تغییر پیدا می‌کند [28]. برخی از محققان پیشنهاد کرده‌اند که آنالوگ‌های گوشت باید دارای ویژگی‌های رنگی مشابه با گوشت خام یا پخته باشند [26]. بنابراین، در صنعت گوشت لگ-هموگلوبین تولید و استفاده می‌شود که حالت و ساختار شیمیایی مشابه میوگلوبین دارد. اضافه کردن این ماده به برگرها غیرمجاز است (Impossible Foods Inc., Redwood City, CA, USA) هنگامی که لگ هموگلوبین به یک محصول مشابه گوشت اضافه می‌شود، ویژگی‌های رنگ پخته شده مشابه گوشت را ایجاد می‌کند [14، 29]. میوگلوبین بر طعم گوشت نیز تأثیر می‌گذارد. بنابراین همانطور که فریزر و همکاران [30] گزارش کردند، استفاده از لگ هموگلوبین، که مشابه میوگلوبین است، طعم متفاوت از گوشت را به آنالوگ‌های گوشت ارائه می‌کند. طبق گزارشات که توسط آزمایش‌های انحراف کروموزومی آزمایشگاهی و آزمایش سمیت سیستمیک *in vivo* مورد بررسی قرار گرفته است لگ هموگلوبین خواص سمیت ندارد [30].

از آنجایی که پروتئین گیاهی و مواد غذایی درجه یک عمدتاً در طول ساخت آنالوگ‌های گوشتی با پایه گیاهی استفاده می‌شود، ایمنی آنها تأیید شده است و صرفه اقتصادی دارند [31]. با این حال، چندین ماده ضد مغذی (مانند مهارکننده‌های پروتئاز، مهارکننده‌های آلفا آمیلاز، لکتین، پلی‌فنول‌ها و اسید فیتیک) در آنالوگ‌های گوشتی گیاهی وجود دارند. اگرچه این ترکیبات به دلیل اثرات مثبت خود مانند ضد سرطان، ضد چاقی، تحریک لنفوسیتی، اثرات آنتی‌اکسیدانی و غیره شناخته شده‌اند، اما اثرات منفی آنها نیز گزارش شده است [13]. به عنوان مثال، پلی‌فنل‌ها می‌توانند فعالیت آنزیم‌های گوارشی و همچنین دسترسی زیستی پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه را کاهش دهند. اسید فیتیک می‌تواند باعث کاهش مواد معدنی و کمبود ریز مغذی‌ها شود، زیرا دسترسی زیستی مواد معدنی ضروری را کاهش می‌دهد و ریزمغذی‌ها (مانند آهن، روی، پتاسیم، مس، کبالت، منیزیم و کلسیم) را باند می‌کند. علاوه بر این، آلرژی غذایی به پروتئین گیاهی باید مورد توجه قرار گیرد، زیرا پروتئین‌های گیاهی، به ویژه پروتئین‌های حبوبات حاوی برخی از آلرژن‌ها هستند. جالب توجه است که در مقایسه با گوشت گاو طبیعی، آنالوگ‌های گوشت گیاهی دارای انرژی، چربی کل، چربی‌های اشباع شده و محتوای سدیم و آهن بیشتری هستند [14]، شاید این به دلیل افزودن چربی و یا روغن اضافی (مانند روغن نارگیل و کره کاکائو) برای تقلید از چربی حیوانی، عوامل رنگ‌دهنده و ادویه‌ها به آنالوگ‌های گوشت در طول تولید پروتئین‌های گیاهی باشد (جدول 3). این نتایج نشان می‌دهد که تولید آنالوگ‌های گوشتی گیاهی ممکن است مزایای مواد مغذی موجود در خود پروتئین گیاهی اصلی را کاهش دهد. [32]. با این وجود، می‌توان با توسعه فناوری پیشرفته بر چالش‌ها غلبه کرد و آنالوگ‌های گوشتی گیاهی، منابع پروتئینی مهمی در آینده خواهند شد.

3. حشرات خوراکی

3.1. تعریف و ویژگی‌ها

حشرات یکی از بزرگترین منابع زنده روی زمین هستند که در مجموع 5.5 میلیون گونه دارد [33]. در میان آنها، تقریباً 2000 گونه حشره در 113 کشور به ویژه آفریقا، آمریکای جنوبی و آسیای جنوب شرقی مصرف می‌شود [34، 35]. در چنین مناطقی، خوردن حشرات یک رسم باستانی (اصطلاحاً حشره‌خواری) از حداقل 3000 سال پیش است. حشرات به دلیل محتوای پروتئین



بالا با اسیدهای آمینه ضروری برای نیاز روزانه ما به عنوان یک منبع پروتئین با ارزش مورد استفاده قرار گرفته اند [36-38]. پرمصرفترین گونه‌های حشرات عبارتند از: کلنوپترا (سوسک)، لپدوپترا (کاترپیلار)، هیمنوپترا (مورچه، زنبور و زنبور عسل)، ارتوپترا (ملخ، ملخک و جیرجیرک)، همیپترا (برگ خوارها، حشرات، و سیکادا، موریانه ها)، اودوناتا (سنجاقک ها) و دوپترا (مگس ها) [39،40]. با این حال، استقبال از خوردن حشرات در مصرف کنندگان غربی کم است، که بیشتر به دلیل تصویر منفی در مورد حشرات، به ویژه به عنوان یک جزء غذایی است. بنابراین، حشرخواری در رژیم غذایی ما کاهش یافته است، زیرا با توسعه علم و فناوری غذایی، گزینه‌های مختلف محصولات غذایی به طور فزاینده‌ای در دسترس بوده اند [36،37،41]. در نتیجه، به دلیل اهمیت گوشت به عنوان یک رژیم غذایی اصلی در زندگی ما، نیاز مبرمی به جایگزین های گوشت وجود دارد [42]. با این وجود، اهمیت حشرات خوراکی به دلیل نیاز روزافزون به جایگزین های گوشتی برای پروتئین ها آشکار شده است. در سال های اخیر، بازار حشرات به طور پیوسته در حال افزایش است و انتظار می رود تا سال 2024 از 522 میلیون دلار آمریکا فراتر رود [43].

3.2. فواید به عنوان جایگزین گوشت

هدف اصلی از مصرف حشرات توسط انسان، تهیه منبع عالی پروتئین است. ارزش غذایی حشرات خوراکی بسته به گونه، جنس، حالت دگرذیسی (مانند لارو، شفیره و بالغ)، منشاء، رژیم غذایی و روش های مختلف پردازش به دلیل تنوع زیادشان متفاوت است (جدول 4) [35،44]. ژیاومینگ و همکاران [45] گزارش کردند که محتوای پروتئین در 100 گونه مختلف بر اساس ماده خشک آنها از 13٪ تا 77٪ متغیر است. تجزیه و تحلیل 87 گونه حشره در مکزیک محتوای پروتئینی 15 تا 81 درصد با قابلیت هضم بالا را نشان داد [46]. د کاسترو و همکاران [44] ارزش غذایی حشرات پرمصرف (مانند سوسک ها، سوسک ها، حشرات، زنبورها، زنبورها، مگس اره و مورچه ها، پروانه ها و شب پره ها، ملخ ها، جیرجیرک ها و ملخ ها) را بررسی کردند و تغییرات زیادی از 1٪ تا 81٪ در محتویات پروتئین یافتند. دسترسی زیستی پروتئین حشره نیز با قابلیت هضم (76 تا 96 درصد) بالا است که کمی کمتر از پروتئین تخم مرغ یا گوشت گاو (به ترتیب 95 و 98 درصد) است [35،47]. بنابراین، بدون شک، حشرات می توانند به عنوان یک منبع پروتئین خوب در رژیم غذایی ما عمل کنند. در آفریقای مرکزی زمانی وجود داشت که حدود 50 درصد پروتئین های غذایی از حشرات به دست می آمد [42]. در مقایسه با پروتئین گیاهی، پروتئین حشره دارای مزایای تغذیه ای زیادی با توجه به سطح پروتئین کل، اسیدهای آمینه ضروری و دسترسی زیستی دارد. کوریسکا و آدامکوا [35] بیان کردند که برخی از گونه های حشرات دارای مقادیر زیادی لیزین، تریپتوفان و ترئونین هستند که در برخی از گیاهان یافت نمی شود.

حشرات خوراکی می توانند سایر مواد مغذی مفید مانند چربی ها با اسیدهای چرب غیراشباع، ویتامین ها و مواد معدنی فراهم کنند [35،44]. در حشرات، چربی دومین ماده مغذی فراوان است (تقریباً 10 تا 60 درصد بر اساس ماده خشک). به طور کلی، چربی ها را می توان به 80٪ تری گلیسیرید و 20٪ فسفولیپیدها طبقه بندی کرد که در ذخایر انرژی، ساختار غشای سلولی و فیزیولوژی نقش دارند [35،48]. مشخصات اسیدهای چرب غیر اشباع در حشرات خوراکی با طیور و ماهی قابل مقایسه است. با این حال، حشرات اسیدهای چرب چند غیراشباع بیشتری دارند [42،49]. رامپلد و شلوتر [49] گزارش کردند که اسیدهای چرب امگا 3، از جمله ایکوزاپنتانویک اسید و دوکوزاهگزانویک اسید، در اکثر حشرات شناسایی نشدند. با این حال، سطح آنها را می توان با تغییرات خوراک در طول پرورش حشرات افزایش داد. علاوه بر این، حشرات خوراکی سرشار از آهن، روی، سدیم، کلسیم، فسفر، منیزیم، منگنز، مس، ریوفلاوین، اسید پانتوتینیک و بیوتین هستند [49،50]. مزایای حشرات خوراکی تنها محدود به محتوای انرژی بالای آنها نیست، بلکه به نرخ بالای تبدیل خوراک به گوشت و نیاز کمتر به زمین، آب و خوراک نیز محدود می شود [44،51،52]. علاوه بر این، آنها دارای نرخ باروری بالا با تولید مثل در طول سال و نیاز به فضای کوچک هستند. در برخی از گونه ها (به عنوان مثال، لارو سرخرطومی خرما)، محصولات جانبی را می توان برای سایر دام ها و یا انسان ها استفاده کرد که در نتیجه قابلیت بازیافت بالایی دارد.

3.3. روندها و چالش های تحقیق

مطالعات زیادی در مورد استفاده از حشرات خوراکی به عنوان غذا انسان انجام شده است. با این حال، علیرغم تلاش های مداوم برای گسترش بازار و مصرف آنها، خوردن حشرات ممکن است به یک گزینه اصلی غذا تبدیل نشود [43]. مردم به دلیل نگرش بدبینانه نسبت به غذاهای جدید، در مصرف حشرات مردد هستند [42،52]. این بخشی از نئوفوبیا غذایی است که می تواند پذیرش حشرات خوراکی را به عنوان جایگزین گوشت را با مشکل روبرو کند [53]. افرادی که مصرف حشرات خوراکی را تجربه نکرده اند، حشرات را کثیف، منزجر کننده و خطرناک می دانند و در نهایت آنها را به عنوان یک منبع غذایی رد می کنند [54]. این پدیده یک چالش اصلی برای مصرف حشرات خوراکی به ویژه در کشورهای غربی است [43]. به گفته Verbeke [55]، تنها تعداد کمی از مصرف کنندگان (12.8٪ مرد و 6.3٪ زن) در جامعه غربی حشرات خوراکی را به عنوان یک ماده غذایی می پذیرند. پست [56] همچنین گزارش داد که بیشتر حشرات در هلند به عنوان غذای حیوانات خانگی به جای رژیم غذایی انسان استفاده می شود. برای غلبه بر نئوفوبی غذایی مربوط به حشرات، گنجاندن منظم حشرات در رژیم غذایی روزانه می تواند در تغییر نگرش مصرف کنندگان مفید باشد [44،52]. ارائه اطلاعات در مورد فواید حشرات خوراکی در جنبه های تغذیه، محیط زیست و فرهنگ راه حل دیگری در نظر گرفته می شود [51،57]. با این حال، تأثیر واقعی آن هنوز ناچیز است و تمدن غرب آماده خوردن حشرات خوراکی به شکل دست نخورده نیست [52]. توسعه مواد یا محصولات مبتنی بر حشرات به جای اشکال دست نخورده می تواند پذیرش حشرات را به عنوان یک منبع غذایی تسهیل کند [57-59]. بنابراین، مطالعات متعددی برای پردازش حشرات به عنوان مواد غذایی جدید و گنجاندن آنها در غذاهای آشنا یا در فرآوری محصولات غذایی انجام شده است [36،37]. این روش ها شامل پردازش مواد خام، پردازش پروتئین و فرآوری روغن [53] است که می تواند ویژگی های کیفی (مانند طعم) و ویژگی های عملکردی (مانند فعالیت مهارتی آنزیم تبدیل کننده آنزیماتاسین I و عملکردهای



کد اختصالی:
۰۱۴۴۰-۳۸۸۲۷

مؤسسه ملی توسعه پایدار علوم طبیعی

موسسه ملی توسعه پایدار علوم طبیعی

ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی (را هنگامی که روی غذا اعمال می‌شود، بهبود بخشد. [44،60]. اخیراً فرآوری مواد خام از طریق خشک کردن و یا آسیاب کردن پرکاربردترین روش برای استفاده از حشرات خوراکی به عنوان یک محصول غذایی است.

هنگامی که حشرات به پودر خشک تبدیل می‌شوند، حجم آنها کمتر از محصول اصلی می‌شود و در نتیجه حمل و نقل آن‌ها آسان تر می‌شود. علاوه بر این، به دلیل فعالیت کم آب، محصول را می‌توان برای مدت طولانی نگهداری کرد. در همین حال، روش‌های فرآوری پروتئین و روغن برای استخراج پروتئین‌ها و روغن‌ها از حشرات مورد بررسی قرار گرفته است. این فرآوری‌های استخراج نه تنها ارزش‌های غذایی را افزایش می‌دهد، بلکه خواص عملکردی فنی را نیز افزایش می‌دهد [37]. حشرات خوراکی مختلفی به عنوان مواد تشکیل دهنده به غذاهایی مانند نان، کلوچه و سوسیس اضافه می‌شوند تا ارزش غذایی و کیفیت غذایی آنها افزایش یابد. بنابراین، حشرات را می‌توان بدون تأثیر تصویر منفی آنها برای افزایش خواص فوق‌الذکر محصولات غذایی مورد استفاده قرار داد. [52]

با این وجود، مسائل ایمنی حشرات خوراکی، مانند مواد ضد مغزی (به عنوان مثال، کیتین و مواد سمی [کریپتوتوکسیک ها و فانوتوکسیک ها])، مخاطرات میکروبی، و آلرژن‌ها، هنوز وجود دارد [42، 44]. داده‌های کافی برای تأیید ایمنی مواد ضد مغزی در حشرات باید در مطالعات آینده به دست آید. به طور خاص، از آنجایی که مطالعات روی آلرژن‌های غذایی حشرات محدود است، تحقیقات بیشتری برای رشد صنعت حشرات خوراکی مورد نیاز است [39]. تا به امروز، برخی از پروتئین‌های واکنش آلرژیک بندپایان (عنکبوتیان و سخت پوستان) بر روی انسان شناخته شده است [61].

4. گوشت پرورشی

4.1. تعریف و ویژگی‌ها

گوشت کشت داده شده (همچنین به نام گوشت آزمایشگاهی، گوشت مصنوعی، گوشت آزمایشگاهی، ماهیچه مصنوعی زیستی و گوشت فرانکتشتاین نیز نامیده می‌شود) جدیدترین جایگزین گوشت در حال ظهور است. می‌توان آن را به عنوان گوشت مصنوعی تولید شده با استفاده از فناوری سلول‌های بنیادی تعریف کرد [62]. ایده گوشت پرورشی برای اولین بار در سال 1932 توسط وینستون چرچیل، نخست وزیر قبلی بریتانیا مطرح شد. تکنیک‌های مهندسی سلول و بافت برای اهداف پزشکی توسعه یافته است. با این حال، اخیراً به دلیل فن‌آوری پیشرفته، از آنها در زمینه فناوری مواد غذایی [63،64] برای کشت در مقیاس بزرگ استفاده شده است [56]. بر اساس چنین پیشرفت‌هایی، اولین گوشت گاو کشت شده از سلول‌های عضلانی گاو در سال 2013 به عموم مردم معرفی شد. با این حال، هزینه تولید بسیار بالا بود [63، 65]. تا کنون، گوشت‌های کشت داده شده به دلیل مشکلات فنی در تولید انبوه و هزینه آن نتوانسته‌اند تجاری شوند. برگر (تقریباً 85 گرم) ساخته شده توسط دکتر پست در سال 2013 به 330000 دلار آمریکا نیاز داشت و یک کوفته (تقریباً 1 کیلوگرم) که اخیراً توسط Memphis Meat رونمایی شد، 40000 دلار آمریکا هزینه داشت [63، 65]. بنابراین برای عرضه گوشت کشت داده شده در بازار باید هزینه تولید آن کاهش یافته و ویژگی‌های کیفی آن بهبود یابد. فرآیند بهینه‌سازی باید بر روی کل فرآیند تولید گوشت کشت داده شده انجام شود [66]. هنگامی که گوشت کشت داده شده با کیفیتی مشابه با گوشت حیوانی تولید شود، ممکن است نقش مهمی در افزایش ذخایر گوشت داشته باشد زیرا تنها گوشت واقعی خواهد بود که دارای پروتئین حیوانی است [67،68]. Memphis، Mosameat، Integraculture، Super Meat، Meats و دیگر شرکت‌های بزرگی هستند که گوشت کشت داده شده تولید می‌کنند. انتظار می‌رود اندازه بازار آنها 4.3 میلیون دلار برای کوفته، 3.7 میلیون دلار برای همبرگر 3.3 میلیون دلار برای سوسیس در بازار ایالات متحده باشد. یکی از مقالات گزارش داد که ظاهر گوشت کشت داده شده انتظار می‌رود روند بازار جهانی گوشت را تغییر دهد، زیرا انتظار می‌رود تا 20 سال آینده 35 درصد از بازار جهانی گوشت را به خود اختصاص دهد [69].

4.2. فواید به عنوان جایگزین گوشت

بزرگترین مزیت گوشت کشت داده شده شباهت آن به گوشت است، زیرا از حیوانات مزرعه گرفته می‌شود و ممکن است از نظر زیست محیطی پایدار باشد [67،68]. این محصول به دلیل طعم و بافت برتر نسبت به سایر جایگزین‌های گوشت، می‌تواند هم ترجیحات غذایی و هم ترجیحات حسی مصرف‌کنندگان را برآورده کند [62]. از این حیث، گوشت کشت داده شده می‌تواند مصرف‌کنندگانی را که نمی‌خواهند سبک سنتی مصرف گوشت خود را تغییر دهند، جذب کند. علاوه بر این، طبق گفته ژانگ و همکاران [68]، در طی تولید گوشت کشت داده شده، یک سلول تک سلولی می‌تواند چندین بار تکثیر شود. بنابراین، تعداد حیوانات کمتری نسبت به دامداری مورد نیاز است. علاوه بر این، گوشت کشت داده شده مزایای دیگری نیز دارد. بهات و همکاران [63] پیشنهاد کردند که گوشت کشت داده شده ممکن است برای چندین کاربرد دیگر مانند ایجاد گوشت طراحی شده، تولید سریع، در دسترس بودن گوشت، گوشت وگان، مواد مغذی کارآمد و تبدیل انرژی مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، مزایای گوشت کشت داده شده شامل حمایت عمومی، رفاه حیوانات، کاهش بیماری‌های مشترک بین انسان و دام و غذا، کاهش استفاده از منابع و اثر زیست محیطی، و احیای جنگل‌ها و حفاظت از حیات وحش است. همچنین می‌توان از آن برای مأموریت‌های فضایی و شهرک‌سازی استفاده کرد. اگرچه توسعه گوشت کشت داده شده هنوز در حال پیشرفت است، اما ممکن است بتوان مواد تشکیل دهنده در محصولات را کنترل کرد تا فواید سلامت بیشتری را بدون فرآیندهای طولانی کشاورزی داشته باشد [63]. علاوه بر این، تمام فرآیندهای کشت گوشت تحت شرایط استریل با استفاده از سیستم‌های مدیریت کیفیت و ایمنی مواد غذایی مختلف مانند عملکرد خوب تولید و تجزیه و تحلیل خطر و نقاط کنترل بحرانی انجام می‌شود. بنابراین می‌توان محصولات ایمن تری و عاری از خطراتی مانند آلودگی، سوء مصرف آنتی‌بیوتیک، بیماری‌های عفونی و مسمومیت غذایی تولید کرد [68].



4.3. آینده پژوهش و چالش ها

اگرچه گوشت کشت داده شده تولید شده اند، اما فناوری های فرآوری آن ها هنوز کافی نیست. اولین چالش می تواند توسعه و بهینه سازی فرآیند تولید انبوه با قیمت گذاری معقول باشد. از انتخاب سلول ها تا تکنیک های مهندسی بافت (برای اطلاعات دقیق تر به Specht و همکاران [70] مراجعه کنید)، عدم قطعیت ها در کشت سلولی و رشد ماهیچه ها باید مورد مطالعه و بهینه سازی بیشتر برای تولید انبوه گوشت پرورشی قرار گیرند [63، 65]. گیدهان و همکاران [71] سلول ها، محیط های کشت، ساختارها، بیوراکتورها، شرایط کشت و پردازش (که تقلید نیز نامیده می شود) را به عنوان عوامل کلیدی برای تولید گوشت کشت شده پیشنهاد کردند. این گزارش بیشتر با سایر مطالعات مطابقت دارد [72، 68، 74]. از آنجایی که دامنه مطالعات انجام شده بر روی چنین عواملی کاملاً گسترده است و جزئیات جامع هنوز روشن نیست، تنها یک مقدمه کوتاه در مورد محیط های کشت، ساختارها و بیوراکتورها در این بررسی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

در طول کشت سلولی، فرمولاسیون بهینه محیط کشت مهم است، زیرا می تواند بر سرعت رشد سلول ها تأثیر بگذارد [71]. محیط کشت حاوی مواد مغذی مختلف، هورمون ها، سرم های دارای فاکتورهای رشد و سایر اجزای رشد سلولی است [73]. در این میان، استفاده از سرم (به عنوان مثال، سرم جنین گاو، سرم اسب) در محیط های کشت باعث نگرانی است. سرم یک جزء ضروری در محیط کشت است، زیرا می تواند رشد سلول های ماهیچه ای را تسهیل کند. با این حال، محققان پیشنهاد کرده اند که استفاده از آن در محیط های کشت باید جایگزین یا حذف شود، زیرا متغیر و گران است و یکی از دلایل اصلی هزینه های بالای تولید گوشت پرورشی است [67]. علاوه بر این، فرآیند تولید آن ممکن است اخلاقی و پایدار نباشد، زیرا از گوساله گرفته شده است. بنابراین، مواد جایگزین برای سرم در محیط های کشت، به ویژه محیط های بدون سرم، یکی از زمینه های اصلی تحقیقاتی برای گوشت های کشت شده بوده است. بیوراکتور و پیش ساختار از دیگر عوامل مهم در تولید انبوه گوشت کشت داده شده هستند [75]. به طور کلی، یک بیوراکتور برای رشد سلولی در مقیاس بزرگ تحت شرایط کنترل شده دما، pH، فشار جزئی اکسیژن و تنش برشی استفاده می شود و محیط همگن تری را در طول تکثیر سلولی و یا تمایز با نظارت دقیق بر شرایط آن فراهم می کند [76، 77]. مطالعات قبلی گزارش داده اند که انواع و شرایط مختلف بیوراکتورها می توانند بر تولید انبوه گوشت پرورشی تأثیر بگذارند. در چند سال گذشته، انواع مختلفی از بیوراکتورها (به عنوان مثال، بیوراکتور مخزن همزن [با نام مستعار فلاسک چرخشی]، بیوراکتور با نسبت ابعاد بالا، بیوراکتور بستر سیال، بیوراکتورهای فیبر توخالی، و بیوراکتورهای بستر پرشده) با اندازه های مختلف توسعه یافته اند [76، 78]. علاوه بر این، نه تنها دما و pH، بلکه فشار جزئی اکسیژن و تنش برشی نیز برای شرایط بهینه یک بیوراکتور مهم هستند. به عنوان مثال، فشار جزئی کم اکسیژن، سرعت تمایز سلول ها را کاهش می دهد، اما تکثیر آنها را افزایش می دهد. در مورد تنش برشی، اعمال آن با افزایش اندازه پروانه و دور در دقیقه و همچنین محل آن و مخزن داخلی مورد استفاده می تواند بر آسیب سلولی تأثیر بگذارد. بنابراین، تنش برشی کم و پرفیوژن اکسیژن پایدار باید در یک بیوراکتور حتی در حجم های زیاد راه اندازی شود [72]. علاوه بر این، کارایی بیوراکتورها برای رده های سلولی مختلف متفاوت بوده است. بنابراین، بیوراکتورهای سفارشی شده و استفاده مناسب از آنها باید برای بهینه سازی تولید انبوه گوشت پرورشی مورد بررسی قرار گیرد. ساختار سازی روشی است که می تواند به جای کشت همزمان پیچیده بافت همبند، بافت گوشتی بیشتری را به گوشت کشت داده شده بدهد [79]. پیش ساختارها از پلیمرهای زیستی تشکیل شده اند و کاربرد آنها برای گوشت های کشت داده شده مناسب ترین روش شناخته شده است. پیش ساختارهای متصل به سلول در یک بیوراکتور با محیط کشت آویزان می شوند و در مقیاس بزرگ گوشت کشت شده را تولید می کنند [64، 68]. هنگام در نظر گرفتن الزامات پیش ساختار، کلاژن پرمصرف ترین ماده است و منابع گیاهی (مانند آلژینات، سلولز یا کیتوزان) نیز توسعه یافته اند [79]. با این حال، تا کنون، پیش ساختار را نمی توان برای تهیه یک محصول با ساختار بالا استفاده کرد و تنها قادر به تولید محصولات آسیاب شده و یا امولسیون شده است. بنابراین، بهبود ساختار بسیار توسعه یافته گوشت کشت داده شده یکی از چالش های آینده است [63، 72].

2. جداول و شکلها

جدول 1 انواع و تعریف منابع مختلف گوشت های تقلیدی

تعریف	انواع
گوشت تولید شده در مزارع	گوشت معمولی
گوشت تقلیدی ساخته شده از پروتئین گیاهان و قارچ ها	گوشت بر پایه گیاهان
حشرات به عنوان منبع غذا	حشرات خوراکی
گوشت مصنوعی تولید شده با تکنولوژی سلول های بنیادی	گوشت کشت داده شده
گوشت های حیوانی اصلاح شده ژنتیکی	گوشت های اصلاح شده

توسعه پایدار در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران

5th National Conference on Sustainable Development
in Agricultural Natural Resources and
Environment of IRAN

www.nsconf.ir

جدول 2 پروتئین گیاهی برای جایگزین های گوشت بر پایه گیاهان

گلوتن (گلیادین ، گلوتنن) B-کنگلکسینین	گندم، چاودار، جو سویا
گلپسنین، ویسین لگومین ، آلبومین، گلوبولین ، گلوتلین	لوبیا دانه روغنی
مایکوپروتئین	<i>Fusarium venenatum</i>

جدول 3 ترکیبات مورد استفاده در تولید گوشت تقلیدی بر پایه گیاهان و هدف از اضافه کردن

درصد مورد استفاده	هدف	مواد تشکیل دهنده
50-80	<ul style="list-style-type: none"> توزیع مواد تشکیل دهنده امولسیون کنندگی، آب دار کردن، هزینه 	آب
25-10	<ul style="list-style-type: none"> پیوند با آب، بافت و حس دهانی ظاهر، استحکام و خواص تغذیه ای پروتئین منبع فیبر غیر محلول 	پروتئین گیاهی بافت داده شده
20-4	<ul style="list-style-type: none"> پیوند با آب، امولسیون کنندگی بافت/ حس دهانی استحکام و خواص تغذیه ای پروتئین 	پروتئین غیر بافتی
10-3	<ul style="list-style-type: none"> طعم: مزه خوب، گوشتی، بو داده، چرب، سرومی افزایش طعم: مثل نمک 	ادویه/طعم دهنده
15-0	<ul style="list-style-type: none"> طعم، بافت/حس دهانی سوکسوله، واکنش مایلار/قهوه ای شدن 	روغن/چربی
5-1	<ul style="list-style-type: none"> پیوند با آب، میتواند با فیبر باشد 	ترکیبات پیوند دهنده
0.5-0	<ul style="list-style-type: none"> ظاهر طبیعی و مصنوعی 	ترکیبات رنگی

جدول 4 ترکیبات مغذی حشرات خوراکی با توجه به انواع مختلف

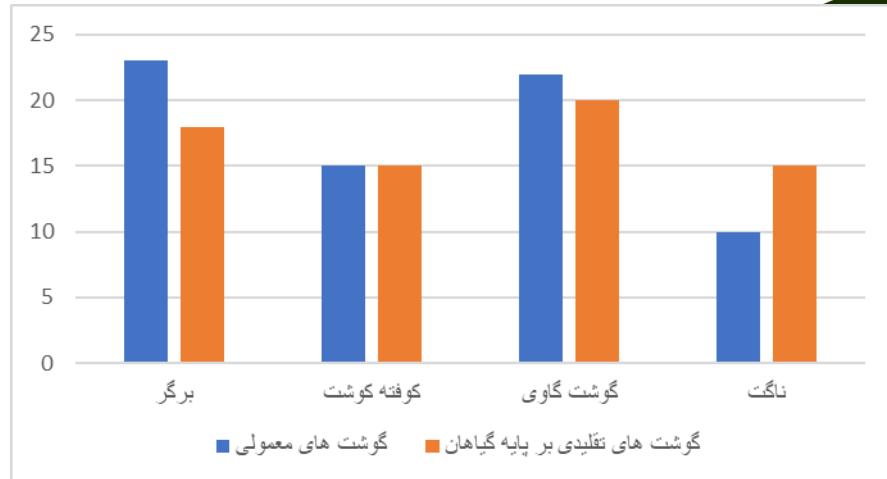
محتوای انرژی	خاکستر	NFE	فیبر	چربی	پروتئین	حشرات خوراکی
-	2.94	4.53	5.31	29.90	57.30	Blattodea (cockroaches)
490.30	5.07	13.20	10.74	33.40	40.69	Coleoptera (beetles, grubs)
409.78	10.31	6.01	13.56	22.75	49.48	Diptera (flies)
478.99	5.03	6.08	12.40	30.26	48.33	Hemiptera (true bugs)
484.45	3.51	20.25	5.71	25.09	46.47	Hymenoptera (ants, bees)
-	5.88	22.84	5.06	32.74	35.34	Isoptera (termites)
508.89	4.51	18.76	6.60	27.66	45.38	Lepidoptera (butterflies, moths)
431.33	8.53	4.63	11.79	19.83	55.23	Odonata (dragonflies, damselflies)
426.25	3.85	12.98	9.55	13.41	61.32	Orthoptera (crickets, grasshoppers, locusts)



کد اختصاصی:
۰۱۲۲۰-۳۸۸۲۷

www.nsconf.ir

5th National Conference on Sustainable Development
in Agricultural Natural Resources and
Environment of IRAN



شکل ۱ میزان پروتئین در چهار نوع مختلف گوشت معمولی و گوشت تقلیدی بر پایه گیاهان در بازار

منابع

- [1] Alexander P, Brown C, Arneith A, et al. Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Glob Food Sec* 2017;15:22-32. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>
- [2] Fiddes, N. *Meat: A natural symbol*. 1st ed. New York, USA: Routledge; 2004.
- [3] Pereira PMDCC, Vicente AFDRB. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Sci* 2013;93: 586-92. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.018>
- [4] Elmadfa I, Meyer AL. Animal proteins as important contributors to a healthy human diet. *Annu Rev Anim Biosci* 2017; 5:111-31. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022516-022943>
- [5] de Smet S, Vossen E. Meat: The balance between nutrition and health. A review. *Meat Sci* 2016;120:145-56. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.008>
- [6] Williams P. Nutritional composition of red meat. *Nutr Diet* 2007;64:S113-9. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0080.2007.00197.x>
- [7] Font-i-Furnols M, Guerrero L. Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: an overview. *Meat Sci* 2014;98:361-71. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.025>
- [8] Leroy F, Praet I. Meat traditions. The co-evolution of humans and meat. *Appetite* 2015;90:200-11. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.03.014>
- [9] Seleshe S, Jo C, Lee M. Meat consumption culture in Ethiopia. *Korean J Food Sci An* 2014;34:7-13. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.1.7>
- [10] Bonny SPF, Gardner GE, Pethick DW, Hocquette JF. What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry? *J Integr Agric* 2015;14:255-63. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60888-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60888-1)
- [11] Bryant C, Barnett J. Consumer acceptance of cultured meat: a systematic review. *Meat sci* 2018;143:8-17. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.008>
- [12] Nam KC, Jo C, Lee M. Meat products and consumption culture in the East. *Meat Sci* 2010;86:95-102. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.026>
- [13] Asgar MA, Fazilah A, Huda N, Bhat R, Karim AA. Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2010;9:513-29. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00124.x>



پنجمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در منابع طبیعی و محیط زیست ایران



دانشگاه تهران، مرکز تحقیقات و فناوری
موسسه تحقیقات منابع طبیعی ایران، تهران، ۱۳۹۷



کد اختصاصی:
۰۱۳۳۰-۳۸۸۲۷

- [14] Bohrer BM. An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Sci Hum Wellness* 2019;8:320-9. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.11.006>
- [15] Shurtleff W, Aoyagi A. *History of meat alternatives (965 CE to 2014)*. 1st ed. Lafayette CA, USA: Soyinfo Center; 2014.
- [16] Joshi VK, Kumar S. Meat Analogues: Plant based alternatives to meat products-a review. *Int J Food Ferment Technol* 2015; 5:107-19. <https://doi.org/10.5958/2277-9396.2016.00001.5>
- [17] Tabe L, Higgins TJV. Engineering plant protein composition for improved nutrition. *Trends Plant Sci* 1998;3:282-6. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(98\)01267-9](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(98)01267-9)
- [18] Malav OP, Talukder S, Gokulakrishnan P, Chand S. Meat analog: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2015;55:1241-5. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.689381>
- [19] Liu X, Zhang X, Zhu C, Wang J. Nutrition and health function of soybean drawing protein and its application in food. In: *Proceedings of the 2017 6th International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development*; 2017 Mar 11-12; Zhuhai, China: Atlantis Press; 2017. pp. 581.
- [20] Dekkers BL, Boom RM, van der Goot AJ. Structuring processes for meat analogues. *Trends Food Sci Technol* 2018; 81:25-36. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.011>
- [21] Kim CJ. Development of meat substitutes using vegetable protein. In: *Proceedings of the EASDL Conference 2005*; 2005 Apr 30; Chonan, Korea: The East Asian Society of Dietary Life; 2005. pp. 75.
- [22] Tziva M, Negro SO, Kalfagianni A, Hekkert MP. Understanding the protein transition: the rise of plant-based meat substitutes. *Environ Innov Soc Transit* 2020;35:217-31. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.09.004>
- [23] Alam MS, Kaur J, Khaira H, Gupta K. Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2016;56:445-73. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.779568>
- [24] Samard S, Ryu GH. A comparison of physicochemical characteristics, texture, and structure of meat analogue and meats. *J Sci Food Agric* 2019;99:2708-15. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9438>
- [25] Mottram DS. Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chem* 1998;62:415-24. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00076-4)
- [26] Kyriakopoulou K, Dekkers B, van der Goot AJ. Plant-based meat analogues. In: CM Galanakis, editors. *London UK: Sustainable Meat Production and Processing Academic Press*; 2019. p. 103-26. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814874-7.00006-7>
- [27] Troy DJ, Kerry JP. Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Sci* 2010;86:214-26. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.009>
- [28] Suman SP, Joseph P. Myoglobin chemistry and meat color. *Annu Rev Food Sci Technol* 2013;4:79-99. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182623>
- [29] Goldstein B, Moses R, Sammons N, Birkved M. Potential to curb the environmental burdens of American beef consumption using a novel plant-based beef substitute. *PloS one* 2017; 12:e0189029. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189029>
- [30] Fraser RZ, Shitut M, Agrawal P, Mendes O, Klapholz S. Safety evaluation of soy leghemoglobin protein preparation derived from *Pichia pastoris*, intended for use as a flavor catalyst in plant-based meat. *Int J Toxicol* 2018;37:241-62. <https://doi.org/10.1177/1091581818766318>
- [31] Jeong JY, Jo C. Utilization of meat substitutes and materials in the meat and meat processing industry. *Food Sci Anim Resour Ind* 2018;7:2-11.



- [32]Sadler MJ. Meat alternatives - market developments and health benefits. *Trends Food Sci Technol* 2004;15:250-60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.003>
- [33]Stork NE. How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? *Annu Rev Entomol* 2018; 63:31-45. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043348>
- [34]de Carvalho NM, Madureira AR, Pintado ME. The potential of insects as food sources—a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2019 Dec 23 [Epub]. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1703170>
- [35]Kouřimská L, Adámková A. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS J* 2016;4:22-6. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>
- [36]Kim TK, Yong HI, Jeong CH, et al. Technical functional properties of water- and salt-soluble proteins extracted from edible insects. *Food Sci Anim Resour* 2019;39:643-54. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e56>
- [37]Kim TK, Yong HI, Kim YB, Kim HW, Choi YS. Edible insects as a protein source: a review of public perception, processing technology, and research trends. *Food Sci Anim Resour* 2019; 39:521-40. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e53>
- [38]Pippinato L, Gasco L, Di Vita G, Mancuso T. Current scenario in the European edible-insect industry: a preliminary study. *J Insects Food Feed* 2020 Apr 17 [Epub]. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0008>
- [39]de Gier S, Verhoeckx K. Insect (food) allergy and allergens. *Mol Immunol* 2018;100:82-106. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2018.03.015>
- [40]Jongema Y. List of edible insects of the world [internet]. Wageningen University Research; c2017. [Cited 2020 Jun 5]. Available from: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>
- [41]Looy H, Dunkel FV, Wood JR. How then shall we eat? Insecteating attitudes and sustainable foodways. *Agric Hum Values* 2014;31:131-41. <https://doi.org/10.1007/s10460-013-9450-x>
- [42]Dobermann D, Swift JA, Field LM. Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutr Bull* 2017;42:293-308. <https://doi.org/10.1111/nbu.12291>
- [43]van Thielen L, Vermuyten S, Storms B, Rumpold B, Van Campenhout L. Consumer acceptance of foods containing edible insects in Belgium two years after their introduction to the market. *J Insects Food Feed* 2019;5:35-44. <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0075>
- [44]de Castro RJS, Ohara A, dos Santos Aguilar JG, Domingues MAF. Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trends Food Sci Technol* 2018;76:82-9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.006>
- [45]Xiaoming C, Ying F, Hong Z, Zhiyong C. Review of the nutritive value of edible insects. In: *Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and their Potential for Development 2010*; 2010 Feb 19-Feb 21. Bangkok, Thailand. pp. 85.
- [46]Ramos-Elorduy J, Moreno JMP, Prado EE, Perez MA, Otero JL, de Guevara OL. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *J Food Compost Anal* 1997;10: 142-57. <https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>
- [47]Bukkens SG. The nutritional value of edible insects. *Ecol Food Nutr* 1997;36:287-319. <https://doi.org/10.1080/03670244.1997.9991521>
- [48]Stanley - Samuelson DW, Jurenka RA, Cripps C, Blomquist GJ, de Renobales M. Fatty acids in insects: composition, metabolism, and biological significance. *Arch Insect Biochem Physiol* 1988;9:1-33. <https://doi.org/10.1002/arch.940090102>



مؤسسه پایدار علوم محیطی اسلام

دانشگاه علم و صنعت تهران
مرکز آموزش عالی باغچه بان تهران
تهران، خرمشهرکد اختصاصی:
۰۱۳۳۰-۳۸۸۲۷

www.nsconf.ir

- [49]Rumpold BA, Schlüter OK. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innov Food Sci Emerg Technol* 2013;17:1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>
- [50]Mlcek J, Rop O, Borkovcova M, Bednarova M. A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe – a review. *Pol J Food Nutr Sci* 2014;64:147-57. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0099-8>
- [51]Ghosh S, Lee SM, Jung C, Meyer-Rochow VB. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *J Asia-Pac Entomol* 2017;20:686-94. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.04.003>
- [52]Megido RC, Gierts C, Blecker C, et al. Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food Qual Prefer* 2016;52:237-43. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.05.004>
- [53]Sosa DAT, Fogliano V. Potential of insect-derived ingredients for food applications. In: Shields VDC, editors. *Insect physiology and ecology*. Rijeka, Croatia: IntechOpen; 2017. p. 215-31. <https://doi.org/10.5772/67318>
- [54]van Huis A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu Rev Entomol* 2013;58:563-83. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- [55]Verbeke W. Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. *Food Qual Prefer* 2015;39:147-55. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.07.008>
- [56]Post MJ. Cultured beef: medical technology to produce food. *J Sci Food Agric* 2014;94:1039-41. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6474>
- [57]Han R, Shin JT, Kim J, Choi YS, Kim YW. An overview of the South Korean edible insect food industry: challenges and future pricing/promotion strategies. *Entomol Res* 2017;47:141- 51. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12230>
- [58]Elhassan M, Wendin K, Olsson V, Langton M. Quality aspects of insects as food—nutritional, sensory, and related concepts. *Foods* 2019;8:95. <https://doi.org/10.3390/foods8030095>
- [59]Melgar - Lalanne G, Hernández - Álvarez AJ, Salinas - Castro A. Edible insects processing: traditional and innovative technologies. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2019;18:1166-91. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>
- [60]Mishyna M, Martinez JJI, Chen J, Benjamin O. Extraction, characterization and functional properties of soluble proteins from edible grasshopper (*Schistocerca gregaria*) and honey bee (*Apis mellifera*). *Food Res Int* 2019;116:697-706. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.098>
- [61]Ribeiro JC, Cunha LM, Sousa - Pinto B, Fonseca J. Allergic risks of consuming edible insects: a systematic review. *Mol Nutr Food Res* 2018;62:1700030. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201700030>
- [62]Post MJ. Cultured meat from stem cells: challenges and prospects. *Meat Sci* 2012;2:297-301. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.008>
- [63]Bhat ZF, Kumar S, Fayaz H. In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *J Integr Agric* 2015;14:241-8. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60887-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60887-X)
- [64]Kadim IT, Mahgoub O, Baqir S, Faye B, Purchas R. Cultured meat from muscle stem cells: a review of challenges and prospects. *J Integr Agric* 2015;14:222-33. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60881-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60881-9)
- [65]Heffernan, O. A meaty issue. *Nature* 2017;544:S18-S20. <https://doi.org/10.1038/544S18a>



- [66]Choi KH, Yoon JW, Kim M, et al. Optimization of culture conditions for maintaining pig muscle stem cells in vitro. *Food Sci Anim Resour* 2020;40:659-67. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e39>
- [67]Chriki, S, Hoequette, JF. The myth of cultured meat: a review. *Front Nutr* 2020;7:7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00007>
- [68]Zhang G, Zhao X, Li X, Du G, Zhou J, Chen J. Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends Food Sci Technol* 2020;97:443-50. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.026>
- [69]Digital Food Lab. In 2040, clean meat will be the size of conventional meat [Internet]. Digital Food Lab; c2020 [cited 2020 June 5]. Available from: <https://www.digitalfoodlab.com/2040-clean-meat-will-size-conventional-meat/>
- [70]Specht EA, Welch DR, Clayton EMR, Lagally CD. Opportunities for applying biomedical production and manufacturing methods to the development of the clean meat industry. *Biochem Eng J* 2018;132:161-8. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.01.015>
- [71]Gaydhane MK, Mahanta U, Sharma CS, Khandelwal M, Ramakrishna S. Cultured meat: state of the art and future. *Biomanuf Rev* 2018;3:1. <https://doi.org/10.1007/s40898-018-0005-1>
- [72]Bhat ZF, Fayaz H. Prospectus of cultured meat—advancing meat alternatives. *J Food Sci Technol* 2011;48:125-40. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0198-7>
- [73]Stephens N, Di Silvio L, Dunsford I, Ellis M, Glencross A, Sexton A. Bringing cultured meat to market: technical, sociopolitical, and regulatory challenges in cellular agriculture. *Trends Food Sci Technol* 2018;78:155-66. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.010>
- [74]Choi KH, Kim M, Yoon JW, et al. Purification of pig muscle stem cells using magnetic-activated cell sorting (MACS) based on the expression of CD29. *Food Sci Anim Resour* 2020 Jul 15 [Epub]. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e51>
- [75]Arshad MS, Javed M, Sohaib M, Saeed F, Imran A, Amjad Z. Tissue engineering approaches to develop cultured meat from cells: a mini review. *Cogent Food Agric* 2017;3:1320814. <https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1320814>
- [76]King JA, Miller WM. Bioreactor development for stem cell expansion and controlled differentiation. *Curr Opin Chem Biol* 2007;11:394-8. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2007.05.034>
- [77]Pörtner R, Nagel-Heyer S, Goepfert C, Adamietz P, Meenen NM. Bioreactor design for tissue engineering. *J Biosci Bioeng* 2005;100:235-45. <https://doi.org/10.1263/jbb.100.235>
- [78]Post MJ, Levenberg S, Kaplan DL, et al. Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat. *Nat Food* 2020;1: 403-15. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0112-z>
- [79]Fraeye I, Kratka M, Vandeburgh H, Thorrez L. Sensorial and nutritional aspects of cultured meat in comparison to traditional meat: much to be inferred. *Front Nutr* 2020;7:35. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00035>
- [80]Dick A, Bhandari B, Prakash S. 3D printing of meat. *Meat Sci* 2019;153:35-44. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.005>