استارترها: رمز تضمین ایمنی و بهبود کیفیت در فرآورده‌های نیمه‌تخمیری گوشتی همچون سالامی و چوریتسو

حسام مرادیان نژاد [۱]، زهرا تیموری [۲] ، مینا عابدان پور [۳] و غزال کلانتری [۴]

۱- دکتری علوم و صنایع غذایی، گروه تحقیق و توسعه فرآورده‌های گوشتی تانیس

۲- دانشجوی دکتری فناوری مواد غذایی، گروه تحقیق و توسعه فرآورده‌های گوشتی تانیس

۳- کارشناسی ارشد فناوری مواد غذایی، گروه تحقیق و توسعه فرآورده‌های گوشتی تانیس

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع غذایی ، گروه تحقیق و توسعه فرآورده‌های گوشتی تانیس

چکیده

افزایش آگاهی و انتظارات مصرف‌کنندگان، تولید فرآورده‌های گوشتی نیمه‌تخمیری با ارزش افزوده بیشتر را تقویت کرده است و به همین دلیل، تعداد واحدهای تولیدی این محصولات به شکل چشمگیری افزایش یافته است. فرآورده‌های نیمه‌تخمیری همچنان به‌عنوان روشی موثر برای بهبود ایمنی و کیفیت محصولات گوشتی شناخته می‌شوند. استارترها، میکروارگانیسم‌های ویژه‌ای هستند که در تخمیر فرآورده‌های نیمه‌تخمیری همچون سالامی به‌کار می‌روند و نقش حیاتی در تسریع فرآیند تخمیر، ارتقای ایمنی از طریق کاهش میکروارگانیسم‌های نامطلوب، افزایش ماندگاری، یکنواختی محصول و بهبود کیفیت نهایی ایفا می‌کنند. این پژوهش بر اهمیت انتخاب دقیق استارترها بر مبنای ویژگی‌های تکنولوژیکی و ایمنی تأکید دارد و از استارترها به‌عنوان راهکاری پایدار و مؤثر در صنعت فرآورده‌های گوشتی نیمه‌تخمیری یاد می‌کند. با این حال، باید توجه داشت که استفاده از استارترها به‌تنهایی نمی‌تواند تمامی مسائل مرتبط با پاتوژن‌های احتمالی را برطرف کند و به نظارت مداوم و دقیق در مراحل تولید نیازمند است. انتخاب کشت استارتر باید متناسب با نوع کاربرد آن باشد، زیرا عملکرد استارتر به نوع فرآورده، فناوری‌های استفاده‌شده، مدت زمان رسیدن و مواد اولیه وابسته است.

کلمات کلیدی: سوسیس‌های تخمیر شده، پروبیوتیک‌ها،باکتریوسین‌ها

Starters: The Key to Ensuring Safety and Enhancing Quality in Semi-Fermented Meat Products like Salami and Chorizo

Hesam MoradianNejad[1]*, Zahra Teymouri[2], Mina Abdanpour[3] and Ghazal kalantari[4]

1. PhD, Food Science and Technology, Meat Products Research and Development Group, Tanis
2. PhD Candidate, Food Science and Technology, Meat Products Research and Development Group, Tanis
3. MSc, Food Science and Technology, Meat Products Research and Development Group, Tanis
4. MSc student, Food Science and Technology, Meat Products Research and Development Group, Tanis
*Corresponding Author: Hesam.moradian.nejad@gmail.com

Abstract

Increasing consumer awareness and expectations have driven the production of higher-value-added semi-fermented meat products, resulting in a notable rise in the number of production units for these products. Semi-fermented products continue to be recognized as an effective approach for enhancing both the safety and quality of meat products. Starters—specific microorganisms used in the fermentation of semi-fermented products, such as salami—play a critical role in accelerating the fermentation process, promoting safety by inhibiting undesirable microorganisms, extending shelf life, ensuring product consistency, and improving the final product quality. This study emphasizes the importance of carefully selecting starters based on technological and safety attributes, presenting starters as a sustainable and effective solution within the semi-fermented meat industry. However, it is important to note that the use of starters alone cannot address all potential issues related to pathogens; continuous and precise monitoring throughout the production stages is essential. Starter cultures must be selected according to their intended application, as their performance is influenced by product type, applied technologies, maturation time, and raw materials.

Keyword: Fermented sausages, Probiotics, Bacteriocins

۱-مقدمه

فرآورده‌های گوشتی تخمیر شده، محصولات گوشتی هستند که تحت فرآیند تخمیر با استفاده از استارتر ها قرار می‌گیرند. این فرآیند شامل رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاص، در محیط کنترل شده‌ای است که منجر به تولید اسیدهای آلی، کاهش pH و ایجاد شرایط نامناسب برای رشد میکروارگانیسم‌های مضر می‌شود. تخمیر همچنین باعث ایجاد تغییرات مطلوب در طعم، بافت، و ماندگاری این محصولات می‌گردد. سوسیس‌های تخمیر شده دسته‌ای از فرآورده‌های گوشتی تخمیر شده هستند که شامل سوسیس‌های خشک یا نیمه‌خشک هستند که طی فرآیند تخمیر رطوبت خود را از دست می‌دهند و به طور طبیعی به ثبات و ماندگاری بیشتری می‌رسند. نمونه‌های شناخته‌شده شامل سالامی، چوریزو، و پپرونی هستند[۱] . در حال حاضر استفاده از استارترها منحصراً محدود به سوسیس خشک تخمیر شده است. فرآیند تخمیر در این محصولات نه تنها به بهبود ایمنی و ماندگاری آن‌ها کمک می‌کند، بلکه نقش مهمی در توسعه پروفایل‌های طعمی پیچیده و منحصربه‌فرد ایفا می‌کند که این محصولات را متمایز می‌سازد. در فرآورده‌های گوشتی استارتر به میکروارگانیسم‌های زنده‌ای اطلاق می‌شود که قادر به تکثیر و رشد در محصولات گوشتی بوده و سبب افزایش ماندگاری محصول، کنترل و ایمنی بهداشتی آن، افزایش پذیرش و مقبولیت، حفظ یا بهبود ارزش تغذیه‌ای و کیفیت آن توسط مصرف‌کنندگان می‌شود. استفاده ازاستارترها ایمنی و استاندارد محصول را تضمین و دوره رسیدن را کوتاه می‌کند. به منظور بهبود کیفیت و ایمنی محصولات گوشتی لازم است گونه‌های خاصی از استارترها انتخاب شوند زیرا عملکرد آنها به نوع محصول و شرایط فرآیند بستگی دارد. همچنین انتخاب سویه باید با الزامات خاصی برای تضمین ایمنی مطابقت داشته باشد.با استفاده از تکنیک‌های نوین سویه‌های خاص با ویژگی‌ها و عملکرد مطلوب جداسازی شده اند و به این ترتیب تولید استارترهای پیشرفته و سازگار با بافت گوشت امکان‌پذیر شده است. کشت‌های استارتر به طور منفرد یا مخلوطی از سویه‌های انتخابی با فعالیت آنزیمی خاص هنگامی که در غلظت مشخصی به یک بستر اضافه می‌شوند آن را به یک محصول با ویژگی‌های خاص تبدیل می‌کنند[۲] .اولین استارتر استفاده شده در آمریکا در سال ۱۹۵۷ پدیوکوکس سرویزیه کشف شد که به نام پدیوکوکوس اسید لاکتیکی تغییر نام یافت.اولین استارتر تجاری اروپایی،تک سویه میکروکوکوس به نام M53 و در سال ۱۹۶۱ توسط کمپانی آلمانی به نام رادولف مولر معرفی گردید. براساس سویه‌های مورد استفاده مثل پدیوکوکوس یا میکروکوکوس، فرآیند تهیه سوسیس متفاوت می‌شود به منظور بهبود سرعت تخمیر،کاهش pHدرفراورده‌های گوشتی تخمیری مثل سالامی در ایالت متحده آمریکا، فرآیند تخمیر ۳۸ الی ۴۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۲ تا ۶ روز انجام می‌گیرد. در ابتدا، استارترهای گوشت به صورت لیوفیلیزه شده به بازار عرضه می‌شدند[۳] .در سال ۱۹۶۸، گونه پدیوکوکوس و لاکتو باسیلوس اسید لاکتیس به عنوان دو کنسانتره منجمد به بازار برای کوتاه شدن زمان فرآیند عرضه شدند. امروزه استارترهای فرآورده‌های گوشتی به صورت منجمد و لیوفیلیزه عرضه می‌شوند. با اینکه سال ۱۹۵۰ یک شروع برای بازار استارترهای فرآورده‌های گوشتی بود اما از سال ۱۹۸۰ به بعد این تقاضا افزایش چشمگیری یافت و به قسمتی از مواد تشکیل دهنده سوسیس خشک تبدیل گشت. گروه‌های استارتری که دهه‌های اخیر در فرآورده‌های گوشتی استفاده می‌شوند به ترتیب اهمیت عبارتند از باکتری‌های اسید لاکتیک، کوکسی‌های گرم مثبت و کاتالاز مثبت(GCC) ؛ عمدتاً استافیلوکوک‌ها، کپک و مخمر هستند(ژانگ و همکاران،۲۰۲۴). باکتری‌های اسید لاکتیک شامل باکتری‌های گرم مثبت متعلق به فیرمیکوت‌ها هستند. آنها کاتالاز منفی، میله‌ای شکل (باسیل) یا کروی (کوکسی) هستندکه قادر به تحمل اسیدیته بالا و دارای محتوای گوانین سیتوزین (GC)کم هستند[۴]. اگرچه بسیاری از جنس‌های باکتری‌ها، اسید لاکتیک را به عنوان محصول نهایی اولیه یا ثانویه تخمیر تولید می‌کنند اما اصطلاح باکتری اسید لاکتیک به طور معمول برای جنس‌های لاکتوباسیلاسه

شامل آئروکوکوس ، کارنوباکتریوم ، انتروکوکوس ، لاکتوکوکوس ، لاکتوباسیلوس ، لوکونوستوک ، اونوکوکوس ، پدیوکوکوس ، استرپتوکوکوس ، تتراجنوکوکوس و ویسلا به کار می‌رود. کوکسی‌های گرم مثبت و کاتالاز مثبت (GCC)دومین گروه مهم استارترهای فرآورده‌های گوشتی بوده و از استافیلوکوکسی‌های غیر بیماری زای کواگولاز منفی (CNS) تشکیل شده است. مهم‌ترین استارتر این گروه سویه متعلق به استافیلوکوک‌ها و کوکوریا است[۵].مخمرها اجزای مشخصه مایکوبیوتا هستند که بر روی سوسیس‌های تخمیر شده رشد می‌کنند که منشاء آنها عمدتاً مربوط به گوشت مورد استفاده به عنوان ماده اولیه است، زیرا مخمرها به طور طبیعی در گوشت تازه یافت می‌شوند. بیشتر جنس‌های رایج مخمرشامل کاندید ا، رودوتورالا ، دباریومایسز و تریکواسپورون در گوشت‌های تخمیر شده اسید لاکتیک تولید شده توسط باکتری‌های اسید لاکتیک در محیط را تغییر می‌دهند و باعث توسعه مخمرهایی می‌شوند که از تمام مواد مغذی و انرژی استفاده کرده و سریع رشد می‌کنند.استفاده ترکیبی از استارترها شامل سویه‌های لاکتو باسیلوس لاکتیس و تریکواسپورون بر پروتئین‌های گوشت اثر می‌گذارند و ظرفیت نگهداری آب در آن‌ها را افزایش می‌دهند[۶]. این ویژگی‌ها به بافت، رطوبت، طعم و عطر محصولات گوشتی تخمیری کمک می‌کند و تأثیر بسزایی در ایمنی میکروبی آن‌ها دارد.علاوه بر این، استارترها موادی مانند باکتریوسین و لانتی‌بیوتیک‌هایی مانند پدیوسین تولید می‌کنند که خاصیت ضد میکروبی دارند. در این پژوهش نقش و طبقه بندی استارترها، معرفی استارترهای تجاری سپس ویژگی‌های تکنولوژیکی و ایمنی آن‌ها توضیح داده خواهد شد. در نهایت، مقاله به اهمیت انتخاب دقیق استارترها بر اساس ویژگی‌های تکنولوژیکی و ایمنی اشاره خواهد شد که استفاده از استارترها به عنوان روشی پایدار و موثر در صنعت فرآورده‌های گوشتی شناخته می‌شود[۷].

۲-استارترهای تجاری در فرآورده‌های گوشتی نیمه تخمیری

باکتری‌ها، مخمرها و کپک‌های ایمن و زنده‌ای که در تهیه فرآورده‌های گوشتی برای انجام یا تکمیل تخمیر، محدود کردن و سرکوب رشد میکروارگانیسم‌های ایجادکننده فساد در محصولات گوشتی استفاده می‌شوند ، استارتر (آغازگر) نامیده می‌شود. در انتخاب استارتر برای تهیه فرآورده‌های گوشتی موارد زیر بایستی لحاظ شود که شامل مواد خام، خواص سویه(ها)، الزامات ایمنی محصولات گوشتی و انتظار مصرف‌کننده از کیفیت محصول نهایی می‌باشد[۷]. نسل اول استارترهای فرآورده‌های گوشتی مبتنی بر میکروارگانیسم‌های جدا شده از تخمیر سبزیجات، مانند لاکتوباسلوس پلانتاروم و پدیوکوکس سرویزیه بودند. سپس، نسل دوم کشت‌های استارتر شامل سویه‌های با منشاء گوشت مانند لاکتوباسیلوس ساکی و استافیلوکوکوس‌های کواگولاز منفی (CNS) توسعه داده شدند و دارای ویژگی‌های فنوتیپی تکنولوژیکی بودند. اسید لاکتیک باکتری‌ها بهترین انتخاب جهت طراحی نسل دوم کشت استارتر هستند.اخیرا،تلاش‌هایی جهت مطالعه خواص تکنولوژیکی و فیزیولوژیکی LAB و CNS انجام شده است که منجر به ایجاد استارترهای کاربردی شده است که قادرند ایمنی و مزایای تغذیه‌ای را افزایش دهد و عملکرد صنعتی را حفظ کنند[۸]. دو نوع طبقه بندی برای استارترهای تجاری مورد استفاده در سوسیس‌های تخمیر شده در استرالیا،نیوزیلند، انگلیس و آمریکای شمالی وجود دارد که عبارتند از:

استارتر تک نژادی: استفاده از باکتری هایی(مانند استرپتوکوکوس کرموریس و استرپتوکوکوس لاکتیس،، لوکونوستوک و استرپتوکوکوس دی استیلاکتیس)،مخمرها(تریکواسپورون، دباریومایسز و رودوتورالا) و کپک (پنی سیلیوم،آسپیرژیلوس و اسکوپولاریوپسیس).

استارتر نژاد های ترکیبی : ترکیب نژادهای مانند استرپتوکوکوس کرموریس همراه با تریکواسپورون و استرپتوکوکوس لاکتیس همراه با آسپیرژیلوس ، لوکونوستوک و استرپتوکوکوس دی استیلاکتیس همراه با دباریومایسز[۹].بیشتر کشت‌های استارتر مورد استفاده در سوسیس‌های تخمیری خشک شده که از نظر تجاری در دسترس هستند،کشت‌های ترکیبی باکتری‌های اسید لاکتیک(گونه‌های لاکتوباسیلوس و پدیوکوکوس) و GCC(گونه‌های استافیلوکوکس و کوکوریا) هستند. این باکتری‌ها مسئول واکنش‌های میکروبی مثل اسیدی شدن، فعالیت کاتالاز و تولید باکتریوسین هستند که در هنگام تخمیر محصول رخ می‌دهد. تلقیح استارتر در سوسیس تخمیری خشک شده ممکن است به عنوان یک جزء در خمیر گوشت یا به صورت تلقیح سطحی انجام شود معمولاً در تهیه سوسیس‌های تخمیری خشک شده میزان باکتری موجود در استارتر تجاری که ترکیبی از نژادهای *استرپتوکوکوس لاکتیس*، *لوکونوستوک* و *استرپتوکوکوس دی استیلاکتیس* می‌باشند ۵-۸log cfu/g هستند و میزان مخمر درسطح یا خمیرگوشت مورد استفاده برای تهیه سوسیس تخمیری خشک شده ۴-۶log cfu/gr می‌باشد. همچنین کپک‌ها به دلیل شدت هوازی بودن آن‌ها یا غوطه ور شدن در محلول آبی ۳-۴spores/cm^2 در خمیر سوسیس‌های تخمیر شده تلقیح می‌شوند[۱۰].

۳-نقش استارترها در بهبود کیفیت سوسیس‌های نیمه تخمیری

انتخاب استارترها برای بهبود کیفیت سوسیس بر اساس ویژگی‌های مرتبط با فناوری می‌باشد. فلور میکروبی سوسیس و سایر محصولات گوشتی ممکن است نقطه شروع خوبی برای جداسازی استارترهای احتمالی باشند،زیرا این گونه‌ها به خوبی با محیط محصول سازگار هستند[۱۱].

۳-۱ -باکتری‌های اسید لاکتیک:(LAB)

انتخاب استارترها برای بهبود کیفیت سوسیس بر اساس ویژگی‌های مرتبط با فناوری می‌باشد. فلور میکروبی سوسیس و سایر محصولات گوشتی ممکن است نقطه شروع خوبی برای جداسازی استارترهای احتمالی باشند،زیرا این گونه‌ها به خوبی با محیط محصول سازگار هستند[۱۱]. باکتری‌های اسید لاکتیک یکی از مهم‌ترین میکروارگانیسم‌هایی هستند که در تخمیر فرآورده‌های گوشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. باکتری‌های اسید لاکتیک، کوکسی‌های گرم مثبت بدون اسپور با محتوای گوانین سیتوزین کم هستند. به طور کلی این میکروارگانیسم‌ها بی‌هوازی، فاقد سیتوکروم و کاتالاز منفی هستند. این باکتری‌ها، اسید لاکتیک را به عنوان یکی از فرآورده‌های اصلی تخمیر کربوهیدرات‌ها تولید می‌کنند و به طعم و بافت محصولات گوشتی تخمیر شده کمک می‌کنند.علاوه بر این، با تولید اسید لاکتیک و مواد ضد میکروب، رشد باکتری‌های بیماری‌زا فاسدکننده فرآورده‌های گوشتی را متوقف می‌کنند[۱۲].

بر اساس فرایندهای تخمیر قند، دو دسته متابولیکی گسترده از باکتری‌های اسید لاکتیک وجود دارد که شامل: هموفرمانتاتیو و هترو فرمانتاتیو می‌باشد .مسیر هموفرمانتاتیو اساساً فقط اسید لاکتیک تولید می‌شود. در حالی که مسیر هترو فرمانتاتیو علاوه براسید لاکتیک، CO_2 و اتانول یا استات تولید می‌شود. باکتری‌های اسید لاکتیک هموفرمانتاتیو شامل برخی لاکتوباسیل‌ها و اکثر انتروکوکوس‌ها، لاکتوکوکوس‌ها پدیوکوکوس‌ها، استرپتوکوکوس‌ها،

تتراژنوکوکوس‌ها و واگوکوکوس‌ها هستند که هگزوزها را از طریق گلیکولیز توسط مسیر امبدن-مایرهوف- پارناس تخمیر می‌کنند. از سوی دیگر باکتری‌های اسید لاکتیک هتروفرمانتاتیو عمدتاً از طریق مسیر فسفوکتولاز تخمیر را انجام و شامل لوکونوستوک‌ها، اوئنوکوکوس‌ها و گونه‌های ویسلا هستند[۱۳]. ویژگی مهم تکنولوژیکی استارترهای باکتری‌های اسید لاکتیک عبارتند از: تولید سریع اسید لاکتیک، رشد در دماهای مختلف،تولید گاز از کربوهیدرات‌ها، فعالیت کاتالاز، هیدرولیز هیدروژن پراکسید، کاهش نیترات و نیتریت، فعالیت آنزیمی پروتئولیتیک و لیپولیتیک، عملکرد مناسب حاصل ترکیب استارترها با سایر اجزای میکروبی می‌باشد. از سوی دیگر باکتری‌های اسید لاکتیک هتروفرمانتاتیو عمدتاً از طریق مسیر فسفوکتولاز تخمیر را انجام و شامل لوکونوستوک‌ها، اوئنوکوکوس‌ها و گونه‌های ویسلا هستند. ویژگی مهم تکنولوژیکی استارترهای باکتری‌های اسید لاکتیک عبارتند از تولید سریع اسید لاکتیک، رشد در دماهای مختلف،تولید گاز از کربوهیدرات‌ها، فعالیت کاتالاز، هیدرولیز هیدروژن پراکسید، کاهش نیترات و نیتریت، فعالیت آنزیمی پروتئولیتیک و لیپولیتیک، عملکرد مناسب حاصل ترکیب استارترها با سایر اجزای میکروبی می‌باشد[۱۴].

جهت جلوگیری از تشکیل حفرات گاز و طعم‌های غیر معمول ناشی از تولید گاز از کربوهیدرات ها، شرایط تخمیر باید کنترل شود. علاوه بر این، تولید پراکسید هیدروژن ممکن است منجر به اکسیداسیون نامطلوب شود که به عنوان فساد سبز در سوسیس‌های تخمیری و نیمه تخمیری شناخته می‌شود. ضمنا باید در نظر داشت که فعالیت پروتئولیتیک و لیپولیتیک باید متوسط باشند تا از تغییرات نامطلوب حسی جلوگیری شود. باکتری‌های اسیدلاکتیک در سوسیس‌های تخمیر شده خشک، به دلیل کاهشpH، منجر به انعقاد پروتئین‌های ماهیچه‌ای شده که باعث افزایش ثبات برش و انسجام محصول می‌شود. همچنین آن‌ها باعث ایجاد طعم اسیدی و سرکه‌ای(اسید استیک) محصول نهایی می‌شود. شرایط اسیدی ممکن است فعالیت کاتپسین D که مسئول پروتئولیز ماهیچه است را افزایش دهد [۱۵].

۲-۳ -کوکسی‌های گرم مثبت کاتالاز مثبت :(GCC)

عمدتاً استافیلوکوکوس‌های غیر بیماری‌زای کواگولاز منفی بوده و به دلیل بهبود کیفیت محصول نهائی در فرآیند تخمیر سوسیس اهمیت زیادی دارند به طوری که منجر به ثبات رنگ به دلیل فعالیت نیترات رداکتاز، ایجاد طعم و کاهش فساد می‌شوند. از طرف دیگر فعالیت کاتالاز، آسیب اکسیداتیو را کاهش می‌دهند و متابولیسم آنها به ایجاد طعم مطلوب کمک می‌کند[۱۶]. البته استافیلوکوکوس اپیدرمیس و کوکوریا علاوه بر کمک به طعم فعالیت‌های آنتی اکسیدانی و نیترات ردوکتاز را نیز ارائه می‌دهند. گونه‌هایی که اغلب از سوسیس تخمیر شده جدا می‌شوند به همراه فعالیت متابولیکی و اثرات مفید آن در محصول در شکل ۱-۱ به صورت خلاصه آورده شده است. سویه‌های اتوکتون استافیلوکوکوس زایلوسوس برای تولید سوسیس‌های بسیار معطر در اروپای جنوبی بجای استارترهای تجاری کمتر سازگار توصیه شده‌اند. علاوه بر این استفاده از باکتری های اسید لاکتیک باکتریوسینوژن و سویه‌های انتخابی استافیلوکوکوس زایلوسوس و استافیلوکوکوس کارنوسوس به صورت تجاری در بهبود ،ایمنی رنگ و طعم سوسیس معطر تخمیرشده ترکی نقش زیادی داشته است. استفاده ترکیبی از استافیلوکوکوس زایلوسوس و کوکوریا قادر به تحریک رشد سویه‌های استافیلوکوکوس کارنوسوس هستند که بر فعالیت پروتئولیتیک سویه‌ها در استفاده ترکیبی از آن‌ها تأثیر مثبت می‌گذارد وباعث بهبود همگنی و ایمنی سوسیس‌های تخمیرشده بدون کاهش ویژگی‌های حسی می‌گردد[۱۷].

۳-۳ -قارچ ها(مخمرها و کپک ها) :

به طور کلی قارچها به طعم مشخص برخی از فرآورده‌های گوشتی تخمیر شده کمک می‌کنند.در ادامه به نقش مخمرها و کپک‌ها در فرآورده‌های گوشتی تخمیر شده و نیمه تخمیری توضیح داده خواهد شد[۱۸].

۱-۳-۳ -مخمرها:

اولین مطالعات روی مخمرها در سوسیس‌های تخمیری در دهه‌های اول قرن بیستم انجام شد.سپس استفاده از کشت مخمر خالص برای طعم دهی در سوسیس‌های تخمیری توصیه شد. بعداً مشخص شد که مخمرها بخشی از میکروبیوتای سوسیس‌های نیمه تخمیری هم هستند و استفاده از آنها به عنوان کشت استارتر پیشنهاد شد زیرا افزودن سویه‌های انتخابی دباریووایسز می‌توانست پخت رنگ و طعم سوسیس‌ها را بهبود بخشد[۱۹]. سوسیس‌های نیمه تخمیری محصولاتی هستند که در طی فرآیند تولیدشان یک مرحله تخمیر کنترل‌شده صورت می‌گیرد. در حقیقت،در این محصولات تخمیر جزئی صورت می‌گیرد تا بافت، طعم و عطر خاصی به محصول بدهد. علاوه براین برخی از مطالعات نشان داده‌اند که طعم مشخص سوسیس‌های تخمیر شده خشک شده از طریق تأثیر مخمرهایی مثل دباریووایسز، رودوتورالا، کریپتوکوکوس و تریکواسپورن در حضور باکتری‌های لاکتیک اسید (LAB) و کوآگولاز منفی استافیلوکوکوس‌ها (CNS)ایجاد شد. مطالعات نشان داده‌اند که تولید سوسیس‌های تخمیر شده خشک با استفاده از غلظت بهینه گونه‌های دِباریووایسز، بر طعم نهایی و کیفیت حسی محصول اثر می‌گذارد. این تأثیر از طریق مهار تشکیل طعم ترش و تولید اتیل استرهایی که بهبود دهنده عطر هستند، به دست می‌آید[۲۰].

۲-۳-۳ -کپک‌ها :

کپک‌های سطحی فرآورده‌های گوشتی تخمیر شده در اکثر کشورهای اروپایی شامل، ایتالیا، رومانی، بلغارستان، فرانسه، مجارستان، سوئیس، آلمان جنوبی اسپانیا اتریش و بلژیک یک رویداد مطلوب در نظر گرفته می‌شوند. درحقیقت وجود میسلیوم در سطح سوسیس چندین مزیت اصلی دارد[۲۱]: ۱)از خشک شدن بیش از حد جلوگیری می‌کنند و باعث کاهش a_w به طور یکنواخت می‌شود.۲)پراکسیدازها را متابولیزه می‌کند،از چربی در برابر اکسیداسیون محافظت می‌کند،بنابراین از ترشیدگی جلوگیری می‌کند.۳) میزان اکسیژن را در سطح محصول کاهش می‌دهد،بنابراین سبب اجتناب از فرآیندهای اکسیداتیو و بهبود رنگ گوشت می‌گردد.۴) با شکستن چربی‌ها،پروتئین‌ها و اسید لاکتیک، به طعم محصول نهایی کمک می‌کند.بنابراین از افزایش pH حمایت می‌کند. در مطالعه‌ای نیز از کپک‌های تجاری در تولید سالامی استفاده شده است که باعث مقادیر کمتر آمین‌های بیوژنیک، تیوباربیتوریک اسید همراه با امتیازات حسی بهتر می‌شود. بنابراین،تولید کنندگان سوسیس‌های تخمیری به عطر،

طعم و سرعت خشک شدن سازگارتر و ظاهر یکنواخت‌تری دست می‌یابند[۲۲]. جدول ۱-۱ فهرستی از کپک‌های موجود در سالامی را نشان می‌دهد.در جدول ۱-۱،پنی سیلیوم نالجیونس، پنی سیلیوم گلادیولی در حال حاضر ایمن در نظر گرفته می‌شوند و به صورت تجاری در دسترس هستند تا به عنوان کشت استارتر استفاده می‌شوند [۲۳]. سوسیس‌های تخمیری خشک شده به عنوان حامل پروبیوتیک‌ها یک گزینه مناسب برای انتقال آن‌ها به بدن انسان می‌باشد. براساس تعریفی که توسط سازمان غذا و کشاورزی/ سازمان بهداشت جهانی پذیرفته شده است،پروبیوبیوتیک‌ها به عنوان "میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که وقتی به مقدار کافی تجویز شوند،مفید هستند" تعریف می‌شوند. شواهد علمی متعددی اثرات مثبت سوسیس‌های تخمیرشده با استارتر پروبیوتیک بر سلامت مصرف کنندگان را نشان می‌دهد.به عنوان مثال، مصرف سوسیس تخمیر شده با استرپتوکوکوس لاکتیس همراه با آسپیرژیلوس علاوه بر تاثیر مثبت بر طعم،عطر محصول و خواص تکنولوژیکی باعث بهبود سیستم ایمنی بدن انسان می‌گردد.کاربرد تجاری پروبیوتیک‌ها در فرآورده‌های گوشتی به دلیل مسائل فنی چندان رایج نیست.با اینکه فرآورده‌های گوشتی تخمیر شده بدون حرارت فرآوری می‌شوند،ولی ممکن است پروبیوتیک‌ها به دلیل pH پایین،مقدار فعالیت آبی، وجود میکروارگانیسم‌های بومی و یا نمک‌های عملکردی غیر فعال شوند.مهمترین مسئله یافتن ارتباط بین فناوری،ایمنی،کیفیت و ارزش غذایی مفید برای سلامتی است. برخی گونه‌های درگیر در تخمیر سوسیس،مانند لاکتوباسیلوس پلانتاروم علاوه بر ایفای نقش پروبیوتیک، برای تولید مقادیر زیاد فولات (B_{11}) مورد استفاده قرار می‌گیرد[۲۴].

جدول۱-۱- گونه‌های کپکی جدا شده از سوسیس‌های سالامی[۲۵].

گونه‌های معمول	گونه های غیر معمول
Penicillium nalgiovense	*Talaromyces wortmannii*
P. gladioli	*Eurotium spp.*
P. griseofulvum	*Talaromyces spp*
P. nordicum	*Cladosporium spp.*
Scopulariopsis candida	*Mucor spp*
P. citrinum	*Scopulariopsis spp*
A. versicolor	*E. repens*
E. herbariorum	*Geotrichum candidum*
Aspergillus ochraceus	*P. olsonii*
P. crustosum	*Eupenicillium spp*
A. niveus	*P. implicatum*

۴-فعالیت ضدمیکروبی استارترها

باکتریوسین‌ها،پپتیدهای ضدمیکروبی طبیعی، به همراه اسید لاکتیک تولید شده از گلوکز می‌توانند جهت بهبود کیفیت و ایمنی محصولات گوشتی استفاده شوند که این کار را با جلوگیری از حضور عوامل بیماری زا مانند لیستریا

مونوسیتوژنز و میکروارگانیسم‌های ایجاد کننده‌ی فساد انجام می‌دهند. نایسین، یکی از معروف‌ترین باکتریوسین‌ها، توسط لاکتوباسیلوس لاکتیس تولید می‌شود و به عنوان یک عامل نگهدارنده طبیعی در فرآورده‌های گوشتی استفاده می‌شود. علاوه براین، کشت‌های استارتر مانند لاکتوباسیلوس پلانتاروم و آسپیرژیلوس استافیلوکوکوس زایلوسوس می‌توانند با رشد سریع خود، محتوای مغذی و فضا را از دسترس میکروارگانیسم‌های ناخواسته دور کنند، که این امر به نوبه خود مانع رشد آن‌ها می‌شود[۲۶]. در تولید سوسیس‌های تخمیری، کشت‌های استارتر با کاهش pH، تولید باکتریوسین‌ها و تولید پراکسید هیدروژن هستند به عنوان یک عامل اکسیداتیو عمل کرده، ماندگاری محصول را افزایش داده و از رشد پاتوژن‌ها مانند سالمونلا و اشرشیا کلای جلوگیری می‌کنند. پدیوکوکوس اسیدیل اکتیکی MCH14، با تولید پدیوسین PA-۱، از رشد پاتوژن‌های منتقل شده از غذا مانند لیستریا مونوسیتوژنز و کلستریدیوم پرفرینجنس در سوسیس‌های اسپانیایی تخمیر شده خشک جلوگیری می‌کنند. علاوه بر این نشان داده شده است که سویه استافیلوکوکوس زایلوسوس یک باکتریوسین مقاوم در برابر حرارت تولید می‌کند که می‌تواند به عنوان کشت استارتر برای جلوگیری از آلودگی ثانویه مانند حمل و نقل احتمالی حین فرآوری گوشت استفاده شود[۲۷].

۵-ایمنی استارترهای انتخابی فرآورده‌های گوشتی نیمه تخمیری

شرط استفاده از استارترها در فرآورده‌های گوشتی، رعایت الزامات تعیین شده برای محصولات غذایی می‌باشد. به طور کلی افزودنی‌های مورد استفاده در فرآورده‌های گوشتی مانند استارترها که توسط سازمان غذا و دارو آمریکا (FDA) تائید شده اند به عنوان ایمن (GRAS) در نظر گرفته می‌شوند. استارترهایی که با سابقه استفاده بسیار طولانی برای تهیه فرآورده‌های گوشتی استفاده می‌شوند در اتحادیه اروپا (EU) از نظر قانونی مجاز در نظر گرفته می‌شوند[۲۸]. بنابراین کشت‌های استارتر که به عنوان شروع‌کننده در تخمیر فرآورده‌های گوشتی استفاده می‌شوند قبل از بازاریابی مشمول مقررات اتحادیه اروپا نیستند مگر اینکه به عنوان محصول جدید برای بازار اتحادیه اروپا و مصرف کنندگان آنها در نظر گرفته شوند. گرچه بسیاری از استارترها از فرآورده‌های تخمیر شده جدا شده‌اند،با این حال لازم است با توجه به نگرانی‌های ایمنی در ارتباط با استارترهای مورد استفاده در فرآورده‌های گوشتی مورد ارزیابی قرار بگیرند.مراحل ارزیابی ایمنی میکروارگانیسم‌هایی که وارد زنجیره غذایی انسان می‌شوند بسته به قوانین قابل اجرا، به طور کامل قابل توجهی متفاوت هستند[۲۹]. رویکردهای مختلفی به منظور ایمن در نظر گرفتن کشت‌های استارتر ترسیم شده است. چک لیست ایمنی، ارزیابی خطر سریع توسط پانلیست‌های سازمان ایمنی غذایی اروپا (EFSA) هنگام ارزیابی محصولات با میکروارگانیسم‌هایی که نیاز به مجوز قبل از فروش دارند، استفاده می‌شود (به طور مثال، کشت‌های افزودنی برای محصولات غذایی، میکروارگانیسم‌های جدید برای حفاظت از گیاه و کارخانه‌های سلولی تولیدکننده آنزیم‌ها و ویتامین ها). این رویکرد فقط به کاربرد میکروارگانیسم‌ها در محصولات غذایی محدود می‌شود و براساس سابقه استفاده اطلاعات موجود از اثرات نامطلوب در محول طبقه بندی می‌شوند. میکروارگانیسم‌هایی که در چک لیست ایمنی نیستند لزوماً نا امن در نظر گرفته نمی‌شوند و ارزیابی آنها در رابطه با ویژگی‌های مقاومت آنتی بیوتیکی، شدت بیماری زایی و آمین‌های بیوژنیک انجام می‌شود. فدراسیون اروپایی انجمن‌های تولیدکنندگان محصولات غذایی (EFFCA) ابزارها و روش‌های دیگری را برای ارزیابی ایمنی کشت‌های غذایی با هدف حفظ سطح بالایی از ایمنی غذایی و محافظت از زندگی و سلامت انسان، پیشنهاد کرده‌اند. EFFCA ارزیابی ایمنی کشت‌های استارترغذایی در سه سطح ضروری اعلام کرد که شامل (الف) در سطح سویه (ب در سطح تولید و فرآیند محصول (ج) در سطح نگهداری[۳۰].

۶-نتیجه گیری

استفاده از استارترها در فرآورده‌های گوشتی، به‌ویژه در تولید سوسیس‌های تخمیری، به عنوان یک راهبرد مؤثر و کاربردی در بهبود کیفیت، ایمنی و ماندگاری این محصولات مطرح است. این میکروارگانیسم‌های زنده با تولید اسید لاکتیک، باکتریوسین‌ها و سایر ترکیبات فعال، به کنترل رشد میکروارگانیسم‌های مضر، بهبود طعم و بافت، و افزایش ماندگاری محصولات کمک می‌کنند. علاوه بر این، استارترها می‌توانند نقش پروبیوتیک ایفا کنند و اثرات مثبتی بر سلامت مصرف‌کننده داشته باشند. تعامل بین باکتری‌های استارتر و غیر استارتر، با تکمیل مسیرهای متابولیکی برای تشکیل ترکیبات معطر مستقل، به ایجاد و تقویت طعم و عطر در محصولات تخمیری کمک می‌کند. با توجه به یافته‌های جدید در سیستم‌های متابولیکی و زیستی، می‌توان روش‌های نوآورانه‌ای را برای ایجاد طعم‌های متنوع‌تر و تسریع در توسعه ویژگی‌های حسی محصولات گوشتی ارائه داد. با وجود چالش‌هایی مانند تنوع میکروبیوتا، مقاومت آنتی‌بیوتیکی و هزینه‌های تولید، همچنان می‌توان با تحقیقات بیشتر و توسعه روش‌های نوین، از پتانسیل کامل استارترها در بهبود کیفیت و ایمنی محصولات گوشتی بهره‌برداری کرد. برای پیشرفت بیشتر در این حوزه، پیشنهاد می‌شود که مطالعات دقیق‌تری بر روی تنوع میکروبیوتا در فرآورده‌های گوشتی و برهم‌کنش آن‌ها با استارترها صورت گیرد. همچنین، انجام ارزیابی‌های جامع ایمنی بر روی استارترهای جدید و محصولات حاوی آن‌ها و توسعه مدل‌های ریاضی و شبیه‌سازی برای پیش‌بینی عملکرد استارترها در شرایط مختلف، ضروری است.

۸. قدردانی

ازهیئت مدیریت محترم شرکت فرآورده‌های گوشتی تانیس بابت حمایت های مادی و معنوی کمال قدردانی و تشکر را داریم.

۱۰. مراجع

1- Agüero, N.D.L., Frizzo, L.S., Ouwehand, A.C., Aleu, G. and Rosmini, M.R., 2020. Technological characterisation of probiotic lactic acid bacteria as starter cultures for dry fermented sausages. Foods, 9(5), p.596.
2- Ashaolu, T.J., Khalifa, I., Mesak, M.A., Lorenzo, J.M. and Farag, M.A., 2023. A comprehensive review of the role of microorganisms on texture change, flavor and biogenic amines formation in fermented meat with their action mechanisms and safety. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 63(19), pp.3538-3555.
3- Barcenilla, C., Puente, A., Cobo-Díaz, J.F., Alexa, E.A., Garcia-Gutierrez, E., O'Connor, P.M., Cotter, P.D., González-Raurich, M., López, M., Prieto, M. and Álvarez-Ordóñez, A., 2023. Selection of lactic acid bacteria as biopreservation agents and optimization of their mode of application for the control of Listeria monocytogenes in ready-to-eat cooked meat products. International Journal of Food Microbiology, 403, p.110341.

4- Cavalheiro, C.P., Ruiz-Capillas, C., Herrero, A.M., Jiménez-Colmenero, F., de Menezes, C.R. and Fries, L.L.M., 2015. Application of probiotic delivery systems in meat products. Trends in Food Science & Technology, 46(1), pp.120-131.
5- Dong, S., Li, L., Hao, F., Fang, Z., Zhong, R., Wu, J. and Fang, X., 2024. Improving quality of poultry and its meat products with probiotics, prebiotics, and phytoextracts. Poultry Science, 103(2), p.103287.
6- dos Santos Cruxen, C.E., Funck, G.D., Haubert, L., da Silva Dannenberg, G., de Lima Marques, J., Chaves, F.C., da Silva, W.P. and Fiorentini, Â.M., 2019. Selection of native bacterial starter culture in the production of fermented meat sausages: Application potential, safety aspects, and emerging technologies. Food Research International, 122, pp.371-382.
7- Hwang, J., Kim, Y., Seo, Y., Sung, M., Oh, J. and Yoon, Y., 2023. Effect of starter cultures on quality of fermented sausages. Food Science of Animal Resources, 43(1), p.1.
8- García-Béjar, B., Sánchez-Carabias, D., Alarcon, M., Arévalo-Villena, M. and Briones, A., 2020. Autochthonous yeast from pork and game meat fermented sausages for application in meat protection and aroma developing. Animals, 10(12), p.2340.
9- Kaveh, S., Hashemi, S.M.B., Abedi, E., Amiri, M.J. and Conte, F.L., 2023. Bio-preservation of meat and fermented meat products by lactic acid bacteria strains and their antibacterial metabolites. Sustainability, 15(13), p.10154.
10- Kryzhova, Y., Slobodenyuk, N. and Moskalenko, I., 2023. Application of modern technologies to improve the quality of sausage products. Scientific Journal'Animal Science & Food Technologies', 14(1).
11- Milićević, B., Tomović, V., Danilović, B. and Savić, D., 2021. The influence of starter cultures on the lactic acid bacteria microbiota of Petrovac sausage. Italian Journal of Food Science, 33(2), pp.24-34.
12- Najjari, A., Boumaiza, M., Jaballah, S., Boudabous, A. and Ouzari, H.I., 2020. Application of isolated Lactobacillus sakei and Staphylococcus xylosus strains as a probiotic starter culture during the industrial manufacture of Tunisian dry-fermented sausages. Food science & nutrition, 8(8), pp.4172-4184.
13- Pilevar, Z. and Hosseini, H., 2017. Effects of starter cultures on the properties of meat products: A review. Annual Research & Review in Biology, 17(6), pp.1-1.
14- Ramos-Moreno, L., Ruiz-Pérez, F., Rodríguez-Castro, E. and Ramos, J., 2021. Debaryomyces hansenii is a real tool to improve a diversity of characteristics in sausages and dry-meat products. Microorganisms, 9(7), p.1512.
15- Smaoui, S., Echegaray, N., Kumar, M., Chaari, M., D'Amore, T., Shariati, M.A., Rebezov, M. and Lorenzo, J.M., 2024. Beyond conventional meat preservation: saddling the control of bacteriocin and lactic acid bacteria for clean label and functional meat products. Applied Biochemistry and Biotechnology, 196(6), pp.3604-3635.
16- Ursachi, C.Ș., Perța-Crișan, S. and Munteanu, F.D., 2020. Strategies to improve meat products' quality. Foods, 9(12), p.1883.
17- Woraprayote, W., Malila, Y., Sorapukdee, S., Swetwiwathana, A., Benjakul, S. and Visessanguan, W., 2016. Bacteriocins from lactic acid bacteria and their applications in meat and meat products. Meat Science, 120, pp.118-132.

18- Xu, M.M., Kaur, M., Pillidge, C.J. and Torley, P.J., 2022. Microbial biopreservatives for controlling the spoilage of beef and lamb meat: Their application and effects on meat quality. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 62(17), pp.4571-4592.
19- Yu, H.H., Chin, Y.W. and Paik, H.D., 2021. Application of natural preservatives for meat and meat products against food-borne pathogens and spoilage bacteria: A review. Foods, 10(10), p.2418.
20- Haque, M. E., Mollah, M. B. R., Habib, M., Hashem, M. A., Azad, M. A. K., & Ali, M. S. (2024). Development of dietary fiber enriched chicken nugget using rice bran. Meat Research, 4(1).
21- Zhang, Q., Shen, J., Meng, G., Wang, H., Liu, C., Zhu, C., Zhao, G. and Tong, L., 2024. Selection of yeast strains in naturally fermented cured meat as promising starter cultures for fermented cured beef, a traditional fermented meat product of northern China. Journal of the Science of Food and Agriculture, 104(2), pp.883-891.
22- Mansur, M. A., Rahman, M. S., Khan, M. N. A., Reza, M. S., Sadia, L., & Wahab, R. (2014). Studies on the quality attributes and safety aspect of semi-fermented fish product.
23- Şanlier, N., Gökcen, B. B., & Sezgin, A. C. (2019). Health benefits of fermented foods. Critical reviews in food science and nutrition, 59(3), 506-527.
24- Tamang, J. P., Cotter, P. D., Endo, A., Han, N. S., Kort, R., Liu, S. Q., ... & Hutkins, R. (2020). Fermented foods in a global age: East meets West. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 19(1), 184-217.
25- Kaveh, S., Hashemi, S. M. B., Abedi, E., Amiri, M. J., & Conte, F. L. (2023). Bio-preservation of meat and fermented meat products by lactic acid bacteria strains and their antibacterial metabolites. Sustainability, 15(13), 10154.
26- Hugas, M. (1998). Bacteriocinogenic lactic acid bacteria for the biopreservation of meat and meat products. Meat Science, 49, S139-S150.
27- Kęska, P., Stadnik, J., Zielińska, D., & Kołożyn-Krajewska, D. (2017). Potential of bacteriocins from lab to improve microbial quality of dry-cured and fermented meat products. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 16(2), 119-126.
28- Vermeiren, L., Devlieghere, F., & Debevere, J. (2004). Evaluation of meat born lactic acid bacteria as protective cultures for the biopreservation of cooked meat products. International journal of food microbiology, 96(2), 149-164.
29- Yilmaz, I., & Velioglu, H. M. (2009). Fermented meat products. YILMAZ, Ismail. Quality of Meat and Meat Products. Indie: Transworld Research Network, 1-16.
30- Fadda, S., López, C., & Vignolo, G. (2010). Role of lactic acid bacteria during meat conditioning and fermentation: Peptides generated as sensorial and hygienic biomarkers. Meat science, 86(1), 66-79.