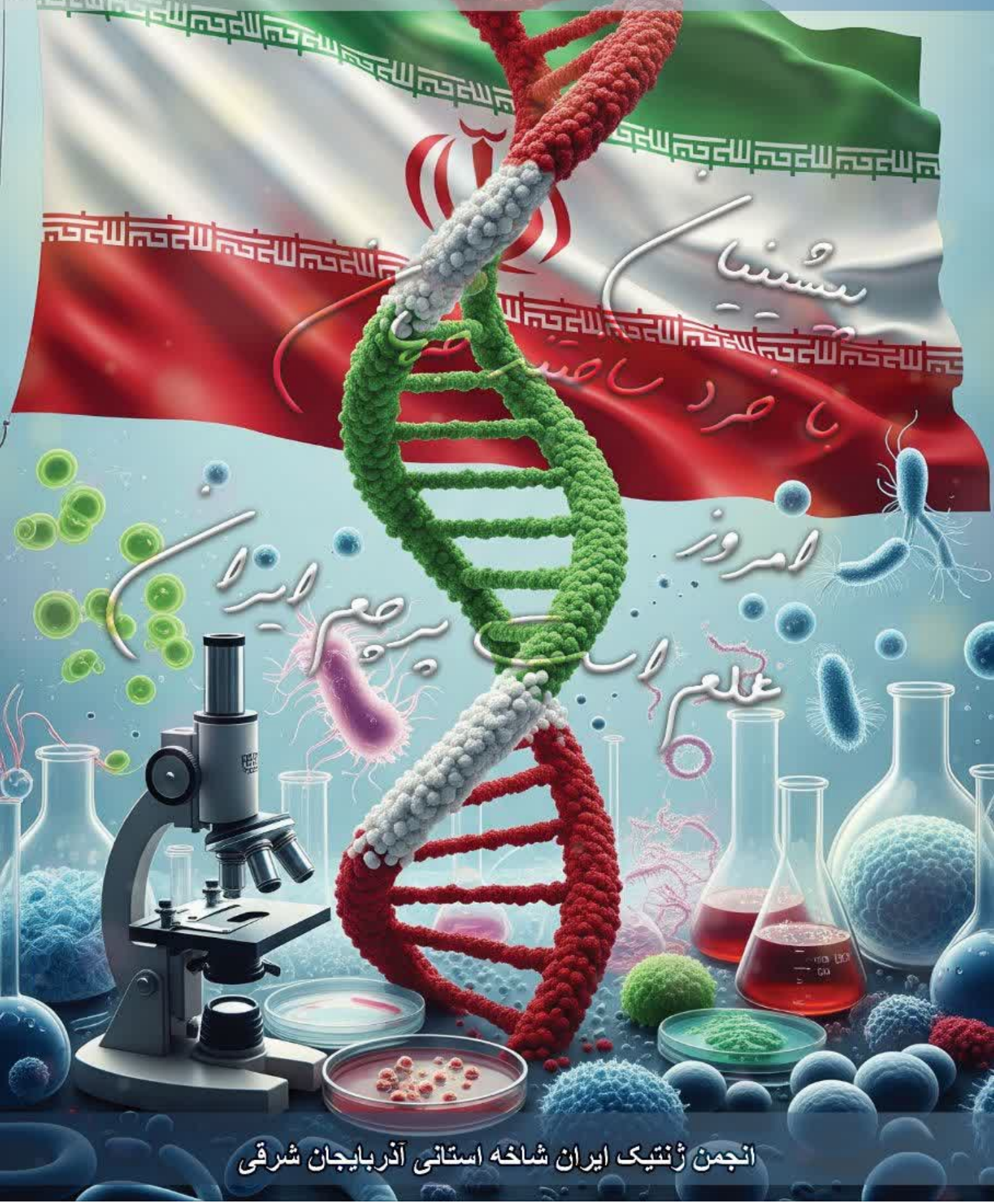
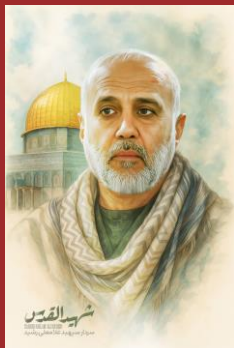
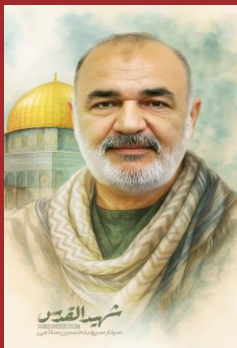




راه شهیدان ادامه دارد . . .



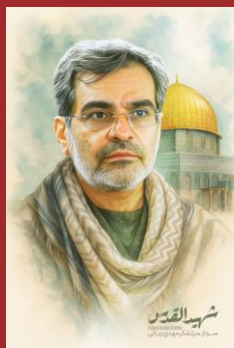
شہید امیرحید غلامعلی
رشید



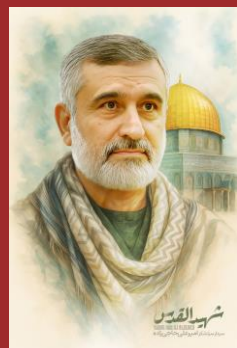
شہید امیرحید حسین
سلامی



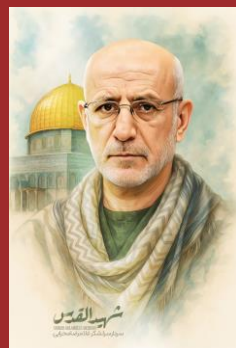
شہید امیرحید محمد حسین
باقری



شہید مرتضیٰ مهدی
ربانی



شہید برلشکر امیرعلی
ہاجی زادہ



شہید برلشکر غلامرضا
مہرابی



شہید دکتر ہید
امیر حسین فقری



شہید دکتر محمد مهدی
طہرانچی



شہید دکتر فریدون
عباسی

شناسنامه نشریه

نام نشریه: نوآوری ژنتیک | GENOVATE

زمینه انتشار: علمی - فرهنگی

تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۴

صاحب امتیاز:

انجمن ژنتیک ایران شاخه استانی آذربایجان شرقی

مدیر مسئول: سینا مساحی

سر دبیر: سمیه محمدخانی

اساتید مشاور: دکتر آرش جوانمرد

ویراستار، گرافیکست، صفحه آرا و طراح جلد:

محمودرضا مدرس، سینا مساحی، سمیه محمدخانی، مهدیه نظامی

هیئت تحریریه این شماره:

محمودرضا مدرس، سینا مساحی، سمیه محمدخانی، مهدیه نظامی،

ویدا احمدی، سانیا کتابفروش زاده، زهرا صابری، سینا سلیم‌النفیس،

مه‌تا کمالی، حنا نریمانی، مجمدرضا دخیلی، مجتبی حسن‌زاده،

الهه زارع، مریم معصومی، محمد فتحی، فاطمه محمدی، آیلین

هدایتی، الهه مشایخی، نرگس محمد حسینی، صبا یداله‌ی، کوثر

رستمی

راه‌های ارتباطی با ما در ایتا، تلگرام و اینستاگرام



@geneticsocietytab



@geneticstbz

کاربرد CRISPR/Cas9 در ویرایش ژنوم گیاهان زینتی: پیشرفت‌ها، چالش‌ها
و چشم‌اندازها ۵

ژنتیک بیماری پارکینسون ۱۴

ادغام هوش مصنوعی در مدیریت گاوداری‌های گاو نژاد شیری و تشخیص
بیومتریک چهره برای گاوها ۱۹

سندرم ترنر ۲۹

سم‌زدایی میکروبی آفت‌کش‌های باقیمانده در غذاهای تخمیر شده ۳۳

بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در صنایع غذایی ۴۶

ترکیب پروبیوتیک در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی: راه‌حلی زیست فعال
برای غذاهای فراسودمند ۵۹

محصولات غذایی فراسودمند با ترکیب برخی ریزجلبک‌ها ۶۸

ترکیبات طبیعی ضد میکروبی برای کاربردهای بسته‌بندی فعال مواد غذایی ۸۱

تبدیل آب پنیر به ترکیبات ضد میکروبی و تنظیم‌کننده ایمنی از طریق فرآیند
تخمیر ۹۲

متابولیت‌های ثانویه حاصل از پروبیوتیک‌های *Bacillus spp.* بعنوان

درمان‌های بالقوه برای پاتوژن‌های مقاوم به چند دارو ۱۰۱

معرفی کتاب ۱۱۲

هیئت تحریریه این شماره ۱۱۴

سپاس خدای بزرگ را که توفیقی عنایت فرمود تا پس از طی مراحل گوناگون و پیگیری‌های فراوان، سرانجام سومین شماره از نشریه نوآوری ژنتیک را تقدیم به علاقه مندان زیست فناوری در حوزه‌های مختلف نماییم. تمام تلاش بنده و اعضای تحریریه نشریه بر این بوده است تا مطالب مفید و کاربردی را با نهایت دقت و ظرافت گرد هم آورده و در قالب حوزه‌های مختلف از جمله زیست فناوری تقدیم حضور شما مخاطبین گرامی نماییم.

همچنین بر خود لازم میدانم تا از یکایک اعضای نشریه به ویژه استاد مشاور محترم جانب آقای دکتر آرش جوانمرد که بنده را در پیشبرد اهداف نشریه یاری نمودند قدردانی نمایم.

بدون شک تهیه و تدوین مطالب مفید علمی جهت انتشار در نشریه حاضر کاری بس دشوار است؛ بنابراین از خوانندگان محترم تقاضا دارم تا در راستای بهبود عملکرد فصلنامه‌های بعدی، ما را از پیشنهادات و انتقادات خود از طریق نشانی [@DNA1114](mailto:DNA1114) مطلع سازند.

سمیه محمدخانی
سردبیر مجله‌ی نوآوری ژنتیک

کاربرد CRISPR/Cas9 در ویرایش ژنوم گیاهان زینتی: پیشرفت‌ها،

چالش‌ها و چشم‌اندازها

ویدا احمدی^۱، سانیا کتابفروش زاده^۲

۱- دانشجوی دکترای بهنژادی و ژنتیک گیاهی

۲- دانشجوی زیست سلولی و مولکولی

چکیده

طول عمر گلجایی را دشوار می‌کرد. پیشرفت‌های بیوتکنولوژی گیاهی، به‌ویژه در زمینه ویرایش ژنوم، راه‌حل‌های نوینی ارائه کرده است. در میان ابزارهای ویرایش ژنوم، سیستم به دلیل سادگی، دقت و کارایی بالا، به سرعت CRISPR/Cas9 به ابزاری کلیدی در تحقیقات گیاهی تبدیل شده است. این مقاله به بررسی جامع کاربردهای CRISPR/Cas9 در گیاهان زینتی، دستاوردهای حاصل شده، چالش‌ها و چشم‌اندازهای آینده این فناوری می‌پردازد.

اصول تکنیک CRISPR/Cas9 مروری بر مکانیسم عمل CRISPR/Cas9

سیستم CRISPR/Cas9 در اصل یک سیستم ایمنی اکتسابی در باکتری‌ها و آرکی‌ها است که به آن‌ها امکان می‌دهد با حمله‌های ویروسی مقابله کنند. در این سیستم، پروتئین Cas9 بعنوان یک آنزیم برش‌دهنده DNA عمل می‌کند.

گیاهان زینتی، با اهمیت زیبایی‌شناختی و اقتصادی بالا، همواره مورد توجه بوده‌اند. با ظهور فناوری‌های نوین ویرایش ژنوم، به‌ویژه CRISPR/Cas9، افق‌های جدیدی برای بهبود ویژگی‌های این گیاهان گشوده شده است. این مقاله به بررسی کاربردهای CRISPR/Cas9 در اصلاح رنگ و شکل گل، افزایش طول عمر و مقاومت در گیاهان زینتی می‌پردازد. ضمن مرور دستاوردهای چشمگیر، چالش‌های پیش‌رو نظیر باززایی و کارایی انتقال ژن نیز مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت، چشم‌اندازهای آینده این فناوری برای تحقیقات و تجاری‌سازی در صنعت گیاهان زینتی ارائه می‌شود.

مقدمه

گیاهان زینتی از نظر اقتصادی و زیباشناختی در سراسر جهان اهمیت بالایی دارند. با این حال، روش‌های سنتی اصلاح نژاد در این گونه‌ها با چالش‌هایی نظیر پیچیدگی ژنتیکی و زمان طولانی روبرو بوده‌اند که دستیابی به صفات مطلوب مانند رنگ، شکل و بوی گل، مقاومت به آفات و

می‌کند.

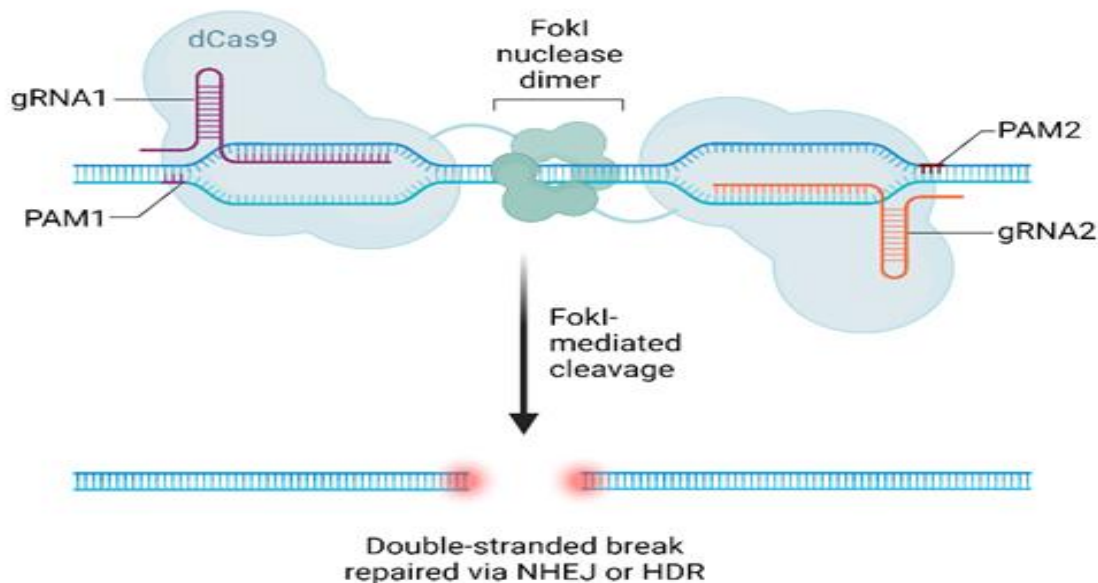
مزایای CRISPR/Cas9 نسبت به سیستم‌های ویرایش ژنوم پیشین

- دقت و کارایی بالاتر: طراحی ساده‌تر و هدف‌گیری دقیق‌تر نسبت به روش‌های قبلی
- هزینه و زمان کمتر: به دلیل سادگی طراحی و اجرا
- امکان ویرایش چندگانه: توانایی هدف‌گیری همزمان چندین جایگاه ژنی
- قابلیت استفاده در طیف وسیع‌تری از گونه‌ها: انعطاف‌پذیری بیشتر در کاربرد برای گونه‌های مختلف گیاهی

که توسط یک RNA راهنما (sgRNA) به محل خاصی از ژنوم هدایت می‌شود. sgRNA از طریق جفت‌شدن بازها با توالی مکمل در DNA هدف، محل برش را تعیین می‌کند. برای عملکرد Cas9، حضور یک توالی PAM (Protospacer Adjacent Motif) در مجاورت محل هدف ضروری است (شکل ۱).

پس از ایجاد برش دو رشته‌ای در DNA، سلول از طریق دو مسیر عمده، این شکاف را ترمیم می‌کند (شکل ۱):

- اتصال انتهایی غیرهمولوگ (NHEJ): این مسیر اغلب منجر غیرفعال شدن ژن منجر شود.
- ترمیم هدایت‌شده توسط همولوگ (HDR): این مکانیسم امکان درج هدفمند توالی‌های مورد نظر را فراهم



شکل ۱- شماتیکی از مکانیسم عمل فناوری CRISPR/Cas9

ژنومی شود.

سیستم‌های مبتنی بر ناقلین ویروسی: استفاده از ویروس‌هایی مانند TRV (Tobacco Rattle Virus) و BMSV (Barley Stripe Virus) برای انتقال اجزای CRISPR/Cas9.

فناوری نانو: نانوذراتی مانند نقاط کربنی، نانولوله‌های کربنی و نانوذرات سیلیکون متخلخل برای انتقال DNA، RNA یا کمپلکس‌های ریبونوکلوپروتئینی CRISPR/Cas9 استفاده می‌شوند.



روش‌های اجرایی کریسپر در گیاهان تزئینی

سیستم انتقال CRISPR/Cas9 به گیاهان تزئینی

انتقال کارآمد اجزای سیستم CRISPR/Cas9 به سلول‌های گیاهی یکی از چالش‌های اصلی در استفاده از این فناوری در گیاهان تزئینی است. روش‌های مختلفی برای این منظور استفاده می‌شوند که مهمترین آنها عبارتند از:

• انتقال به واسطه آگروباکتریوم: این روش معمول‌ترین شیوه برای انتقال CRISPR/Cas9 به گیاهان تزئینی است. مزیت اصلی آن احتمال بالاتر درج تک‌ژن است، اما این روش محدود به گونه‌های حساس به آگروباکتریوم است.

• روش پروتوپلاست: در این روش، پس از حذف دیواره سلولی، اجزای سیستم CRISPR/Cas9 مستقیماً به داخل سلول منتقل می‌شوند. این روش امکان ویرایش ژنوم بدون وارد کردن DNA خارجی را فراهم می‌کند، اما نیازمند سیستم باززایی کارآمد است.

• روش بیولیستیک (شلیک ذره‌ای): این روش برای گیاهانی که به آگروباکتریوم مقاوم هستند مناسب است، اما ممکن است منجر به درج تصادفی DNA در چندین جایگاه

زیبایی‌شناختی و اقتصادی است. جذابیت ظاهری گیاهان زینتی تا حد زیادی به رنگ گل آن‌ها وابسته است؛ CRISPR/Cas9 امکان ویرایش ژنی هدفمند را فراهم نموده و باعث تغییر رنگ گل در گونه‌های مختلف شده است.

- ویرایش همزمان دو ژن F3H در گل اطلسی (*Petunia hybrida*) که به تغییر رنگ گل از ارغوانی به صورتی کمرنگ منجر شده است.

- غیرفعال‌سازی ژن CCD4 (carotenoid cleavage dioxygenase4) در *Ipomoea nil* که باعث افزایش ۲۰ برابری محتوای کاروتنوئید و ایجاد رنگ زرد کمرنگ در گلبرگ‌ها شده است.

- تغییر شکل و مورفولوژی گل: شکل و ساختار گل نیز از ویژگی‌های مهم گیاهان تزئینی است. استفاده از CRISPR/Cas9 برای دستکاری ژن‌های کنترل‌کننده این صفات شامل:

- ویرایش ژن TfRAD1 (RADIALIS1) در *Torenia fournieri* که باعث ایجاد الگوی رنگدانه بنفش بر روی گلبرگ‌های پشتی و تغییر شکل گلبرگ‌های جانبی شده است.

استراتژی‌های طراحی RNA راهنما (sgRNA)

طراحی کارآمد sgRNA نقش کلیدی در موفقیت ویرایش ژنوم با استفاده از CRISPR/Cas9 دارد. عوامل مؤثر در طراحی sgRNA شامل مواردی مانند: محتوای GC، انتخاب توالی هدف مناسب، به حداقل رساندن اثرات خارج از هدف، توجه به نوع PAM

روش‌های شناسایی و تأیید موتانت‌ها

پس از اعمال تکنیک CRISPR/Cas9، شناسایی و تأیید موتانت‌های حاصل شده ضروری است. روش‌های مختلفی که برای این منظور استفاده می‌شوند عبارتند از: توالی‌یابی مستقیم، روش‌های مبتنی بر PCR، آنالیز TIDE، روش‌های مبتنی بر الکتروفورز.

کاربردهای تکنیک CRISPR/Cas9 در گیاهان تزئینی

ویرایش ژنوم مبتنی بر سیستم CRISPR/Cas با دقت و کارایی بی‌سابقه‌ای، امکان اصلاح صفات مطلوب در گیاهان زینتی را، بدون آن‌که نیازی به تغییر کلی فنوتیپ گیاه باشد، تنها در یک نسل فراهم می‌سازد.

اصلاح رنگ گل: رنگ گل یکی از مهمترین ویژگی‌های گیاهان تزئینی از نظر

گذاشته و باز شدن گل را تقریباً به طور کامل مهار کرده است.

- در گل میخک (*Dianthus caryophyllus*)، با استفاده از سیستم CRISPR و ویرایش ژن DcACO1، میزان تولید اتیلن کاهش یافت و در نتیجه، گل‌هایی با عمر گلدانی به‌طور قابل توجهی بیشتر تولید شدند.

افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها و تنش‌های محیطی: مقاومت به بیماری‌ها و تنش‌های محیطی برای کاهش خسارات اقتصادی و بهبود کیفیت گیاهان تزئینی اهمیت دارد. گیاهان زینتی به‌طور مکرر در معرض عوامل بیماری‌زای قارچی، باکتریایی و ویروسی قرار می‌گیرند که این موضوع آن‌ها می‌شود. CRISPR/Cas9 می‌تواند برای بهبود مقاومت از طریق دستکاری ژن‌های مرتبط استفاده شود:

- ویرایش ژن‌های حساسیت به پاتوژن‌ها و تنش‌های غیرزیستی در گیاهان تزئینی مختلف.
- در رزها (*Rosa spp.*)، استفاده از سامانه CRISPR/Cas9 برای ویرایش ژن MLO که با حساسیت به سفیدک سطحی مرتبط است، به شکل معناداری علائم بیماری را در شرایط گلخانه‌ای کاهش داد.

- دستکاری ژن‌های خانواده MADS در ارکیده فالانوپسیس (*Phalaenopsis equestris*) که نقش مهمی در آغاز و توسعه اندام‌های گل دارد.

تنظیم زمان گلدهی و معماری گیاه: تنظیم زمان گلدهی و شکل رشد گیاه، نقش مهمی در جذابیت بازار و پاسخگویی به تقاضای فصلی در صنعت گیاهان زینتی دارد. با استفاده از CRISPR می‌توان ژن‌های مرتبط با زمان گلدهی مانند *FLOWERING LOCUS T (FT)* را اصلاح کرد تا گونه‌هایی با گلدهی زودرس یا دیررس ایجاد شوند.

- در *Chrysanthemum morifolium*، ویرایش هدفمند ژن *CmTFL1* از طریق سیستم CRISPR/Cas9 منجر به گلدهی زودتر و ایجاد فرم رشدی متراکم‌تر شد. ویژگی‌هایی که برای تولید گیاهان گلدانی بسیار مناسب هستند.

افزایش طول عمر گلجایی: طول عمر گلجایی یک ویژگی اقتصادی مهم برای گل‌های شاخه بریده است. CRISPR/Cas9 برای بهبود این ویژگی از طریق دستکاری ژن‌های مرتبط با پیری گل استفاده شده است:

- غیرفعال‌سازی ژن *RhEIN2* (*ETHYLENE INSENSITIVE2*) در رز که بر پاسخ گل به اتیلن تأثیر

تاکنون، سیستم CRISPR/Cas9 در گونه‌های متنوعی از گیاهان تزئینی با موفقیت استفاده شده است. برخی از مهمترین مطالعات موردی که برخی از آنها در بالا اشاره شد، عبارتند از:

• **گل اطلسی (*Petunia hybrida*):**

یکی از اولین گیاهان تزئینی که مورد ویرایش ژنوم قرار گرفت. موفقیت‌های حاصل شده شامل تغییر رنگ گل، افزایش طول عمر گلجایی، تغییر در زمان گلدهی و معماری گیاه است.

• **گل داوودی (*Chrysanthemum morifolium*):**

ویرایش ژن پروتئین فلورسنت سبز (GFP) بعنوان یک نشانگر اولین کاربرد موفق CRISPR/Cas9 در داوودی بوده است.



توسعه واریته‌های پاکوتاه یا فشرده:

رشد فشرده یکی از صفات بسیار مطلوب در گیاهان زینتی است، چراکه موجب سهولت در حمل‌ونقل، تقارن زیبایی‌شناختی، و مناسب بودن برای کشت گلدانی می‌شود. ژن‌هایی که در بیوسنتز یا پاسخ به جیبرلین نقش دارند اهداف مناسبی برای ویرایش ژنی به‌منظور ایجاد فنوتیپ‌های پاکوتاه به‌شمار می‌روند.

• در گیاه *Torenia fournieri*، ویرایش ژنی به روش CRISPR و حذف عملکرد ژن GA20ox منجر به ایجاد فنوتیپ پاکوتاه شد، بدون اینکه اندازه یا رنگ گل دستخوش تغییر گردد.

علاوه بر موارد فوق، CRISPR/Cas9 کاربردهای دیگری نیز در گیاهان تزئینی دارد:

- بهبود عطر و بو: از طریق دستکاری ژن‌های مسیر بیوسنتز ترکیبات معطر
- تغییر در معماری گیاه: کنترل ارتفاع، شکل و الگوی رشد گیاه
- مطالعات عملکردی ژن: بررسی عملکرد و شناسایی ژن‌های مختلف در گیاهان تزئینی.

دستاوردهای اخیر در استفاده از CRISPR/Cas9 در گیاهان تزئینی

مطالعات موردی در گونه‌های مختلف

پیشرفت‌های تکنیکی

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های قابل توجهی در فناوری CRISPR/Cas9 برای استفاده در گیاهان ترئیینی حاصل شده است:

- استفاده از پروتئین‌های Cas با کارایی بالاتر و انعطاف‌پذیری بیشتر در انتخاب مناطق هدف
- تکنیک‌های ویرایش پایه (Base Editing) امکان تبدیل مستقیم یک باز به باز دیگر را بدون نیاز به برش دو رشته‌ای DNA

- گل لیلیوم (*Lilium spp*): ویرایش ژن PDS منجر به ایجاد فنوتیپ‌های کاملاً سفید (آلبینو)، زرد کم‌رنگ و کایمرهای سبز-سفید شده است.
- گل ارکیده (*Phalaenopsis*) و *Dendrobium*): ویرایش ژن‌های خانواده MADS و ژن‌های مسیر بیوسنتز لیگنین.
- گل میمونی (*Torenia fournieri*): ویرایش ژن‌ها برای تغییر در رنگ و شکل گل.
- گل نیلوفر ژاپنی (*Ipomoea nil*): ویرایش ژن‌ها برای تغییر رنگ گل و تأخیر در پیری گلبرگ (شکل ۲).



شکل ۲- معجزه‌ی CRISPR/Cas9 در تغییر رنگ گل نیلوفر ژاپنی؛ از بنفش طبیعی به سفید خیره‌کننده با ویرایش تنها یک ژن

- Prime Editing امکان درج، حذف و جایگزینی دقیق نوکلئوتیدها بدون نیاز به DNA الگو
- پیچیدگی ژنومی
- اثرات خارج از هدف (Off-target effects)
- سیستم‌های انتقال بدون DNA خارجی و کاهش نگرانی‌های مربوط به موجودات تراریخته
- چالش‌های نظارتی و اجتماعی
- چارچوب‌های قانونی متفاوت در کشورهای مختلف
- چالش‌ها و محدودیت‌های استفاده از CRISPR/Cas9 در گیاهان تزئینی
- چالش‌های تکنیکی
- وابستگی به سیستم کشت بافت و باززایی
- کارایی پایین تراریختی
- نگرانی‌های عمومی در مورد ایمنی و خطرات احتمالی محصولات حاصل از ویرایش ژنوم
- چالش‌های مربوط به ثبت اختراع و حقوق مالکیت معنوی فناوری CRISPR/Cas9 و محصولات حاصل از آن

جدول ۱- وضعیت صدور مجوز برای گیاهان زینتی اصلاح شده با CRISPR در کشورهای مختلف

کشور	نهاد مجوز دهنده	وضعیت CRISPR بدون DNA خارجی	مثال زنده
آمریکا	USDA-APHIS	مجاز	Petunia با رنگ اصلاح شده
ژاپن	MAFF & Environment	مجاز	Eustoma CRISPR
آرژانتین	CONABIA	مجاز	Alstroemeria ضد شوری
اتحادیه اروپا	ECJ & EFSA	ممنوع (GMO)	-
چین	MOA (2022 draft)	در حال تسهیل	Camellia با تغییر گلدهی

مجاز = که معمولاً به معنی عدم طبقه‌بندی به عنوان GMO است.

ممنوع = که معمولاً به معنی طبقه‌بندی به عنوان GMO و محدودیت‌های شدید است.

چشم‌اندازهای آینده

نوآوری‌های تکنیکی آینده

در آینده، انتظار می‌رود نوآوری‌های زیر به پیشرفت استفاده از CRISPR/Cas9 در گیاهان تزئینی کمک کنند:

- توسعه سیستم‌های انتقال کارآمدتر با استفاده از نانوذرات و بردارهای ویروسی پیشرفته
- بهبود دقت و کاهش اثرات خارج از هدف با دقت بالاتر

• توسعه روش‌های ویرایش ژنوم بدون DNA خارجی برای کاهش نگرانی‌های مربوط به GMO

• ادغام با سایر فناوری‌ها مانند هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای بهبود طراحی و پیش‌بینی نتایج ویرایش ژنوم

تجاری‌سازی و کاربردهای بازار

با افزایش تقاضا برای گیاهان تزئینی با صفات بهبود یافته، CRISPR/Cas9

پتانسیل ایجاد تغییرات چشمگیر در این صنعت را دارد. برای تحقق این پتانسیل، موارد زیر ضروری است:

- همکاری بین بخش‌های دولتی و خصوصی برای تسریع تحقیق و توسعه.
- سرمایه‌گذاری در تاسیسات تولید گیاه برای تولید انبوه گیاهان ویرایش شده.
- توسعه استراتژی‌های بازاریابی برای افزایش پذیرش عمومی.

نتیجه‌گیری

CRISPR/Cas9 ابزاری قدرتمند برای ویرایش ژنوم گیاهان تزئینی و بهبود صفات آنها است. این فناوری امکان اصلاح دقیق و کارآمد ویژگی‌های مختلف گیاهان زینتی را فراهم می‌کند و پتانسیل ایجاد تحول در صنعت باغبانی را دارد. با این حال، برای بهره‌برداری کامل از این پتانسیل، غلبه بر چالش‌های فنی، نظارتی و اجتماعی و همچنین انجام تحقیقات بیشتر برای درک بهتر اثرات بلندمدت این فناوری ضروری است.

ژنتیک بیماری پارکینسون

زهرا صابری^۱

۱- کارشناسی زیست شناسی سلولی و ملکولی

چکیده

ممکن است به تعیین روش‌های پیشگیری از آسیب‌های عصبی کمک کنند.

مقدمه

بیماری پارکینسون معمولاً به کندی حرکت یا لرزش در حال استراحت که در یک یا چند اندام بروز می‌کند توصیف می‌شود. که از دیگر تظاهرات شایع این بیماری را می‌توان به اشکال در انجام کارهای ظریف و سفتی و درد شانه اشاره کرد. پارکینسون که شایع‌ترین شکل پارکینسونیسم (تقریباً در ۷۵ موارد) است، نشان دهنده‌ای اختلال حرکتی. عمدتاً غیر ارثی با شروع دیر رس، همراه با از بین رفتن نورون‌ها و تشکیل اجسام لوی در ساقه‌ی مغز و سایر نقاط مغز گفته می‌شود. برای تشخیص‌های بالینی وجود برادی کینزی (کندی حرکات) و حداقل یکی از علائم سفتی (ریژیدیتی) عضلانی و عدم ثبات وضعیتی بدن لازم است. شناسایی ژن‌های مرتبط با اشکال داری بیماری پارکینسون عقیده قدیمی مبنی بر علت غیر ژنتیکی بیماری پارکینسون را به چالش کشانده است.

بیماری پارکینسون در دهه اخیر با شش شکل تک ژنی شناسایی شده است. دیدگاه غالب دهه‌های اخیر مبتنی بر غیر ژنتیک بودن این بیماری دلالت داشت. با شناسایی ژن‌های واحد (یکی) مرتبط با اشکال ارثی بیماری پارکینسون را دگرگون کرده است. شایع‌ترین و مرتبط‌ترین، ژن‌های LRRK2 و PARKIN هستند. کانون اصلی تحقیقات اخیر شناسایی عملکرد ژن‌ها و پروتئین‌های درگیر در اشکال ژنتیکی بیماری پارکینسون است که این امر به درک بهتر ما از روند آسیب‌زایی ژنتیکی بیماری پارکینسون کمک می‌کند. آزمایش‌های ژنتیکی برای بررسی‌های بیماری پارکینسون گران قیمت است که تأثیری در پیشگویی سیر بیماری ندارد. به عبارت دیگر در حال حاضر مثبت شدن آزمایش ژنتیکی بر روند درمان بیمار و راهکارهای پیشگیری از آسیب عصبی تأثیری ندارد اما انجام آزمایش‌های ژنتیکی برای صورت گرفتن مطالعات پایه و بالینی، با هدف شناسایی افراد در معرض خطر و روشن شدن تغییرات پیش بالینی مفید هستند و این امر

مشخص کرد.

اشکال ژنتیکی بیماری پارکینسون

پس از تحلیل پیوستگی بر روی خانواده‌ی بزرگ، شش ژن مرتبط با بیماری پارکینسون مشخص شد که عبارتند از 2 LRRK و SNCA (سینوکلئین-a)، ATP13A2، PARKIN، PINK1 و DJI. جهش در ژن‌های SNCA و DJI بسیار نادر است اما جهش در LRRK2، PARKIN و PINK1 مجموعاً در ۳٪ بیماران دیده می‌شود. الگوی توارث در ژن‌های SNCA و LRRK2 اتوزومی غالب و در ژن‌های DJI، PINK1، PARKIN، ATP13A2 اتوزومی مغلوب است. شایان ذکر است که به چالش کشیده شدن این طبقه‌بندی به علت کاهش بسیار شدید نفوذ در اشکال غالب و نقش فرضی جهش‌های هتروزیگوت منفرد در اشکال مغلوب به دور از توجه نیست و احتمالاً برخی از ژن‌های واحد که با اشکال تک ژنی بیماری پارکینسون مرتبط هستند در شکل تک گیر بیماری نیز نقش دارند.

ژن SNCA رمزگذار پروتئین (سینوکلئین-a): اولین ژنی است که ارتباط آن با بیماری پارکینسون مشخص شده است که نفوذ آن ممکن است درحد ۳۳٪ باشد. بیماران دچار جهش در ژن SNCA علائم مشخصی از قبیل دمانس زودرس اختلال عملکرد اتونومیک و مرگ زودرس دارند.

بصورتیکه در ۲ درصد از تمام بیماران دچار به بیماری پارکینسون می‌توان یک جهش ژنی را کشف کرد که این درصد در گروه‌های سنی جوان با سابقه‌ای خانوادگی مثبت و یا در مواردی در نژادهای خاص به ۷۷٪ می‌رسد. اگرچه اشکال ژنتیکی بیماری پارکینسون نادر هستند اما شناسایی اشکال مونوزنیک بیماری بینش جدیدی را در این بیماری ایجاد کرده است.

تشخیص بالینی بیماری پارکینسون ژنتیکی

در زمان ارزیابی بیماری با احتمال ابتلا به یک شکل تک ژنی از بیماری پارکینسون علاوه بر سابقه خانوادگی به اطلاعات بیشتری از جمله سن شروع، توزیع علائم، دوره بیماری، پاسخ به درمان و محل زندگی و خویشاوندی نیاز است. که برای که برای اثبات سابقه خانوادگی اغلب معاینات نورولوژیک دقیق بستگان درجه اول و دوم نیاز است که ممکن است علیرغم وجود علائم خفیف به ظاهر سالم باشند. تفاوت‌های فنوتیپی خفیفی بین اشکال ژنتیکی متفاوت وجود دارد شایان ذکر است که جهش در برخی از ژن‌ها مانند SNCA یا ATP13A2 ممکن است با علائم غیر معمول بیشتری مثل دمانس شدید، علائم حرکتی پیرامیدال، سیر سریع تر بیماری و کاهش طول مدت زندگی تظاهر بکند که با وجود همچنین علائم‌هایی نیز نمیتوان بصورت قطع ژن آن بیماری را

ناقلان این جهش که حتی با یک جهش واحد در یک خانواده با تغییرات نوروپاتولوژیک وسیعی از جمله اجسام لوی محدود به هسته‌های ساقه‌ی مغز، اجسام لوی منتشر، کلافه‌های نوروفیبریلاری بدون اجسام لوی یا بدون هیچ کدام از این موارد بروز می‌یابد که علاوه بر علائم روان پزشکی مثل افسردگی، اضطراب و تحریک‌پذیری و توهم و هذیان و دمانس شایع تر از بیماری پارکینسون ایدیوپاتیک است.

ATP 13A2: جهش‌های هوموزیگوس و هتروزیگوس در ژن ATPase نوع P که عمدتاً نورونی است که پروتئین ATP13A2 ده حوزه دارد همه جهش‌های شناخته شده‌ی مستقیم یا غیر مستقیم بر اجزاء بین غشایی تاثیر می‌گذارند با شناسایی ژن و PARK9 و نقش آن در تخریب لیزوزومی پروتئین علاوه بر مسیر پروتئوزومی یک مسیر معیوب دیگر در متابولیسم پروتئین در آسیب‌زایی بیماری پارکینسون مشخص شد است. که یک پارکینسونیسم پاسخ دهنده به لوودوپا با شروع در جوانی به همراه علائم پیرامیدال، دمانس، فلج سوپرانوکلئاز، آتروفی گلوبوس، پالیدوس و سپس آتروفی منتشر مغز است. پروتئین ATP 13A2 عمدتاً در بافت مغز دیده می‌شود. نکته جالب اینکه سطوح mRNA این پروتئین در نوروهای دوپامینوژیک ماده سیاه مغز در بیماران ۱۰ برابر افراد شاهد بود.

PARKIN: جهش‌های هموزیگوت و هتروزیگوت مرکب در این ژن با بیماری پارکینسون ارثی مرتبطاند و یک علت نسبتاً شایع ۱۰-۲۰٪ از موارد برای پارکینسون با شروع زودرس زیر ۴۰ سال را تشکیل می‌دهند. تغییرات در PARKIN در تمام ژن دیده می‌شود و حذف یا دوپلیکاسیون یک یا چند اگزون در بیشتر از ۵۰٪ موارد گزارش شده است و این افراد دچار بیماری پارکینسون کلاسیک هستند با تفاوت اینکه سن شروع بیماری پایینتر و سیر کندتر است.

PINK: فراوانی جهش‌های PINK (کیناز القایی توسط PTEN) در بیمارانی با نژادهای مختلف ۱-۸ گزارش شده است بیماران ناقل این ژن از نظر بالینی از ناقلان PARKIN قابل افتراق یک درصد هستند تنها نکته‌ی تفاوت شیوع بیشتر علائم روانپزشکی در بیماران ناقل Pwک است.

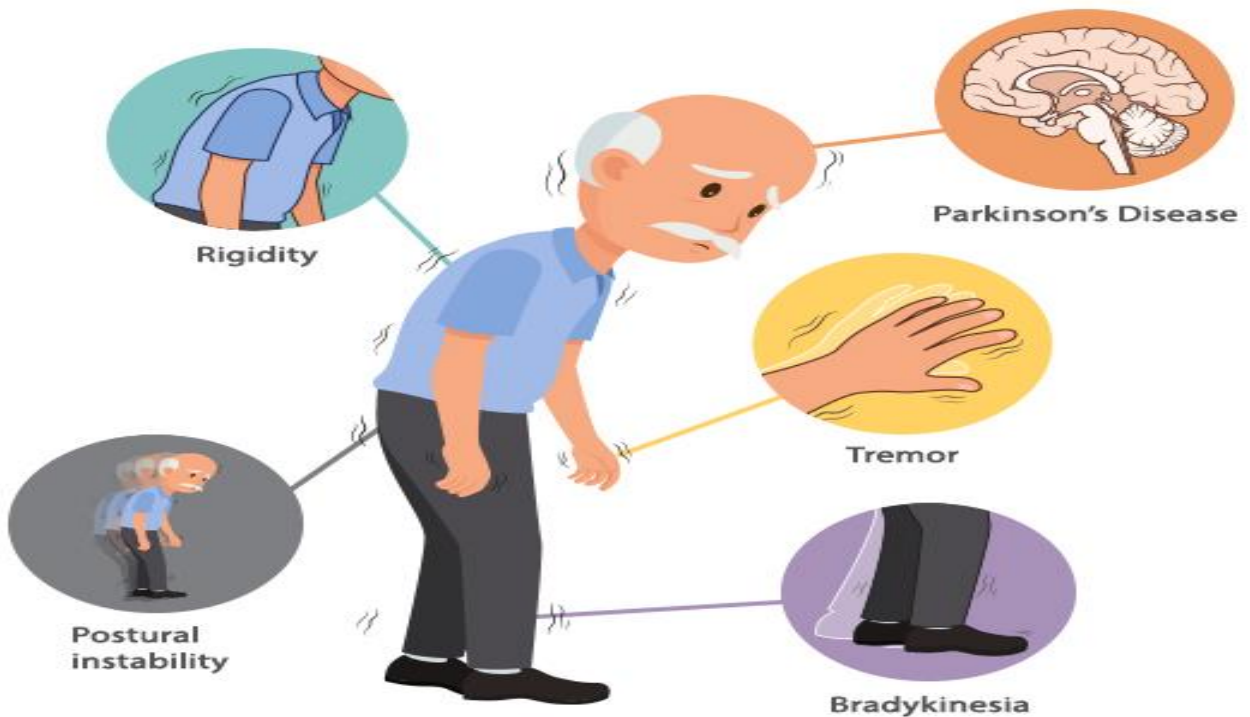
DJI: این ژن مسئول کمتر از ۲٪ موارد بیماری پارکینسون زودرس است که به لحاظ فنوتیپی شباهت زیادی به اشکال مرتبط با PARKIN و PINK1 دارد.

LRR 2: جهش در ژن RRR2 (کیناز با توالی تکراری غنی از لوسین) بعنوان شایعترین علت ژنتیکی بیماری پارکینسون شناخته شده است اما نفوذ این ژن کم است.

بررسی ژنتیک

جهش‌های هتروزیگوت در ژن‌های مغلوب و تظاهرات متفاوت بیماری و تاثیر ژن‌های مستعد کننده و عوامل محیطی بسیار پیچیده است. بر همین مبنا نتیجه‌ی منفی یک آزمایش بطور کامل جهش را رد نمی‌کند و به علاوه نتایج بر نوع درمان تاثیر نمی‌گذارند. در حال حاضر روش محافظت نورونی برای بیماری وجود ندارد و قابل اهمیت است که بررسی ژن‌های پارکینسون از نظر فنی بسیار مشکل و پرهزینه است.

غربالگری برای جهش بسیاری از اشکال تک ژنی بیماری پارکینسون در دسترس است اما بررسی‌های ژنتیکی برای بیماری پارکینسون بامشکلات فراوانی مواجه است و در بالین عملاً کمتر مورد نیاز است. یکی از مشکلات فقدان علامت شاخص بالینی برای افتراق اشکال ژنتیکی از موارد غیر ژنتیکی بیماری پارکینسون است. همچنین تفسیر نتایج بررسی‌های ژنتیکی که با توجه به موضوعاتی از قبیل کاهش نفوذ، جهش‌های ژن‌های غالب، نقش نامشخص



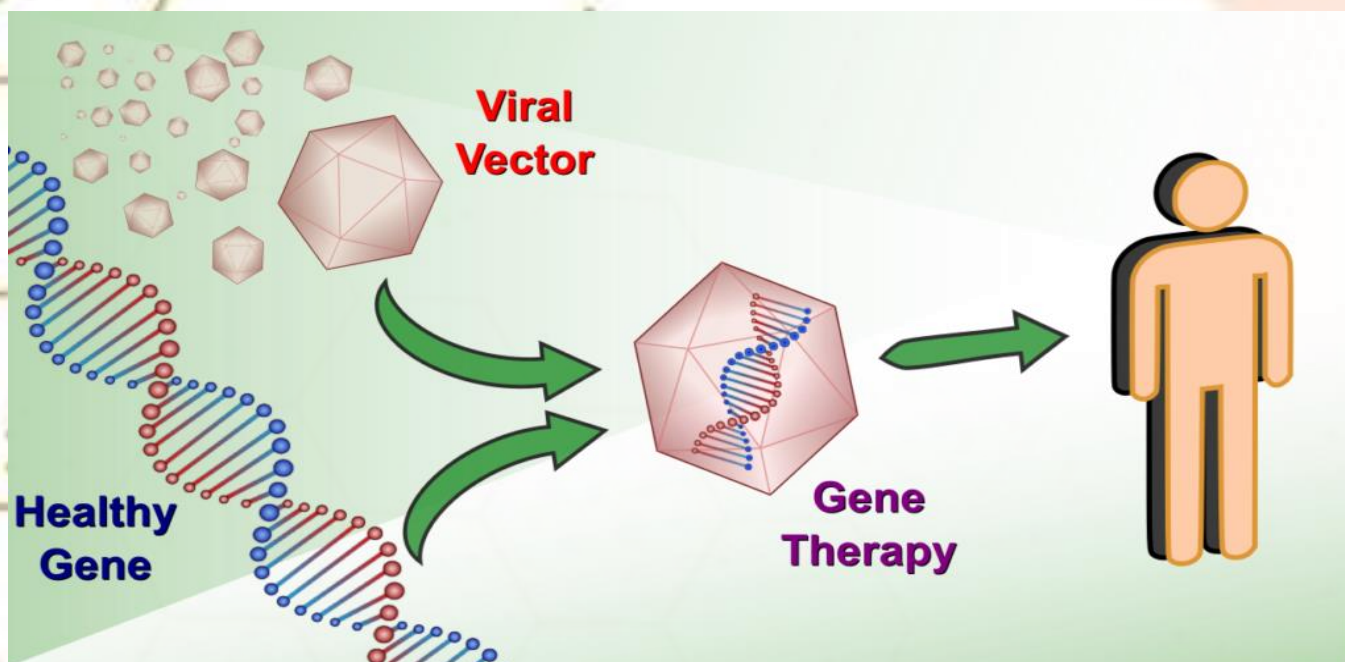
درمان

آوردن عملکرد در پروتئین‌های جهش یافته افزایش سطوح ATP13A2، PARKIN، PINK1، DJI و کاهش SCNA و LRRK2 با عملکرد این ژن‌ها ممکن است مفید باشد.

نتیجه‌گیری

شناسایی ژن‌های واحد و مشخص کردن عملکردهای آن‌ها دانش ما را از پاتوژنز بیماری پارکینسون افزایش داده است که این امر به ما اجازه‌ی تعیین اهداف درمانی جدید را می‌دهد. شناسایی اشکال تک ژنی بیماری پارکینسون اجازه آزمایش‌های ژنتیکی را می‌دهد ولی نتایج امر اغلب نامشخص است بنابراین در انجام مشاوره با بیماران پارکینسونی و اعضاء خانواده آن‌ها باید همه‌ی این ملاحظات و نقاط مبهم را در نظر گرفت.

در حال حاضر درمان اصلی برای بیماری پارکینسون درمان دارویی (عمدتاً لوودوپا یا اگونیست‌های دوپامین) است ولی در طولانی مدت مصرف لوودوپا باعث نوسانات حرکتی و دیس‌کینزی می‌شود. تحریک عمقی مغز (DBS) در هسته ساب تالامیک یک درمان جراحی موثر به ویژه در بیماران دچار نوسانات حرکتی ناشی از لوودوپا است. سن کمتر، مدت کوتاه تر بیماری، فقدان علائم محوری و وضعیت شناختی طبیعی با نتیجه‌ی جراحی بهتری همراه هستند وجود جهش در ژن‌های بیماری پارکینسون بر نتیجه جراحی تاثیری ندارد. این مساله در بیماران با جهش ژن LRRK2 و PARKIN بررسی شده است. یک گزینه دیگر درمانی ژن درمانی آینده است که با توجه به روند از دست رفتن یا به دست



ادغام هوش مصنوعی در مدیریت گاو‌داری‌های گاو نژاد شیری و تشخیص بیومتریک چهره برای گاوها

سینا سلیم‌النفس^۱

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد تغذیه دام

چکیده

چالش‌های قابل توجهی مانند تنوع محیطی، مشکلات جمع‌آوری داده‌ها، ملاحظات اخلاقی و محدودیت‌های فناوری می‌پردازد. علاوه بر این، چارچوب‌های مختلف هوش مصنوعی را با هم مقایسه می‌کند و مزایا و ویژگی‌های هر کدام از آنها را در زمینه دامداری مشخص می‌کند. علیرغم این موانع، فناوری تشخیص چهره نویدبخش افزایش بهره‌وری مزارع، بهبود رفاه حیوانات و ترویج شیوه‌های کشاورزی پایدار است و بر نیاز به تحقیقات و نوآوری‌های مداوم تأکید می‌کند. ما از تحقیقات آتی با تمرکز بر افزایش سازگاری با محیط‌های متنوع، گسترش استفاده از هوش مصنوعی مبتنی بر اخلاق، تقویت سازگاری بین نژادهای مختلف و ادغام با فناوری‌های دیگر در حوزه‌های کشاورزی حمایت می‌کنیم. درنهایت، این بررسی بر تأثیر متحول کننده هوش مصنوعی در پیشبرد مدیریت گاو‌داری صنعتی به سمت آینده‌ای داده‌محور و درعین حال اولویت دادن به شیوه‌های کشاورزی مسئولانه تأکید می‌کند.

ادغام هوش مصنوعی در مدیریت گاو‌داری‌های گاو شیری از طریق تشخیص بیومتریک چهره گاوها، نقطه عطفی در مراقبت از دام‌ها محسوب می‌شود. این مقاله مروری، گسترش، به کارگیری و چالش‌های مرتبط با شناسایی چهره از طریق هوش مصنوعی در گاو‌داری‌ها را بررسی می‌کند. این مقاله بر نقش محوری این نوآوری در تسهیل کنترل سطح بهره‌وری با کنترل سلامت، رفتار گاوها تأکید می‌کند. این رویکرد از فناوری‌های تشخیص چهره که در ابتدا برای انسان‌ها طراحی شده بودند، گرفته شده است و از ویژگی‌های متمایز چهره گاوها برای مشاهده بدون ایجاد تنش و لحظه‌ای گاوها در گاو‌داری‌های مقیاس بزرگ استفاده می‌کند. گذر هوش مصنوعی از تشخیص الگوی اولیه به شبکه‌های عصبی پیچشی (Convolutional Neural Networks) پیشرفته و گسترش چارچوب‌های یادگیری عمیق، نشان‌دهنده‌ی گذار به سمت کشاورزی مبتنی بر داده است. این تحلیل به

مقدمه

در دامداری‌های مدرن ادغام نوآوری‌ها نقش مهمی در تغییر شکل جنبه‌های مختلف مدیریت حیوانات ایفا می‌کند. بعنوان مثال شناسایی در حال تک‌تک گاوها می‌تواند به شناسایی سریع و دقیق حیوان و همچنین کنترل وضعیت تک‌تک آنها برای پیشگیری از بیماری و یا درمان‌های سریع کمک کند. یکی از روش‌های مدرن شناسایی گاوها در گاوداری‌های صنعتی گاوشیری مدرن، کمک گرفتن از هوش مصنوعی و بررسی ویژگی‌ها و فرم صورت می‌باشد. این روش علاوه بر داشتن سرعت و دقت بالا به دلیل عدم نیاز به تماس فیزیکی و یا تغییراتی مانند برچسب‌گذاری سبب کاهش استرس و ناراحتی دام نیز می‌شود. فناوری شناسایی صورت با نهادن یک گام فراتر نسبت به روش‌های سابق حتی قادر است از طریق فرم صورت به حالات مختلف احساسی گاوها نیز پی ببرد. این روش در ارائه بینش‌های حیاتی در مورد سلامت و حالات عاطفی آنها، از سایر روش‌ها پیشی می‌گیرد. مشابه سیستم‌های تشخیص چهره طراحی شده برای انسان، این تکنیک برای تشخیص ویژگی‌ها و شکل‌های منحصربه‌فرد چهره گاوها تطبیق داده شده است. همچنین این روش امکان بکارگیری استراتژی مدیریت شخصی‌سازی شده نه تنها بهره‌وری را بهبود می‌بخشد، بلکه با امکان تشخیص زودهنگام بیماری‌ها و شاخص‌های استرس، در رسیدگی به مسائل رفاهی نیز نقش اساسی ایفا می‌کند. علاوه بر این، اتخاذ این روش

بیومتریک با تمرکز فزاینده بر شیوه‌های کشاورزی پایدار و اخلاقی همسو است. این روش به نظارت و مدیریت دقیق دام‌ها کمک می‌کند و به حداقل رساندن هدر رفت انرژی، توزیع بهینه منابع و کاهش تأثیر زیست‌محیطی به دامداری‌ها کمک می‌کند.

تاریخچه مختصری از کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت دام

در ابتدا، کاربرد هوش مصنوعی در این حوزه با فناوری‌های اولیه بینایی کامپیوتر و تشخیص الگو آغاز شد که ساده بود و با هدف نظارت و ردیابی ساده انجام می‌شد. با تکامل این فناوری، کاربرد آن در مدیریت دام نیز پیچیده‌تر و گسترده‌تر شد. در طول چند سال گذشته، یادگیری عمیق، که یک حوزه تخصصی هوش مصنوعی است، در بهبود فناوری‌های مدیریت دام، جایگاه برجسته‌ای پیدا کرده است. به طور خاص، شبکه‌های عصبی کانولوشن نوعی مدل یادگیری عمیق، به‌ویژه برای وظایفی همچون تشخیص و طبقه‌بندی تصویر، که برای شناسایی بیومتریک چهره بسیار مهم هستند، به کار گرفته شدند. این مدل‌ها قادر به پردازش مجموعه داده‌های بزرگ از اطلاعات بصری، شناسایی الگوهای پیچیده و تشخیص ویژگی‌های منحصربه‌فرد برای هر حیوان هستند. علاوه بر این، گنجاندن اینترنت اشیا (IoT) در مدیریت گاوداری، نقش هوش مصنوعی را به طور قابل توجهی افزایش داده است.



مواد و روش‌ها

فرآیند انتخاب مقالات موجود در این بررسی، مجموعه‌ای از معیارهای خاص را شامل شده که هدف آن تضمین مرتبط بودن و کیفیت بالای اطلاعات جمع‌آوری‌شده بوده است. مقالات باید به‌طور خاص به تشخیص چهره گاوهای شیری، تکنیک‌های بیومتریک در مدیریت دام و استفاده از هوش مصنوعی در شناسایی حیوانات می‌پرداختند. اولویت با مقالاتی بود که توسط داوران متخصص علمی پژوهشی ارزیابی‌شده و در مقالات معتبر علمی چاپ‌شده بودند. فقط مطالعاتی که مستقیماً به فناوری‌های تشخیص چهره برای گاوهای شیری پرداخته بودند، در نظر گرفته شدند. این مورد شامل تحقیقاتی بود که شواهد ملموسی در مورد اثربخشی چنین فناوری‌هایی ارائه می‌دادند و دارای

بحث‌هایی در مورد ادغام هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در سیستم‌های شناسایی بیومتریک برای دام‌ها بودند. برای حفظ به‌روز بودن داده‌ها، تحقیقاتی که بیش از پنج سال پیش منتشرشده بودند، حذف شدند.

نتایج و بحث

مروری بر تشخیص بیومتریک چهره در گاوهای شیری

فناوری تشخیص بیومتریک چهره بر اساس اصل شناسایی ویژگی‌های فیزیکی منحصر به فرد در چهره یک فرد عمل می‌کند. این فرآیند شامل چندین مرحله کلیدی است؛ مرحله اول شامل گرفتن تصویر دیجیتال از چهره فرد با استفاده از دوربین است. در این زمینه، فرد یک گاو شیرده است.

و حرکت را در نظر بگیرد تا تصاویر را در یک محیط گاوداری به طور دقیق ثبت و پردازش کند. محیط‌های گاوداری به دلیل شرایط نوری متغیر، آب‌وهوا و موانع می‌توانند چالش‌برانگیز باشند. این فناوری باید به اندازه کافی قوی باشد تا بتواند این تغییرات را مدیریت کند و همچنان تصاویر قابل استفاده برای تشخیص را ثبت نماید.

استفاده از دوربین‌های با وضوح بالا که قادر به ثبت تصاویر واضح در شرایط نوری مختلف باشند، بسیار مهم است. الگوریتم‌های پیشرفته، به‌ویژه الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی کانولوشن، برای استخراج ویژگی و تطبیق تصاویر ضبط‌شده استفاده می‌شوند. این الگوریتم‌ها بر روی مجموعه داده‌های بزرگی از تصاویر صورت گاوها آموزش داده می‌شوند تا به سطوح دقت بالایی دست یابند. به همین دلیل و با توجه به حجم زیاد داده‌های تولیدشده، سیستم‌های ذخیره‌سازی و مدیریت داده‌های قدرتمندی مورد نیاز است. همچنین یک رابط کاربرپسند برای تعامل اپراتورهای گاوداری با سیستم ضروری است. این رابط معمولاً شامل ویژگی‌هایی برای ثبت گاوهای جدید، دسترسی به پروفایل‌های تک‌تک گاوها و مشاهده هشدارها یا گزارش‌های تولیدشده توسط سیستم است. در مزارع بزرگ، سیستم ممکن است برای اتصال چندین دوربین و واحدهای محاسباتی به یک شبکه نیاز داشته باشد.

فرآیند ثبت تصویر باید عوامل مختلفی مانند نور، زاویه و فاصله را در نظر بگیرد تا کیفیت و ثبات تصاویر تضمین شود. این مرحله شامل تجزیه و تحلیل تصویر گرفته شده برای شناسایی و استخراج ویژگی‌های منحصربه‌فرد صورت است. این ویژگی‌ها معمولاً شامل نشانه‌هایی مانند چشم‌ها، بینی، دهان و پوزه یا خط فک هستند. در گاوها، نشانه‌های خاصی که برای شناسایی مناسب هستند، مانند شکل و الگوی پوزه، فاصله بین چشم‌ها و سایر ویژگی‌های قابل تشخیص، انتخاب می‌شوند. سپس ویژگی‌های استخراج‌شده با داده‌های ذخیره‌شده در یک پایگاه داده مقایسه می‌شوند. این مقایسه با استفاده از الگوریتم‌های پیچیده‌ای انجام می‌شود که احتمال تطابق را محاسبه می‌کند. سپس سیستم هویت فرد را تأیید کرده و سوابق آن را نمایش می‌دهد.

تفاوت در شناسایی فردی گاوها بین گونه‌های مختلف شامل تفاوت در ویژگی‌های فیزیکی و تکنیک‌های خاص مورد استفاده برای شناسایی است. ویژگی‌های مختلف چهره مثل شکل‌های مختلف پوزه، فاصله بین چشم‌ها، شکل گوش و علائم منحصربه‌فرد پیشانی و الگوهای رنگی متنوع مانند لکه‌های سیاه و سفید در گاو شیری نژاد هلشتاین از جمله این تفاوت‌ها می‌باشند. گاوها ممکن است همیشه مستقیماً رو به دوربین نباشند و حرکات آنها کمتر قابل پیش‌بینی است. این فناوری باید زوایای مختلف، نماهای جزئی

هوش مصنوعی در تشخیص چهره

هم‌افزایی بین هوش مصنوعی و فناوری تشخیص چهره منجر به پیشرفت‌های چشمگیری شده است که دقت، کارایی و سازگاری را افزایش می‌دهد. الگوریتم‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری عمیق، دقت سیستم‌های تشخیص چهره را به طرز چشمگیری بهبود بخشیده‌اند. هوش مصنوعی امکان پردازش بلادرنگ داده‌های پیچیده را فراهم می‌کند. در زمینه یک گاوداری گاو شیری، این به معنای توانایی شناسایی فوری یک گاو هنگام ورود به سالن شیردوشی یا ایستگاه تغذیه است. سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند با طیف وسیعی از شرایط محیطی سازگار شوند و در آن‌ها به طور مؤثر عمل کنند که یک نیاز حیاتی در شرایط متغیر گاوداری‌های گاو شیری به حساب می‌آید. آن‌ها می‌توانند نور ضعیف، دید جزئی از چهره و حتی حرکت را جبران کنند و عملکرد مداوم را تضمین کنند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند عملیات در مقیاس بزرگ را انجام دهند، که آن‌ها را برای مزارع با گله‌های گسترده مناسب می‌کند. با ورود داده‌های بیشتر به این سیستم‌ها، آن‌ها حتی دقیق‌تر و مؤثرتر می‌شوند.

مروری بر تکنیک‌های هوش مصنوعی مورد استفاده

شبکه‌های عصبی کانولوشن دسته‌ای از

شبکه‌های عصبی عمیق هستند که معمولاً برای تجزیه و تحلیل تصاویر بصری استفاده می‌شوند. آن‌ها در تشخیص الگوها در تصاویر مهارت ویژه‌ای دارند که این توانایی مهم آن‌ها را برای وظیفه تشخیص چهره ایده‌آل می‌کند. در دامداری، شبکه‌های عصبی کانولوشن را می‌توان با پردازش هزاران تصویر، برای تشخیص چهره‌های خاص هر گاو آموزش داد و به آن‌ها یاد داد که حیوانات را بر اساس ویژگی‌های چهره آن‌ها شناسایی کنند. جدا از شبکه‌های عصبی کانولوشن، سایر مدل‌های یادگیری عمیق مانند autoencoders و شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) نیز در تشخیص چهره کاربردهایی پیدا کرده‌اند.

سیستم‌های هوش مصنوعی اغلب از تکنیک‌های افزایش داده برای گسترش مجموعه داده‌های آموزشی استفاده می‌کنند. این می‌تواند شامل تغییر مصنوعی تصاویر (به‌عنوان مثال، تغییر شرایط روشنایی، افزودن نویز) برای مقاوم‌تر کردن مدل در برابر سناریوهای مختلف دنیای واقعی باشد.



ادغام هوش مصنوعی با داده‌های بیومتریک

در ابتدا، داده‌های بیومتریک که در این مورد تصاویر صورت گاوها هستند جمع‌آوری و سپس برای افزایش کیفیت و سازگاری، پیش‌پردازش می‌شوند. مراحل پیش‌پردازش ممکن است شامل نرمال‌سازی تصویر، ترازبندی و تقویت باشد. سپس مدل‌های هوش مصنوعی این تصاویر را تجزیه و تحلیل می‌کنند تا ویژگی‌های معنادار را استخراج کنند. برای گاوها، این می‌تواند شامل الگوهای خاصی روی پوزه، شکل گوش‌ها و فاصله بین چشم‌ها باشد. سیستم هوش مصنوعی یاد می‌گیرد که این ویژگی‌ها را به‌عنوان شناسه‌های منحصر به فرد برای هر گاو تشخیص دهد. پس از استخراج ویژگی‌ها، مدل‌های هوش مصنوعی این داده‌ها را تجزیه و تحلیل می‌کنند تا شناسایی یا پیش‌بینی انجام دهند.

پیشرفت‌ها در این حوزه

توسعه دوربین‌های با وضوح بالا و مقاوم که قادر به ثبت تصاویر دقیق در شرایط نوری و آب‌وهوایی مختلف هستند، انقلابی در این زمینه ایجاد کرده است. این دوربین‌ها داده‌های ورودی باکیفیت بالا را که برای تشخیص مؤثر چهره لازم است، فراهم می‌کنند. به‌کارگیری فناوری‌های تصویربرداری سه‌بعدی و حسگر عمق، امکان ثبت دقیق‌تر و جزئی‌تر ویژگی‌های

چهره گاو را فراهم کرده است. این فناوری به تشخیص گاوهای منفرد حتی در یک محیط شلوغ کمک می‌کند و به نقشه‌برداری دقیق از ویژگی‌ها کمک می‌کند. پیشرفت در یادگیری ماشین، به‌ویژه الگوریتم‌های یادگیری عمیق مانند شبکه‌های عصبی کانولوشن، دقت سیستم‌های تشخیص چهره را به‌طور چشمگیری افزایش داده است. ادغام محاسبات لبه‌ای (Edge Computing) امکان پردازش داده‌ها را در نزدیکی منبع داده (یعنی در گاوداری یا نزدیک آن) فراهم می‌کند. این فناوری امکان پردازش بلادرنگ یا تقریباً بلادرنگ را فراهم کرده است که این سرعت عمل برای تصمیم‌گیری به‌موقع در مدیریت گاوداری ضروری است.



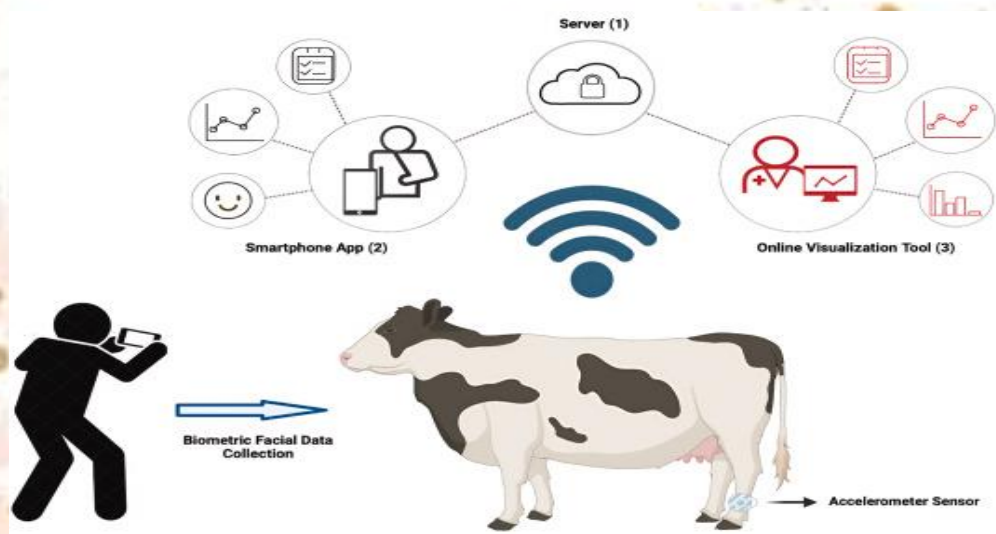
بر گله معرفی می‌کند که امکان تشخیص زودهنگام مشکلات سلامتی حیاتی برای مداخله سریع و مؤثر را فراهم می‌کند. این فناوری با ثبت تغییرات ظریف در حالات چهره (که نشان‌دهنده مشکلات بالقوه سلامتی است) که ممکن است توسط چشم انسان قابل تشخیص نباشند، به‌عنوان یک سیستم هشدار اولیه عمل می‌کند.

گذشته از تشخیص بیماری، این فناوری با شناسایی علائم استرس یا ناراحتی، نقش محوری در ارزیابی رفاه گاوهای شیری ایفا می‌کند. چنین تشخیص زود هنگامی برای انجام اقدامات اصلاحی جهت حفظ سلامت و بهره‌وری گله بسیار مهم است. این فناوری با تسهیل نظارت بر سلامت و رفتار هر گاو در زمان واقعی، بهینه‌سازی برنامه‌های شیردوشی و برنامه‌های غذایی را امکان‌پذیر می‌کند و به افزایش تولید شیر به‌عنوان یک عامل کلیدی در سودآوری و پایداری گاوداری کمک می‌کند.

این مطالعه نشان داد که مدل‌های شبکه‌های عصبی کانولوشن می‌توانند به سطوح دقت بالایی در شناسایی گاوهای منفرد، حتی در شرایط چالش‌برانگیز، دست یابند. تحقیق کاواگو و همکاران، برای استفاده از فناوری تشخیص چهره نشان داد که برخی از ویژگی‌ها و حالات چهره می‌توانند با وضعیت سلامتی، سطح استرس و حتی چرخه‌های تولیدمثل مرتبط باشند.

کاربردهای فناوری‌های تشخیص چهره بیومتریک در دامداری

ظهور فناوری تشخیص چهره در دامداری، تغییر قابل‌توجهی از روش‌های سنتی و پرزحمت نظارت به سمت رویکردی ساده‌تر و دقیق‌تر را آغاز کرده است. پیاده‌سازی تشخیص چهره بر نظارت بر حرکات روزانه گاوها نیز گسترش می‌یابد و داده‌های ارزشمندی در مورد عادات تغذیه‌ای، تعاملات اجتماعی و روال‌های شیردوشی آنها ارائه می‌دهد. همچنین این فناوری روشی را برای نظارت مداوم و غیرتهاجمی



چالش‌ها و محدودیت‌ها

تجزیه و تحلیل کرد و مدیریت گله را مؤثرتر ساخت.

پرداختن به این چالش‌های محیطی نیازمند الگوریتم‌های قوی و تطبیقی است که قادر به مدیریت تغییرات در کیفیت تصویر باشند. در حالی که مقدار زیادی داده برای آموزش مدل‌های قوی ضروری است، کیفیت این داده‌ها نیز به همان اندازه مهم است. تصاویر بی‌کیفیت می‌توانند منجر به عدم دقت در آموزش مدل شوند. رویکردهای نوآورانه مانند یادگیری انتقالی، که در آن مدلی که برای یک کار توسعه داده شده است، برای یک کار مرتبط دوم مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرد، می‌تواند برخی از نیازهای داده‌ها را کاهش دهد. با این حال، تضمین کیفیت و تنوع داده‌های آموزشی همچنان یک چالش مهم است که نیاز به توجه مداوم دارد.

یکی از عوامل مهم مؤثر بر عملکرد این سیستم‌ها، کیفیت سخت‌افزار مورد استفاده است. موفقیت تشخیص چهره به شدت به قابلیت‌های دوربین و پردازنده وابسته است، جایی که هرگونه نقصی ممکن است اثربخشی سیستم را به خطر بیندازد. نیاز به اتصال مداوم به اینترنت، مانع دیگری است. چندین سیستم تشخیص چهره برای پردازش و ذخیره داده‌ها به اتصال ثابت اینترنت نیاز دارند، نیازی که در مکان‌های دورافتاده یا روستایی با خدمات اینترنتی نامنظم، مشکل‌ساز می‌شود.

یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در پیاده‌سازی فناوری تشخیص چهره در گاوداری‌های گاو شیری، تضمین دقت در شرایط محیطی متنوع است. در مزارع شرایط متنوعی برای ثبت تصویرها به وجود می‌آید از جمله طیف وسیعی از شرایط نوری، از نور شدید خورشید گرفته تا انبارهای کم‌نور، تغییرات در کیفیت تصاویر در فضای باز به دلیل تغییرات در شرایط آب‌وهوایی همانند باران، مه یا برف و یا موانع فیزیکی مانند فیدرها یا گاوهای دیگر که می‌توانند نمای کامل صورت را مسدود کنند و فرآیند تشخیص را پیچیده کنند.

فراتر از افزایش تولید شیر، فناوری تشخیص چهره به طور قابل توجهی بهره‌وری نیروی کار را افزایش می‌دهد. خودکارسازی فرآیندهای ردیابی و نظارت، کار دستی مورد نیاز برای این وظایف را کاهش می‌دهد و به پرسنل گاوداری اجازه می‌دهد تا بر جنبه‌های حیاتی‌تر و استراتژیکی‌تر مدیریت گاوداری تمرکز کنند. این تغییر نه تنها عملیات را ساده می‌کند، بلکه به افزایش بهره‌وری نیز کمک می‌کند.

علاوه بر این، این فناوری زیربنای یک رویکرد مبتنی بر داده برای تصمیم‌گیری است. انبوه داده‌های تولیدشده از طریق تشخیص چهره را می‌توان برای تصمیم‌گیری‌های مربوط به اصلاح نژاد، مدیریت سلامت و تخصیص منابع

کار با آن آسان باشد. محافظت از داده‌های جمع‌آوری شده توسط چنین سیستم‌هایی بسیار مهم است. برای جلوگیری از دسترسی غیرمجاز باید تدابیر امنیتی سایبری قوی در نظر گرفته شود.

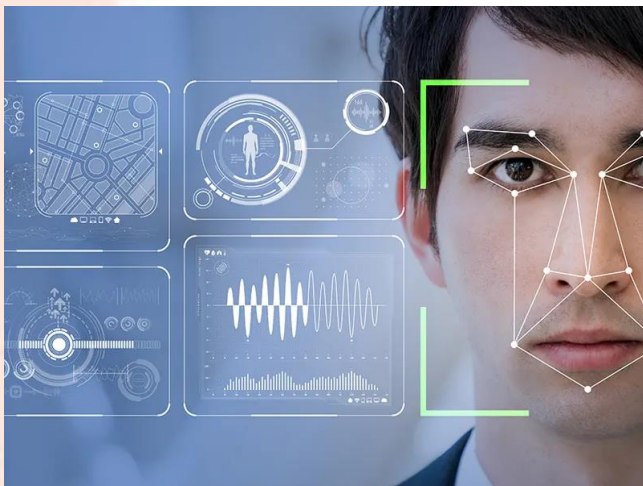
سخت‌افزار مورد استفاده برای تصویربرداری و جمع‌آوری داده‌ها باید به اندازه کافی بادوام باشد تا در برابر شرایط گاوداری مقاومت کند و به حداقل نگهداری نیاز داشته باشد. با توجه به محدودیت‌های فناوری تشخیص چهره در سالن‌های شیردوشی، جایی که چهره گاوها به طور مداوم برای دوربین‌ها قابل مشاهده نیست، رویکرد اصلاح شده ما شامل ادغام این فناوری با روش‌های شناسایی جایگزین مانند RFID یا برچسب گوش است.

علاوه بر این، هزینه نصب و نگهداری سیستم‌های پیشرفته تشخیص چهره، به‌ویژه برای مزارع کوچک تا متوسط، چالش قابل توجهی را ایجاد می‌کند. هزینه‌های مربوط به تهیه سخت‌افزار و نرم‌افزار برتر، همراه با نگهداری منظم، این فناوری را به گزینه‌ای کمتر عملی برای شرکت‌های کوچک‌تر تبدیل می‌کند. پرداختن به این مسائل نیازمند تحقیق و نوآوری مداوم است.

غلبه بر موانع در فناوری بیومتریک

اطمینان از اینکه این فناوری تأثیر منفی بر رفتار یا رفاه گاوها نمی‌گذارد، بسیار مهم است. سیستم باید غیر مزاحم باشد و باعث استرس یا ناراحتی برای حیوانات نشود. توسعه و پیاده‌سازی چنین سیستم‌هایی می‌تواند پرهزینه باشد. کشاورزان و ذینفعان باید از بازگشت هر چه سریع‌تر سرمایه‌گذاری مطمئن شوند تا از نظر اقتصادی، به‌ویژه برای عملیات کوچک‌تر، مقرون به صرفه باشد.

دستیابی به دقت و قابلیت اطمینان بالا در شناسایی گاو ضروری است. اشتباهات در شناسایی می‌تواند منجر به ارزیابی‌های نادرست سلامت، تغذیه یا تصمیمات نادرست در مورد پرورش شود و بر بهره‌وری کلی گاوداری تأثیر منفی بگذارد. پرسنل و کارگران گاوداری ممکن است از نظر فناوری ماهر نباشند. بنابراین، سیستم به یک رابط کاربرپسند نیاز دارد که درک و



روندهای آینده در گاوداری‌های گاو شیری

چشم‌انداز گاوداری‌ها در آستانه یک انقلاب فناوری قرار دارد و آماده است تا پیشرفت‌های حاصل از تشخیص بیومتریک و هوش مصنوعی را بپذیرد. این فناوری‌های پیشرفته قرار است نحوه عملکرد گاوداری‌های گاو شیری را از نو تعریف کنند و آینده‌ای را ارائه دهند که در آن دقت و کارایی حرف اول را می‌زند. در خط مقدم این تحول، تکنیک‌های تصویربرداری پیشرفته، مانند تصویربرداری فرا طیفی، قرار دارند که با بررسی طیف وسیع‌تری از نور، نوید تجزیه و تحلیل عمیق‌تری از سلامت گاو را می‌دهند. این پیشرفت می‌تواند انقلابی در نظارت بر سلامت و تشخیص بیماری ایجاد کند و اساساً نحوه مراقبت از حیوانات شیری را تغییر دهد. پذیرش فناوری

تشخیص چهره، نشان‌دهنده تغییر به سمت شیوه‌های کشاورزی مبتنی بر داده و دقیق در بخش پرورش نشخوارکنندگان است که نه تنها نویدبخش افزایش رفاه و بهره‌وری حیوانات است، بلکه نویدبخش همسویی با اصول پایداری و کشاورزی اخلاقی نیز می‌باشد. این گذار همچنین ممکن است چشم‌انداز اقتصادی و عملیاتی صنعت را تغییر شکل دهد، به نفع مزارع مجهز به فناوری پیشرفته باشد و نیاز به نیروی کار ماهر و متخصص در پذیرش فناوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها را افزایش دهد. اما در مسیر توسعه این فناوری محدودیت‌ها و چالش‌هایی نیز وجود دارد که بایستی به مرور زمان با برطرف کردن آنها، مسیر را برای ورود هر چه بیشتر این فناوری به صنعت گاوداری هموار کرد.



سندرم ترنر

مه تا کمالی^۱، حنا نهریمانی^۱

۱- دانشجوی کارشناسی، زیست شناسی سلولی و مولکولی

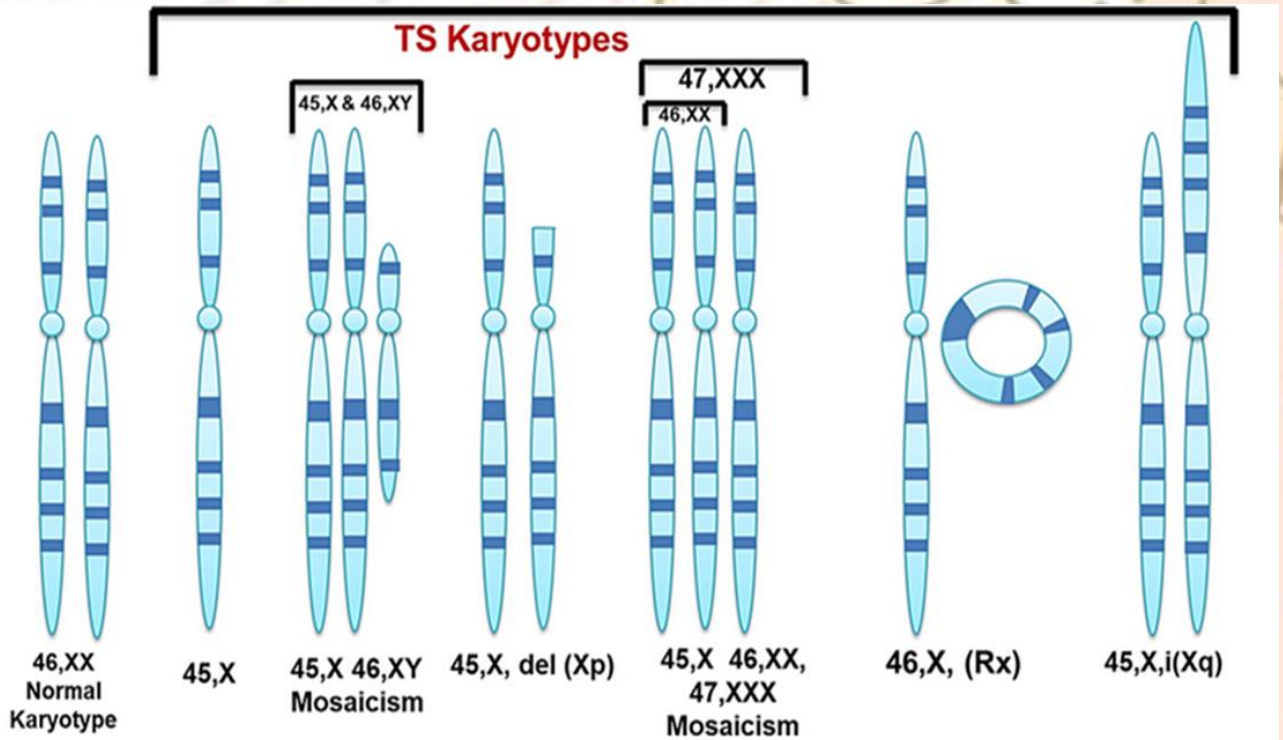
چکیده

ترنر سندرم (TS) ناشی از از دست رفتن یک کروموزوم X در بانوان فنوتیپی است که منجر به بروز مشکلات متنوعی می‌شود. این مشکلات شامل کوتاهی قد، مسائل قلبی-عروقی، بیماری‌های خودایمنی، اختلالات متابولیکی، پوکی استخوان، نقص‌های نوروکگنیو، کم‌شنوایی، ناهنجاری‌های هورمونی، ناباروری و اختلالات در متابولیسم استخوان می‌باشد.

مقدمه

سندرم ترنر (Turner syndrome) یکی از ناهنجاری‌های کروموزومی است که به دلیل حذف کامل یا جزئی کروموزوم X در زنان ایجاد می‌شود و با فرمول ژنتیکی X^{45} یا در مواردی موزائیسیم $X/46, XX^{45}$ قابل شناسایی است (شکل ۱). این اختلال، از جمله ناهنجاری‌های شایع ژنتیکی در زنان است که با طیف گسترده‌ای از علائم بالینی مانند کوتاهی قد، ورم لنفاوی، نارسایی زودرس تخمدان و اختلالات قلبی-عروقی،

به ویژه نقص در عروق کرونر و آئورت، همراه است. از نظر مولکولی، فقدان ژن‌های کلیدی در کروموزوم X، مانند SHOX، که در رشد اسکلتی نقش دارد، منجر به ناهنجاری‌های رشد می‌شود. شناخت دقیق مسیرهای ژنتیکی و اپی‌ژنتیکی مرتبط با این سندرم، امکان توسعه درمان‌های هدفمند را فراهم ساخته است. تشخیص سندرم ترنر با استفاده از کاریوتایپ و تکنیک‌های پیشرفته‌تر مانند FISH و روش‌های مولکولی صورت می‌پذیرد که امکان شناسایی حذف‌های جزئی و موزائیسیم را فراهم می‌کند. درمان بیماران مبتلا، شامل هورمون‌درمانی (مثلاً هورمون رشد و استروژن) برای بهبود تکامل فیزیکی و پیشگیری از عوارض جانبی است. همچنین، مدیریت بالینی نیازمند ارزیابی دقیق مشکلات قلبی، کلیوی و توانبخشی روانی است که به ارتقاء کیفیت زندگی بیماران کمک می‌کند.



شکل ۱- سندرم ترنر یک ناهنجاری کروموزومی

علائم و نشانه‌های سندرم ترنر در نوزادان زنده متولد شده بسیار متنوع است اما کوتاهی قد و نارسایی تخمدان از جمله علائم ثابتی هستند که تقریباً در همه موارد دیده می‌شود. علائم دیگر بسته به کاریوتیپ بیمار متفاوت است، اما اغلب شامل گردنی کوتاه و وِبدار، خط موی پایین در پشت گردن، گوش‌های پایین‌تر از حد معمول، کوتاهی قد، و تورم دست و پاها در زمان آئورت کمتری دارند. برای کاهش خطر پارگی آئورت، جراحی آئورت توصیه می‌شود، به‌ویژه زمانی که شاخص اندازه آئورت صعودی بیش از ۲.۵ سانتی‌متر بر متر مربع باشد.

ارتباط‌های فنوتیپی و ژنوتیپی در سندرم ترنر

ارتباط بین فنوتیپ (ظاهر بالینی) و ژنوتیپ (وضعیت کروموزومی) در سندرم ترنر معمولاً ضعیف است و علت دقیق بیماری هنوز بطور کامل معلوم نیست. به نظر می‌رسد این سندرم ناشی از عدم تعادل ژنتیکی در ژن‌های کروموزوم جنسی و تأثیر تجمعی عوامل اپی‌ژنتیکی بر ژن‌های مرتبط در شبکه‌های ژنی باشد. ژن SHOX که ژنی حاوی هومئوباکس است، نقش مهمی در تنظیم رشد دارد و کمبود یک نسخه از این ژن (haploinsufficiency) باعث کوتاهی قد مشخص در این بیماری می‌شود.

دیابت و سندرم ترنر

سندرم ترنر (TS) با مجموعه‌ای از مشکلات متابولیک مانند چاقی شکمی، اختلال در متابولیسم گلوکز، دیس‌لیپیدمی و فشار خون بالا همراه است. افراد مبتلا به TS در کودکی بیشتر مستعد اضافه وزن هستند که این موضوع خطر ابتلا به دیابت در بزرگسالی را افزایش می‌دهد. افزایش وزن معمولاً قبل از شروع بلوغ رخ می‌دهد و تفاوتی بین دختران TS با بلوغ‌القایی یا طبیعی دیده نمی‌شود. اختلال تحمل گلوکز (IGT) در ۲۵ تا ۷۸ درصد افراد بالغ مبتلا به TS مشاهده می‌شود و تقریباً ۲۵ درصد مرگ و میرهای مرتبط با TS به آن مربوط است. شدت اختلال گلوکز به نوع کاریوتیپ بستگی دارد؛ بیماران موزاییک TS تحمل گلوکز طبیعی دارند ولی افرادی با منوزومی (45, X) بیشتر در معرض مشکلات متابولیکی هستند.

جنبه‌های اجتماعی و روان‌شناختی سندرم ترنر

علاوه بر مشکلات جسمانی، مطالعات مختلف نشان داده‌اند که افراد مبتلا به سندرم ترنر (TS) در حوزه‌های روانی-اجتماعی مختلف و کیفیت کلی زندگی

دچار اختلالاتی هستند. مشکلات مداوم در تعاملات اجتماعی در طول زندگی این افراد دیده می‌شود، به ویژه در برقراری و حفظ دوستی‌ها و روابط عاطفی. والدین دختران مبتلا به TS اغلب آن‌ها را کم‌توان‌تر از نظر اجتماعی، دارای دوستان کمتر، و کم‌تر در حال فعالیت‌های اجتماعی در سنین اولیه می‌بینند. همچنین، زنان مبتلا به TS نسبت به هم‌تایان غیر TS خود کمتر احتمال دارد که شریک زندگی داشته باشند یا ازدواج کنند. این بیماران در معرض خطر بیشتری برای ابتلا به اختلالات طیف اوتیسم، اختلالات روان‌پریشی، افسردگی، اضطراب، اختلالات خلقی، بیش‌فعالی، نقص توجه و اسکیزوفرنی قرار دارند. جوان مبتلا به TS معمولاً در دوره بلوغ با چالش‌های اجتماعی و سازگاری مواجه‌اند که ممکن است عزت نفس پایین و مشکلات اجتماعی را به دنبال داشته باشد و بر سلامت روانی آنان تأثیر منفی بگذارد. همچنین این بیماران در حافظه و تعاملات اجتماعی ممکن است دچار نقص باشند و در معرض تشخیص اختلالات رشدی عصبی، ناتوانی ذهنی و اختلالات خوردن قرار دارند.

سازنده‌تر یاری کند. بطور کلی، تحقیق و آگاهی در اطراف سندرم ترنر نه تنها به درک بهتر این بیماری کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به توسعه درمان‌های مبتنی بر شواهد و افزایش آگاهی عمومی منجر شود.



نتیجه‌گیری

سندرم ترنر، که به علت حذف یا نقص بخش‌هایی از کروموزوم X ایجاد می‌شود، بعنوان یک اختلال ژنتیکی با ویژگی‌های بالینی متنوع و تصمیم‌گیری‌های پیچیده در زمینه درمان شناخته می‌شود. این سندرم نه تنها تأثیراتی در رشد فیزیکی و تولید مثل دارد، بلکه می‌تواند بر روندهای شناختی و عاطفی بیماران نیز اثر گذار باشد. از لحاظ بالینی، شناخت و ارزیابی زودهنگام علائم سندرم ترنر نقش بسیار مهمی در بهبود کیفیت زندگی و پیشرفت‌های درمانی دارد. در دهه‌های اخیر، پیشرفت در روش‌های تشخیصی و درمانی به ما این امکان را داده است که با بهبود داده‌ها و اطلاعات حاصل از پژوهش‌های بنیادی و بالینی، به درمان بهتر و شخصی‌سازی‌شده‌تری برای بیماران با این سندرم دست یابیم. به کارگیری هورمون‌های رشد، اصلاحات بالینی و برنامه‌های توان‌بخشی برای به حداقل رساندن تأثیرات منفی این سندرم اهمیت ویژه‌ای دارد. از سوی دیگر، نیاز به تحقیقات بیشتر در زمینه بهبود کیفیت زندگی و افزایش آگاهی عمومی از این اختلال وجود دارد. در نهایت، رویکرد جامع‌تری که شامل حمایت‌های اجتماعی و روانی نیز باشد، می‌تواند به توانمندسازی بیماران کمک کند و آن‌ها را در دستیابی به زندگی موفق‌تر و

سم‌زدایی میکروبی آفت‌کش‌های باقیمانده در غذاهای تخمیر شده

محمدرضا دخیلی^۱، مجتبی حسن‌زاده^۱

۱- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی

چکیده

تیمار بخش کشاورزی با آفت‌کش‌ها رویکردی ضروری برای بهبود عملکرد محصول است و در دهه‌های آینده نمی‌توان از آن اجتناب کرد. در عین حال، مقادیر قابل توجهی از آفت‌کش‌ها در غذا باقی می‌مانند و مصرف آن‌ها باعث آسیب‌های جدی مانند واکنش‌های عصبی، گوارشی، آلرژیک، سرطان و حتی مرگ می‌شود. با این حال، در طی فرآیند تخمیر غذاها، مقادیر باقیمانده آفت‌کش‌ها به دلیل تخریب آنزیمی توسط استارتر و میکرو فلور همراه آن بطور قابل توجهی کاهش می‌یابد. این بررسی بر روی غذاهایی با بالاترین سطوح باقیمانده آفت‌کش‌ها، مانند شیر، ماست، سبزیجات تخمیری (ترشیجات، کیمچی و زیتون)، نان و غیره تمرکز دارد. تمرکز بر مکانیسم‌های مولکولی تخریب آفت‌کش‌ها به دلیل وجود گونه‌های میکروبی خاص است. آن‌ها حاوی یک استخر ژنتیکی منحصر به فرد هستند که مشخصات آنزیمی مناسبی را برای عمل بعنوان سم‌زدایی آفت‌کش ایجاد می‌کند.

مقدمه

آفت‌کش‌ها مواد بیولوژیکی یا شیمیایی

هستند که برای جلوگیری، از بین بردن یا کنترل هر آفتی که باعث زیان در تولید کشاورزی و غذایی (مواد اولیه و مواد غذایی)، فراوری، ذخیره‌سازی یا بازاریابی می‌شود، در نظر گرفته شده است. بسته به کاربرد آن‌ها، چندین نوع شناخته شده است از جمله: قارچ‌کش‌ها (جلوگیری از رشد کپک‌ها)، حشره‌کش‌ها (از بین بردن حشرات)، علف‌کش‌ها (مورد استفاده در برابر علف‌های هرز) و آفت‌کش‌ها (دفع یا از بین بردن جوندگان، نماتدها و نرم تنان). اگرچه آفت‌کش‌ها مشکلات مهم کشاورزی را در کنترل علف‌های هرز و آفات حل می‌کنند، بقایای آفت‌کش‌ها به‌ویژه آفت‌کش‌های جدیدتر که محلول در آب هستند، در محیط رها می‌شوند. انواع قدیمی‌تر آفت‌کش‌ها، مانند دی‌کلرو دی‌فنیل تری‌کلرواتان، کمتر در آب حل می‌شوند، اما تمایل دارند برای مدت طولانی در خاک باقی بمانند. به همین دلیل است که با هماهنگی سازمان ایمنی غذای اروپا گزارش‌های سالانه اتحادیه اروپا باقیمانده آفت‌کش‌ها در آب و غذا را پایش می‌کند.

آفت‌کش‌ها هستند، اما برای ارزیابی خطرات سلامتی انسان کافی نیستند، مگر اینکه مقادیر بقایایی که پس از فراوری مواد غذایی نیز باقی می‌مانند برآورد شود. حداکثر حد مجاز باقیمانده برای آب آشامیدنی تنظیم شده توسط دستورالعمل ۹۸/۸۳ شورای اروپا ۱/۰ میکروگرم در لیتر برای هر آفت‌کش یا متابولیت آن تعیین شده است، به جز آلدین، دیلدین، هپتاکلر و هپتاکلر اپوکسید که حد مجاز ۰/۰۳ میکروگرم در لیتر است. استفاده از آفت‌کش‌ها در سراسر جهان گسترده است. تقریباً ۳ میلیارد کیلوگرم در سال استفاده می‌شود، زیرا بیش از ۵۰۰ ترکیب ثبت شده و بعنوان آفت‌کش یا متابولیت آفت‌کش استفاده می‌شود.

حداکثر حد مجاز باقیمانده عامل تعیین کننده مهم برای خطر سلامتی انسان است. سطوح باقیمانده آفت‌کش‌ها در مواد غذایی مشمول مقررات قانونی برای به حداقل رساندن اثرات مضر آنها است. با این حال، در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، چنین قوانینی معرفی نشده و یا به خوبی اجرا نشده است حداکثر حد مجاز باقیمانده تحت تأثیر فراوری مواد غذایی از جمله تخمیر، عملیات حرارتی و خشک کردن قرار می‌گیرند. علاوه بر این، ماهیت شیمیایی آفت‌کش‌ها و برخی عوامل مانند pH، نور، یون‌های فلزی و ازن نیز بر تخریب بقایای آفت‌کش‌ها تأثیر می‌گذارند. اگرچه حداکثر حد مجاز باقیمانده ابزاری قابل اعتماد و مفید برای تنظیم استفاده از



روش‌های فیزیکی و شیمیایی برای کاهش مقدار باقیمانده آفت‌کش‌ها در مواد غذایی شناخته شده‌اند، بعنوان مثال، شستشو با آب، خنک‌سازی با آب، تیمار با آب الکترولیز شده، جوشاندن، برش دادن، پوست‌گیری، پخت و پز، ازن زنی، خشک کردن و کم‌آبی کردن، پاستوریزه کردن، کنسرو کردن میوه‌ها و سبزیجات، بلانچینگ کردن، و بوی‌زدایی روغن. این روش‌ها مطمئناً محتوای آفت‌کش‌ها را در مواد غذایی کاهش می‌دهند، اما برخی از آن‌ها فقط تا حدودی مؤثر هستند، به همین دلیل است که علاقه علمی کنونی بر روی امکان سم‌زدایی آفت‌کش‌ها از طریق تخمیر در فرآیند فرآوری مواد غذایی متمرکز شده است. سم‌زدایی میکروبی بعنوان مقرون به صرفه ترین رویکرد برای مبارزه با آلودگی غیرقابل اجتناب آفت‌کش‌ها در حال ایجاد است. میکرو فلور بومی موجود در غذاها یا سویه‌های پروبیوتیکی که بطور هدفمند اضافه می‌شوند می‌توانند طیف وسیعی از حشره‌کش‌های مصنوعی را متابولیزه کرده و از آن‌ها بعنوان منبع کربن و انرژی استفاده کنند. عوامل اصلی در این فرآیند باکتری‌های اسید لاکتیک هستند، اما البته، بسیاری از گونه‌های دیگر مانند مخمرها، کپک‌ها و بسیاری از گروه‌های میکروبی دیگر در تیمار غذا در نتیجه تخمیر نقش دارند.

در مقایسه با دوره‌های تحلیل شده قبلی (۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷)، حتی با قوانین سختگیرانه اتحادیه اروپا، در سال ۲۰۲۰ باقیمانده آفت‌کش‌ها در غذاها افزایش یافت. دوازده غذای پرمصرف شهروندان اتحادیه اروپا حاوی آفت‌کش‌هایی با غلظت‌های بالاتر از حداکثر حد مجاز باقیمانده هستند و اینها عبارتند از هویج، گل کلم، کیوی، پیاز، پرتقال، گلابی، سیب‌زمینی، لوبیا، برنج قهوه‌ای، دانه چاودار، جگر گاو و چربی طیور. میوه‌های فراوری نشده در اتحادیه اروپا حاوی ۱۳ تا ۱۴ آفت‌کش مختلف هستند. دایمتوات، لینورون و سیپرمترین اغلب در پرتقال، تریادیمنول - در آجیل خشک؛ ایپرودیون، لینورون، دیلدین، و کلرپیریفوس متیل - در هویج، کلرپیریفوس، فیپرونیل و دی فنیل‌امین - در سیب زمینی و تیاکلوپرید - در آرد چاودار و خمیر یافت می‌شوند. هگزاکلروبنزن که بعنوان قارچ‌کش در ذخیره سازی خوراک طیور استفاده می‌شود، در نهایت در چربی طیور تجمع می‌یابد. ظاهراً انتقال آفت‌کش‌ها از خاک به محصول آسان است زیرا ذرات خاک به سطح گیاه می‌چسبند. جذب آفت‌کش نیز از طریق ریشه و از طریق بخار اتفاق می‌افتد. بنابراین دمای بالا، سرعت باد زیاد و رطوبت کم منجر به افزایش جذب آفت‌کش‌ها در گیاهان می‌شود. خطر آلودگی خاک در محصولات ریشه و سبزیجات برگ‌دار بیشتر است.

کاملیا، بادام زمینی، سویا، دانه کتان و آفتابگردان نشان داد.

آفت کش‌های ارگانوفسفره استرهای اسید فسفریک موثر بعنوان حشره کش، کنه کش و کنه کش هستند که معمولاً برای درمان دانه‌های غلات ذخیره شده استفاده می‌شوند. بطور کلی، آفت‌کش‌های ارگانوفسفره برای زنبورها، حیات وحش و انسان‌ها سمی هستند. آنها مهارکننده‌های استیل کولین استراز هستند و علائم مسمومیت عبارتند از کما، سرگیجه، حالت تهوع، سردرد، گرفتگی عضلات، تشنج، از دست دادن واکنش‌ها و حتی مرگ. باقیمانده‌های آفت‌کش‌های ارگانوفسفره را می‌توان در میوه‌ها، محصولات لبنی، غلات، زیتون و سبزیجات تشخیص داد.

پیرتروئیدها حشره‌کش‌های طبیعی هستند که از عصاره پیرتروم گل‌های داوودی بدست می‌آیند، اما مقادیر زیادی از پیرتروئیدهای مصنوعی نیز ساخته می‌شوند. آنها سمیت کمی برای پرندگان و پستانداران، سمیت بالا برای بندپایان و ماهی‌ها دارند. حدود ۳۰ درصد از میوه‌ها و ۲۵ درصد از سبزیجات در بازار چین حاوی باقیمانده‌های فیلپرونیل هستند که بیشترین غلظت آن در لیچی و کاهو برگ است. پیرتروئیدها با غلظت بیش از حداکثر حد مجاز باقیمانده در ۹ سبزی برگ مانند کلم چینی، کلم چینی بچه، پاکچوی، اسفناج، کرفس، کاهو رومی و غیره، که طی سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۹ در چین جمع‌آوری شده‌اند، شناسایی شد.

این بررسی به بررسی فعل و انفعالات ظریف بین میکروارگانیسم‌ها و مواد آفت‌کش خاص می‌پردازد. مروری دقیق بر گونه‌ها و سویه‌های میکروبی درگیر در فرآیند سم‌زدایی، طیف آنزیمی آن‌ها و قابلیت‌هایی که در تبدیل غذا به محصولی ایمن برای خوردن نقش دارند، در زیر ارائه شده است.

آفت‌کش‌ها در مواد غذایی

طیف وسیعی از آفت‌کش‌ها در بازار موجود است. بیش از ۱۲۰۰ ماده فعال برای تولید آفت‌کش‌ها ثبت شده است. آفت‌کش‌ها را می‌توان به بیش از ۱۰۰ کلاس/گروه طبقه‌بندی کرد که مهمترین و پرکاربردترین آن‌ها عبارتند از: ارگانوکلرین‌ها، ارگانوفسفره-ها، کاربامات‌ها، تریازین‌ها، پیرتروئیدها، فنوکسی آلکان و آفت‌کش‌های مبتنی بر گلايفوسیت.

آفت‌کش‌های ارگانوکلرین در محیط پایدار و بسیار پایدار هستند. هنگامیکه به بدن انسان وارد می‌شود، کلرهای ارگانیک قادر به تجمع در بافت چربی با اثرات طولانی مدت احتمالی هستند. آن‌ها همچنین بر سیستم عصبی مرکزی تأثیر می‌گذارند و خواص الکتروفیزیولوژیکی غشاها را تغییر می‌دهند. در غذا، آفت‌کش‌ها ارگانوکلرین در شیر، تخم مرغ و شیر مادر شناسایی شد. در نمونه‌های میوه و سبزیجات، مانند سبزیجات برگ‌دار (جعفری و شاهی)، آفت‌کش‌ها ارگانوکلرین از نوع هپتاکلر پایدارترین است. مطالعه دیگری بقایای آفت‌کش‌های ارگانوکلرین را در ۱۱ نوع روغن گیاهی از جمله زیتون، ذرت، کلزا،

آلودگی و گرفتگی عضلات. در غذا، کاربایل در محصولات اسفناج در مکزیک، کرزوکسیم و تیودیکرب در غده‌های سیب‌زمینی در مصر مشاهده شد.

نئونیکوتینوئیدها حشره‌کش‌های فلج‌کننده عصبی هستند که از نظر شیمیایی شبیه نیکوتین هستند، از جمله استامپیرید، کلوتیانیدین، دینوتفوران، ایمیداکلوپرید، نیتنپیرام، نیتازین، تیاکلوپرید و تیمتوکسام. این یک خانواده نسبتاً جدید از آفت‌کش‌ها است که به سرعت جایگزین استفاده از ارگانوفسفره‌ها، کاربامات‌ها، پیرترین‌ها و پیرتروئیدها شده است زیرا سمیت کمتری برای پرندگان و پستانداران دارند. با این حال، استفاده از نئونیکوتینوئیدها برای سلامت انسان و حشرات مفید (مانند زنبورها) خطرناک است. در انسان، قرار گرفتن در معرض آن منجر به آسیب عصبی می‌شود، به ویژه زمانی که در طول دوره جنینی رخ می‌دهد. منجر به اختلالات شناختی و حافظه می‌شود؛ رشد نوروها را با کاهش نوروزن مختل می‌کند. و باعث التهاب عصبی می‌شود. در غذا، غلظت بالایی از نئونیکوتینوئیدها در عسل و همچنین در جلبک‌های پرورشی، ماهی و میگو یافت شد. مقادیر کم استامپیرید، تیمتوکسام، کلوتیانیدین، ایمیداکلوپرید و تیاکلوپرید در شیر گاو، بز و گوسفند و همچنین در شیر مادر انسان یافت شد. هفت نئونیکوتینوئید در خیار، شش مورد در بادمجان و کلم، و پنج مورد در گوجه فرنگی، لوبیا قرمز، هویج، سبزی چینی و سیب‌شناسایی شد.

آفت‌کش‌های اوره مشتقات فنیل اوره (PUHs) بعنوان علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز در محصولاتی مانند لوبیا، ذرت، میوه و گندم استفاده می‌شود. در این گروه کلرتولورون پاییزی، کلرسولفورون، لینورون، دیورون، فنورون، ایزوپروتورون و بسیاری دیگر قرار دارند. آن‌ها با تغییر متابولیسم کلسیم و مورفولوژی استخوان دارای سمیت متوسطی برای انسان و حیوانات هستند. علیرغم این واقعیت که برخی از آفت‌کش‌های اوره وابسته به «لیست سیاه» ترکیبات خطرناک اتحادیه اروپا هستند، دیورون، مونورون و لینورون در غلظت‌های بالاتر از حداکثر حد مجاز باقیمانده در آبمیوه‌ها (پرتقال، توت‌فرنگی، گیلان و سیب)، ذرت، برنج، کلوچه تازه، کاهو تازه، گوجه فرنگی فرآوری شده و غیره یافت شده‌اند.

آفت‌کش‌های کاربامات، استرهای اسید کاربامیک هستند که بعنوان حشره‌کش، قارچ‌کش، علف‌کش‌های انتخابی و کنه‌کش‌ها در تولید میوه‌ها، سبزیجات، غلات یا برای تیمار بذر استفاده می‌شوند. بطور گسترده‌ای از تیوبنکارب، پروپوکسور، مولینات، دی سولفیرام، پیریدوستیگمین، متیوکارب و کاربایل استفاده می‌شود. آن‌ها همچنین بعنوان مهارکننده‌های ACE عمل می‌کنند، اگرچه عمر آن‌ها معمولاً کوتاه‌تر از آفت‌کش‌های ارگانوفسفره است. مسمومیت حاد انسان نسبتاً شایع و شدید است، با علائمی مانند برادی کاردی، تاری دید، حالت تهوع، استفراغ، سرفه، خس خس سینه، اختلال در گفتار، خواب

همچنین قارچ‌هایی از جنس‌های *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* و *Trichoderma* تعلق دارند.

اگرچه زیست پالایی قارچی آفت‌کش‌ها دارای پتانسیل قابل توجهی است، اما نسبت به پاکسازی زیستی باکتریایی توجه کمتری به آن شده است. با این حال، اکثر جدایه‌های باکتریایی خاک به دلیل ماهیت بیماریزا برای سم‌زدایی مواد غذایی قابل استفاده نیستند (جدول ۱).

تعدادی از مطالعات جامع نشان داده‌اند که سویه‌های گونه‌های مختلف باکتری‌های اسید لاکتیک دارای توانایی طبیعی برای تخریب آفت‌کش‌ها در شرایط آزمایشگاهی و کاهش مسمومیت با آفت‌کش‌ها در داخل بدن هستند. اولین مطالعات تخریب طبیعی آفت‌کش‌ها در محصولات لبنی به دلیل عملکرد میکرو فلور بومی به دهه ۱۹۶۰ با کارهای کالمن و اندروز برمی‌گردد که بقایای کلر آلی را بررسی کردند. آنها گزارش دادند که تبدیل دی‌کلرو دی‌فنیل تی‌کلرواتان توسط مخمر بیشتر به دلیل کاهش pH اتفاق می‌افتد. سپس، تخریب دی‌کلرو دی‌فنیل تی‌کلرواتان در شیر و پنیر نشان داده شد که ناشی از فعالیت استارترهای *Streptococcus thermophiles*، *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* و مخمرها بود.

سم‌زدایی میکروبی در غذاهای تخمیر شده حاوی مقادیر بالایی از آفت‌کش‌ها

تحقیقات علمی مربوط به تخریب میکروبی بقایای آفت‌کش‌ها در دهه ۱۹۴۰ زمانیکه مردم توجه بیشتری به حفاظت از محیط زیست داشتند آغاز شد. تجزیه زیستی استفاده از میکروارگانیسم‌ها یا آنزیم‌های آنها برای تجزیه و سم‌زدایی بیگانه‌بیوتیک‌ها در غذا، آب و خاک است. این روش گزینه‌ای کارآمد و ارزان برای مقابله با آلودگی آفت‌کش‌ها است. در حالت ایده‌آل، نتیجه باید کانی‌سازی/تجزیه کامل آفت‌کش به آب و دی‌اکسیدکربن بدون تجمع واسطه‌های سمی‌تر باشد. آفت‌کش‌ها می‌توانند توسط میکروارگانیسم‌ها بصورت متابولیکی تجزیه شوند. در تخریب کاتابولیت، میکروارگانیسم‌ها از آفت‌کش‌ها بعنوان منبع اصلی انرژی (بعنوان منبع کربن، نیتروژن یا فسفر) استفاده می‌کنند. تخریب همزمان متابولیک زمانی رخ می‌دهد که از آنها بعنوان منبع انرژی اولیه استفاده نشود.

کاهش باقیمانده آفت‌کش‌ها در طول تخمیر در محصولات غذایی مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است. میکروارگانیسم‌هایی که بیشترین فعالیت تخریب آفت‌کش‌ها را دارند به جنس‌های *Bacillus*، *Micrococcus*، *Arthrobacter*، *Corynebacterium*، *Flavobacterium* و *Pseudomonas* و *Rhodococcus*

دادند. با توجه به فعالیت LAB، غلظت آفت‌کش‌های ارگانوفسفره ۰/۷ – ۶/۶۴ درصد کاهش یافت. همه نه ترکیب مورد بررسی بیشتر به *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* حساس بودند که ثابت‌های سرعت تخریب خود را ۳/۱۸ – ۳/۱۳۳ درصد افزایش داد.

حداکثر کاهش کل دی‌کلرودی‌فنیل‌تی‌کلرواتان پنیر و شیر آلوده به ترتیب پس از ۸ روز، ۱۰ روز و ۷ روز برای استرپتوکوک‌ها، لاکتوباسیل‌ها و مخمرها بدست آمد. Zhou and Zhao (۲۰۱۵) اثربخشی پنج گونه مختلف باکتری اسید لاکتیک را برای حذف آفت‌کش‌های ارگانوفسفره در شیر بدون چربی نشان

جدول ۱- سویه‌های میکروبی کاهش دهنده سطح آفت‌کش‌ها در مواد غذایی

منبع	سویه	آفت‌کش	کاهش
پنیر	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> ,	آلفا- هگزاکلرو سیکلو هگزان، هگزا کلرو بنزن	50.9-37.0٪ بعد از 12 ساعت
شیر	<i>L. plantarum</i> CICC20261	دایمتوات	81.28٪ در 50 میلی گرم بر کیلوگرم به مدت 24 ساعت
شیر بدون چربی	<i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>Lc. casei</i> , <i>Lc. rhamnosus</i> , <i>S. thermophilus</i>	کلرپیریفوس، کلرپیریفوس متیل، دیازینون، دی کلرووس، فنتیون، مالاتیون، فورات	تا 64/6 درصد برای دیکلرووس با <i>L. bulgaricus</i>
کیمچی	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> WCP907, <i>Lev. brevis</i> WCP902, <i>Lp. plantarum</i> WCP931, <i>La. sakei</i> WCP904	کلرپیریفوس، کومافوس، دیازینون، پاراتیون، متیل پاراتیون	100٪ کلرپیریفوس به مدت 9 روز
کلم ترش	<i>Lp. plantarum</i> 112	λ-سیپهالوترین، مالاتیون	-
زیتون سیاه	<i>Lp. plantarum</i> 112, <i>Lp. plantarum</i> 123	دلتامترین، دی متوات، ایمیداکلوپرید	2 تا 8 درصد در مقایسه با تخمیر طبیعی پس از 60 روز در 25 تا 350 گرم در لیتر در ابتدا بیشتر است.
آرد گندم	<i>Lp. plantarum</i>	بیفتترین	42 درصد در 0.5 میلی گرم بر کیلوگرم، تنها 18 درصد در 2.5 میلی گرم بر کیلوگرم
سیلوی ذرت	<i>Lp. plantarum</i> 1.0315, <i>Lp. plantarum</i> 1.0624, <i>Lp. plantarum</i> 1.0622	کلرپیریفوس، فورات	33.4٪ برای فورات بعد از 10 هفته، اما بسیار نزدیک به تخمیر کنترل (26.2٪)
سیلوی یونجه	<i>Lp. pentosus</i> 3-27	بنا سیپرمترین	96٪ در 50 میلی گرم در لیتر به مدت 4 روز

دارای پتانسیل زیادی برای پاکسازی زیستی حشره‌کش‌های پیرتروئید در غذاهای تخمیر شده است. با این حال، به دلایل ایمنی، این امر به سختی امکانپذیر است. همچنین محققان توانایی پروبیوتیک *L. Acidophilus* برای سم‌زدایی آبمیوه سیب از دیازینون را بررسی کردند. سویه بطور موثر غلظت آفت‌کش را پس از ۷۲ ساعت کاهش داد و تمام آثار آن را پس از ۲۸ روز نگهداری در سرد از بین برد.

مکانیسم‌های مولکولی تخریب آفت‌کش‌ها

بسیاری از گونه‌های میکروبی مرتبط با تخمیر مواد غذایی می‌توانند طیف وسیعی از آفت‌کش‌ها را متابولیزه کرده و از آنها بعنوان منابع کربن و انرژی استفاده کنند. آنزیم‌های اصلی در تخریب آفت‌کش‌ها متعلق به گروه هیدرولازهای مونو استر فسفریک هستند، مانند آلکالین فسفاتاز، اسید فسفاتاز و هیدرولازهای فسفریک تری استر، بعنوان مثال، هیدرولاز ارگانوفسفره و انیدرولاز اسید ارگانوفسفره. هیدرولاز ارگانوفسفره یک آنزیم حاوی روی است که در هیدرولیز پیوندهای P-O، به میزان کمتری P-F، P-CN، و (حداقل از همه) P-S، موثرترین آنزیم است، در حالیکه انیدرولاز اسید ارگانوفسفره ۹۰ درصد شباهت با هیدرولاز ارگانوفسفره نشان می‌دهد، اما در ویژگی سوبسترا متفاوت است، و به هیچ وجه قادر به هیدرولیز پیوندهای P-S نیست.

غلظت باقیمانده آفت‌کش‌های ارگانوفسفره معمولاً در سبزیجات زیاد است. بنابراین، محصولات گیاهی تخمیر شده آلوده به آفت‌کش‌ها مانند کیمچی، کلم ترش، زیتون و خیار شور به ترتیب زیاد هستند. نقش باکتری‌های اسید لاکتیک در تخریب کلرپیریفوس در طی تخمیر کیمچی عمیقاً مورد بررسی قرار گرفت. کلرپیریفوس به سرعت در روز ۳ تخمیر (۳/۸۳ درصد) کاهش یافت و تا روز ۹ کاملاً تجزیه شد. *Dordevi'c* و همکارانش تخریب پیریمیفوس/پیریمیفوس-متیل را توسط *Lp. Plantarum* در طی تخمیر گندم بررسی کردند و ۸۱ درصد تخریب کل آفت‌کش‌های ارگانوفسفره را بدون هیچ تاثیری بر رشد باکتری یا فعالیت تخمیر مشاهده کرد. همچنین در بررسی دیگری نشان دادند که *Saccharomyces cerevisiae* می‌تواند گلایفوسیت را در طی تخمیر نان تجزیه کند، بطوریکه ۲۱ درصد از آفت‌کش در عرض ۱ ساعت تجزیه می‌شود.

تنها گزارش مربوط به سم‌زدایی میکروبی چای، گزارش *Deng* و همکارانش (۲۰۱۵) است. این مطالعه توانایی تخریب سویه *Aspergillus niger YAT* را در چای ثابت کرد. این سویه توانست ۸۳/۵۴ درصد از بتا سایپرمترین را در ۷ روز و ۱۰۰ درصد اسید ۳-فنوکسی بنزوئیک را در ۲۲ ساعت در طی تخمیر چای تجزیه کند. این نتایج نشان می‌دهد که سویه *A. niger YAT*

خصوصیات ژنتیکی و بیوشیمیایی آنزیم‌های تخریب کننده آفت‌کش‌های ارگانوفسفره باکتری‌های مواد غذایی را خلاصه می‌کند.

آلکالین فسفاتاز حاصل از *Lc. casei* 355 مشخص شده است که این توانایی را دارد در شرایط آزمایشگاهی حشره‌کش ارگانوفسفره و کنه‌کش دایمتوات (۱-۲ میلی گرم/کیلوگرم) را تقریباً در عرض چهار ساعت پس از چهار ساعت تجزیه کند که در ترکیب با تحمل وسیع آن در شرایط فیزیکی (حداقل ۷۰ درصد فعالیت در دمای ۴۲-۲۲ درجه سانتیگراد و ۵/۷-۱۰ pH)، آن را به کاندیدای برای سم‌زدایی مواد غذایی تبدیل می‌کند. تخریب قابل توجه دی متوات، کلرپیریفوس، متیل پاراتیون و تری کلفون (۵۰ تا ۸۷ درصد در ۲۴ ساعت) نیز با *Lp. plantarum* subsp. *plantarum* CICC20261. بدست آمده است. همبستگی مثبتی بین این اثر و فعالیت فسفاتاز خام محیط ایجاد شد. با این حال، جالب توجه است که تجزیه در شرایط آزمایشگاهی توسط فسفاتاز خام کمتر و یکنواخت‌تر بود حدود ۵۰ درصد برای هر چهار آفت‌کش‌های ارگانوفسفره - که مکانیسم دیگری را علاوه بر تخریب آنزیمی، احتمالاً جذب در سطح سلول یا شاید حتی جذب انتخابی، پیشنهاد می‌کند.

کاربامات‌ها و پیرتروئیدها با آفت‌کش‌های ارگانوفسفره یک پیوند استری در ساختار خود دارند که می‌تواند توسط استرازاها هیدرولیز شود. حداقل ۳۰ استراز با فعالیت تخریب آفت‌کش تایید شده از گیاهان، حیوانات و باکتری‌ها جدا شده است، اما تعداد بسیار کمی از آن‌ها متعلق به گونه‌های باکتری‌های اسید لاکتیک هستند که بطور سنتی در تهیه غذاهای تخمیر شده دخیل هستند. اولین و مهمترین مرحله در تخریب آفت‌کش‌های ارگانوفسفره هیدرولیز پیوند فسفواستریک (P-O-C) یا فسفوتیستریک (P-S-C) است. سه تا از رایج ترین آفت‌کش‌های ارگانوفسفره، پاراتیون، دیازینون و کلرپیریفوس، همگی یک پیوند P-O-C مشترک دارند. که به دی اتیل تیوفسفریک اسید (DETP)، p-نیتروفنول، ۲-ایزوپروپیل-۴-متیل-۶-هیدروکسی پیریمیدین (IMP) و ۳،۵،۶-تری کلرو-۲ پیریدینول (TCP)، به ترتیب هیدرولیز می‌شود.

TCP و DETP در طبیعت سمی و پایدار هستند. TCP با چندین اثر مضر از جمله کاهش سطح تستوسترون در مردان مرتبط است، در حالیکه نشان داده شده است DETP تأثیر منفی بر هورمون‌های جنسی در زنان دارد. TCP دارای فعالیت ضد-میکروبی است که از رشد میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده کلرپیریفوس جلوگیری می‌کند. جدول ۲ داده‌های فعلی مربوط به

توسط باکتری‌های پروبیوتیک بطور کامل فاقد هرگونه تحقیق در مورد مکانیسم‌های مولکولی است. گاهی اوقات وجود یک استراز یا یک آلکالین فسفاتاز تنها پیشنهاد نمی‌شود، بنابراین دستاوردهای چشمگیر در سم‌زدایی آفت‌کش‌ها اساساً ناقص باقی می‌ماند.

فعالیت فسفاتاز در سطح عصاره خام نیز در تجزیه دی‌متوات توسط *Lp. plantarum* subsp. *plantarum* CICC20261. شیر تایید شده است. که پنج محصول با سمیت کمتر تخمین زده شده مانند امتوات و تری متیل فسفودی‌تیوات را به همراه داشت. طرح تجربی در تعدادی از مطالعات مربوط به تخریب آفت‌کش‌های ارگانوفسفره

جدول ۲- هیدرولیز آنزیمی آفت‌کش‌های ارگانوفسفره

آفت‌کش	سویه	آنزیم	ژن	پروتئین
	<i>Lev. brevis</i> WCP902	ارگانوفسفات هیدرولاز	<i>opdB</i> 723 bp	240 AA 27 kDa
	<i>La. sakei</i> WCP904	ارگانوفسفات هیدرولاز	<i>opdD</i> 825 bp	274 AA 31 kDa
کلرپیریفوس، متیل پاراتیون، پاراتیون، کومافوس، دیازینون	<i>Leuc. mesenteroides</i> WCP307	ارگانوفسفات هیدرولاز	<i>opdA</i> 930 bp	309 AA 35 kDa
	<i>Leuc. mesenteroides</i> WCP307	ارگانوفسفات هیدرولاز	<i>opdE</i> 894 bp	297 AA 33 kDa
	<i>Lp. plantarum</i> WCP931, <i>Leuc. mesenteroides</i> WCP907, <i>Lev. brevis</i> WCP902, <i>La. sakei</i> WCP904	استراز	-	-
پاراتیون، متیل پاراتیون، کلرپیریفوس	<i>Lp. plantarum</i> WCP931	ارگانوفسفات هیدرولاز	<i>opdC</i> 831 bp	276 AA 31 kDa
کلرپیریفوس	<i>Lc. casei</i> WYS3	ارگانوفسفات هیدرولاز	<i>opda</i>	-
	<i>Lc. casei</i> 355	آلکالین فسفاتاز (خالص شده)	-	43 kDa
دایمتوات	<i>Lp. plantarum</i> CICC20261	فسفاتاز	-	-

زیستی سایر آفت‌کش‌ها ممکن است حوزه‌ای هیجان انگیز برای تحقیقات آینده باشد.

چشم انداز در سم زدایی مواد غذایی تخمیر شده

آفت‌کش‌ها تهدیدی برای سلامت انسان در وسعت جهانی هستند. بعنوان مثال، کلرپیریفوس در میوه‌ها و سبزیجات در سراسر جهان یافت می‌شود. برخی از غذاهای تخمیر شده را می‌توان به لطف فعالیت میکرو فلور باکتریایی موجود از آفت‌کش‌ها سم زدایی کرد. باکتری‌های اسید لاکتیک به‌خاطر فعالیت آنتاگونیستی خود در برابر بیماری‌های ناشی از قارچ‌ها شناخته می‌شوند. در این موارد، رویکرد بیولوژیکی باید به روش‌های شیمیایی برای حذف آفت‌کش‌ها ترجیح داده شود. از سوی دیگر، انتخاب سویه‌هایی با پتانسیل سم‌زدایی می‌تواند در زیستگاه‌های طبیعی رخ دهد. بعنوان مثال، باکتری‌های اسید لاکتیک جدا شده از روده زنبورهای در معرض آفت‌کش‌های مانند کلرپیریفوس، کومافوس، و ایمیداکلوپرید قادر به اتصال و خنثی کردن آن‌ها در شرایط آزمایشگاهی نیز می‌باشد. غذاهای فراسودمند غنی از پروبیوتیک باکتری اسید لاکتیک پتانسیل مبارزه با آفت‌کش‌های تصادفی در دستگاه گوارش را، با تخریب یا جذب همانطور که قبلاً بحث شد، یا بطور غیرمستقیم با خنثی کردن اثرات نامطلوب آفت‌کش‌ها دارند.

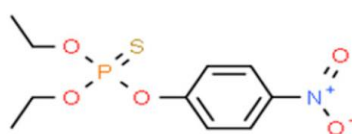
گاهی اوقات یک اثر نامطلوب (بعنوان مثال، کاهش سرعت تخریب) مشاهده می‌شود، بعنوان مثال، زمانی که *Lp. plantarum 112* بعنوان آغازگر در تخمیر کلم ترش اضافه می‌شود، اما باز هم هیچ مکانیزمی پیشنهاد نشده است. جذب آفت‌کش برای *Lc. casei WYS3* و *Lc. rhamnosus* گزارش شده است. هر دو گونه باکتری اسید لاکتیک توانایی جداسازی کلرپیریفوس از محیط را نشان دادند. در هر دو مطالعه، جذب روی سطح سلول به نوعی با مکانیسم تجزیه آنزیمی مطالعه شده بهتر و قوی‌تر مرتبط بود. در مورد *Lc. casei WYS3* محصولات هیدرولیز توسط GC-MS شناسایی شدند و تنظیم مثبت ژن *opd* در حضور کلرپیریفوس توسط RT-PCR تایید شد. بطور قابل توجهی، *Lc. casei WYS3* در حذف کلرپیریفوس نسبتاً موفق‌تر بود. در مقایسه با تجزیه آنزیمی، جذب آفت‌کش‌ها روشی کمتر مؤثر برای سم‌زدایی است و به نظر می‌رسد کمتر احتمال دارد که پیشرفت‌های علمی در آینده ایجاد کند. تخریب میکروبی آفت‌کش‌های ارگانیکلر، کاربامات‌ها و نئونیکوتینوئیدها بطور گسترده برای دهه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. تعدادی از گونه‌های باکتری جدا شده از خاک و آب در این فرآیند نقش دارند. با این حال، هنوز هیچ پروبیوتیکی از غذاهای تخمیر شده در میان آن‌ها وجود ندارد. با توجه به نتایج قابل توجهی که با چنین باکتری‌هایی در تجزیه ارگانوفسفرها بدست آمده است، کاربرد آن‌ها برای تجزیه

کش از کلاس رایانوئید) افزایش می یابد. نرخ بقای بالا (۷۰-۷۵ درصد) در شیرهای شبیه سازی شده معده و روده نیز این سویه را به کاندیدای مناسب برای مبارزه با اثرات نامطلوب آفت کش های بلعیده شده تبدیل می کند. با این حال، باید توجه داشت که هم توانایی مهار پراکسیداسیون لیپیدی و هم از بین بردن رادیکال های هیدروکسیل در حضور آفت کش ها اندکی (۵ تا ۱۰ درصد) افزایش یافته است.

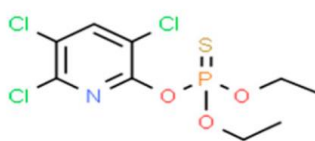
بسیاری از لاکتوباسیل ها دارای خواص آنتی اکسیدانی قوی هستند و ممکن است بتوانند استرس اکسیداتیو و آسیب ناشی از قرار گرفتن در معرض مزمن با آفت کش های ارگانوفسفره را کاهش دهند.

مطالعه ای اخیر نشان داد که ظرفیت آنتی اکسیدانی *Lp. plantarum Pb3* در حضور کلرپیریفوس، ایمیداکلوپرید (یک نئونیکوتینوئید) و کلرانترانیلیپرول (حشره

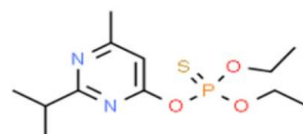
نمایی از مکانیسم های شناخته شده تجزیه آفت کش های ارگانوفسفره توسط باکتری های غذایی



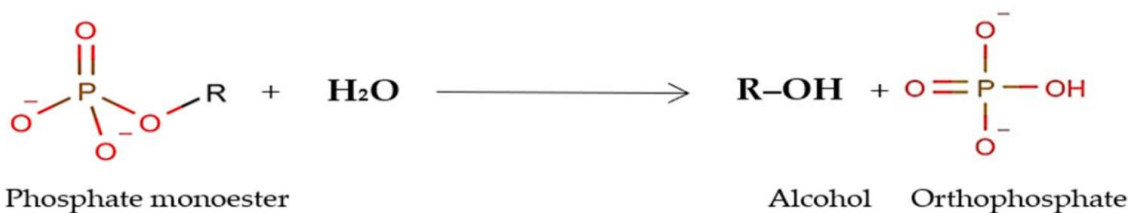
Parathion



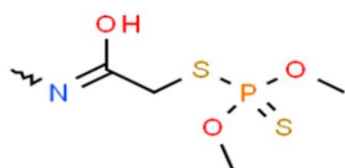
Chlorpyrifos



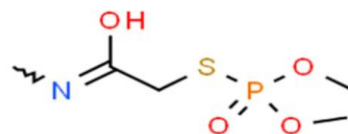
Diazinon



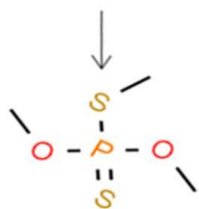
(a)



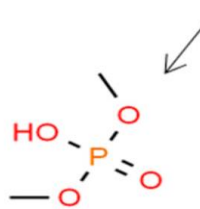
Dimethoate



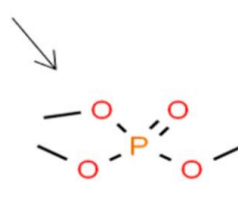
Omethoate



Trimethyl phosphodithioate



Dimethyl phosphate



Trimethyl phosphate

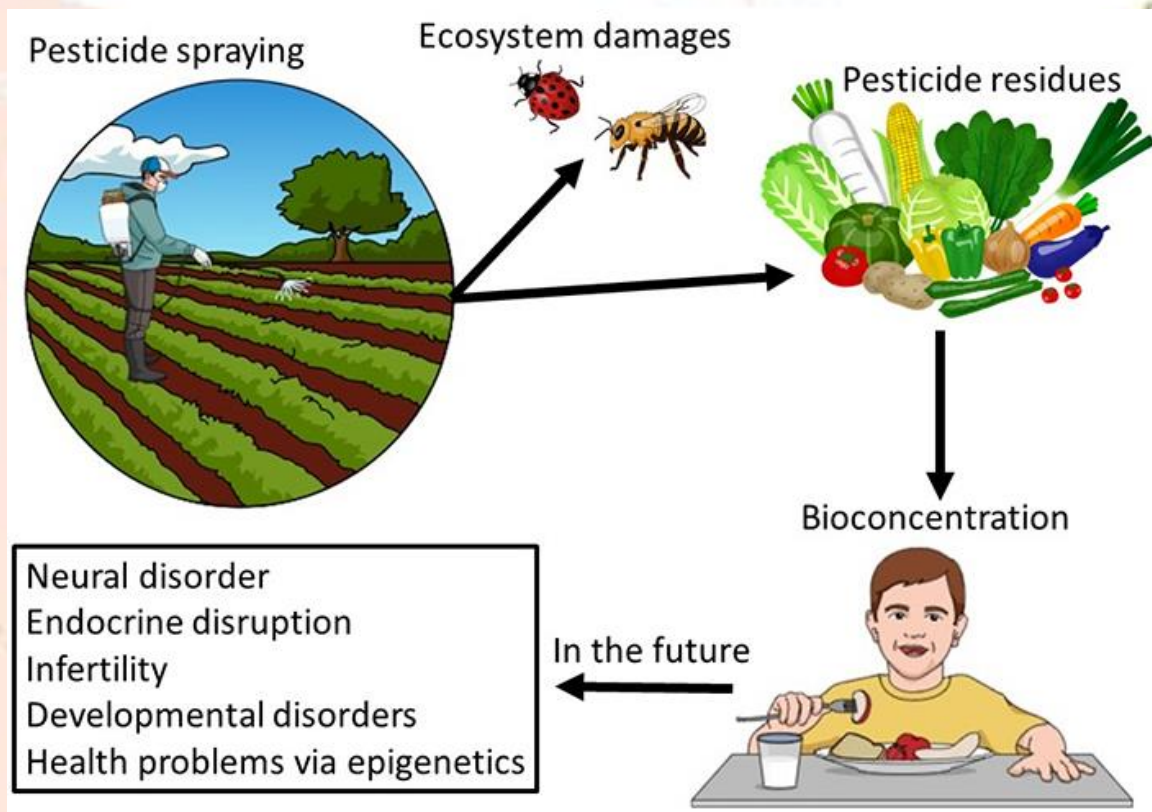
(b)

امیدوارکننده، تخمیر توسط میکرو فلور طبیعی در غذاها یا با سویه‌های پروبیوتیکی که بطور هدفمند اضافه شده است، می‌باشد. مکانیسم‌های سم‌زدایی شامل هیدرولیز آنزیمی یا اکسیداسیون آفت‌کش‌ها است که به محصولات کمتر سمی تجزیه می‌شوند و متابولیت‌های واسطه در برخی از مقالات علمی با تجزیه و تحلیل با روش‌های تحلیلی مختلف نشان داده شده‌اند. با این حال، در بیشتر موارد، مسیر متابولیکی دقیق تخریب توسط سویه‌های موجود در غذا مشخص نشده است و به تحقیقات بیشتری در آینده نیاز دارد. کاربرد سم‌زدایی موادغذایی میکروبی در کشورهای کمتر توسعه یافته که کنترل بقایای آفت‌کش‌ها ضعیف‌تر است از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

تأثیر غیرمستقیم دیگر توانایی بسیاری از گونه‌های باکتری‌های اسید لاکتیک برای تقویت عملکرد سد روده و در نتیجه جلوگیری از جذب آفت‌کش‌ها است. این تنها یکی از اثرات مفید متعدد باکتری‌های اسید لاکتیک بر سلامت روده است که با شواهد بزرگ و رو به رشدی پشتیبانی می‌شود.

نتیجه‌گیری

اگرچه آفت‌کش‌ها عوامل شیمیایی ضروری هستند که بطور گسترده در کشاورزی برای افزایش عملکرد محصولات کلیدی برای تغذیه انسان و کنترل آفات مورد استفاده قرار می‌گیرند، مقادیر قابل توجهی از آنها در غذاهای با منشأ گیاهی و حیوانی یافت می‌شود. علاوه بر روش‌های سم‌زدایی فیزیکی، یک رویکرد بسیار موفق و



بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در صنایع غذایی

الهه زارع^۱، مریم معصومی^۱

۱-دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی

چکیده

از طرق مختلف دارد، از جمله اما نه محدود به کشاورزی دقیق، نظارت بر محصولات، تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌کننده، بهینه‌سازی زنجیره تامین، فرآوری مواد غذایی، کنترل کیفیت، تغذیه شخصی‌شده و ایمنی مواد غذایی. این بررسی بر این نکته تأکید می‌کند که چگونه پیشرفت‌های اخیر در فناوری هوش مصنوعی، بخش کشاورزی و مواد غذایی را با بهبود کارایی، کاهش ضایعات، و افزایش ایمنی و کیفیت مواد غذایی متحول کرده است و مثال‌هایی خاص ارائه می‌کند.

هوش مصنوعی شامل توسعه الگوریتم‌ها و مدل‌های محاسباتی است که ماشین‌ها را قادر می‌سازد تا مقادیر زیادی از داده‌ها را پردازش و تجزیه و تحلیل کنند، الگوها و روابط را شناسایی کنند و بر اساس آن تحلیل پیش‌بینی یا تصمیم بگیرند. هوش مصنوعی بطور فزاینده‌ای در طیف گسترده‌ای از صنایع و بخش‌ها فراگیر شده است، از جمله مراقبت‌های بهداشتی، مالی، حمل‌ونقل، تولید، خرده‌فروشی، آموزش و کشاورزی نمونه‌هایی هستند که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد. همانطور که فناوری هوش مصنوعی به پیشرفت خود ادامه می‌دهد، انتظار می‌رود در آینده تأثیر بیشتری بر صنایع داشته باشد. بعنوان مثال، هوش مصنوعی بطور فزاینده‌ای در بخش کشاورزی و مواد غذایی برای بهبود بهره‌وری، کارایی و پایداری استفاده می‌شود. این پتانسیل ایجاد انقلابی در بخش غذایی



مقدمه

زبان طبیعی، بینایی کامپیوتر، روباتیک و محاسبات شناختی. چندین الگوریتم وجود دارد، بعنوان مثال، یادگیری تقویتی، هوش ازدحامی، علوم شناختی، سیستم خبره، منطق فازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و برنامه نویسی منطقی، که می‌توانند در فناوری هوش مصنوعی استفاده شوند. هر یک از این الگوریتم‌ها مزایا و محدودیت‌های منحصر به فرد خود را دارند و انتخاب الگوریتم به وظیفه یا مشکل خاصی بستگی دارد. هوش مصنوعی در طیف وسیعی از کاربردها مانند تشخیص گفتار، تجزیه و تحلیل تصویر و ویدیو ماشین خودران، تشخیص پزشکی، پیش‌بینی مالی و بسیاری موارد دیگر استفاده می‌شود. مانند هر صنعت دیگری، هوش مصنوعی می‌تواند در بخش کشاورزی و مواد غذایی برای بهبود کارایی و توسعه محصولات جدید و مغذی‌تر، کاهش ضایعات و اطمینان از ایمنی استفاده شود. هوش مصنوعی می‌تواند برای بهینه‌سازی عملکرد محصول و بهبود توزیع و تدارکات استفاده شود.

در کشاورزی دقیق، هوش مصنوعی می‌تواند برای تجزیه و تحلیل داده‌های حسگرها، پهبادهای و ماهواره‌ها برای بهینه‌سازی شیوه‌های کشاورزی، مانند آبیاری، کوددهی و مدیریت آفات استفاده شود. الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند الگوهای آب و هوا، شرایط خاک و داده‌های تاریخی را برای پیش‌بینی عملکرد محصول و تقاضای بازار تجزیه و تحلیل کنند.

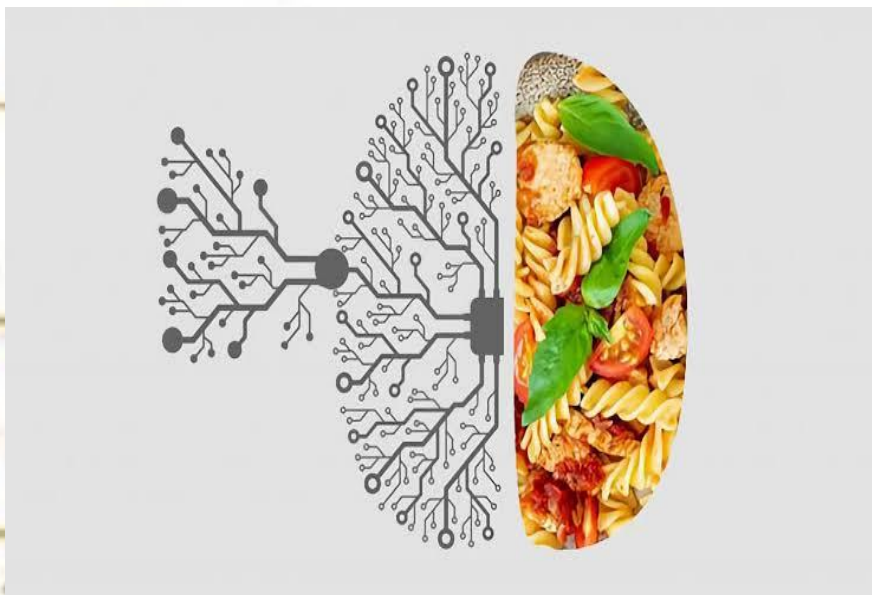
جمعیت جهان به سرعت در حال رشد است و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۷/۹ میلیارد نفر برسد. در نتیجه، نگرانی فزاینده‌ای در مورد چگونگی پاسخگویی به تقاضای فزاینده برای غذا و در عین حال تضمین امنیت غذایی و پایداری وجود دارد. در این راستا، استفاده از کاربردهای هوش مصنوعی در بخش کشاورزی، پتانسیل ایجاد انقلابی در صنعت و افزایش پایداری از طرق مختلف را دارد. می‌تواند به کشاورزان، تولیدکنندگان مواد غذایی و توزیع کنندگان کمک کند تا تصمیمات آگاهانه‌تری بگیرند، کارایی را بهبود بخشند، ضایعات را کاهش و امنیت و پایداری غذایی را بهبود بخشند. هربرت سایمون، اقتصاددان برنده جایزه نوبل در سال ۱۹۶۵ گفت: ماشین‌ها قادر خواهند بود هر کاری را که یک انسان می‌تواند انجام دهد، انجام دهد. دیدگاه رویایی او امروز از طریق دستاوردهای قابل توجهی که از طریق برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی رخ داده است، محقق شده است.

هوش مصنوعی به توانایی ماشین‌ها یا برنامه‌های رایانه‌ای برای انجام وظایفی اشاره دارد که معمولاً به هوش انسانی نیاز دارند، مانند یادگیری، استدلال، حل مسئله و تصمیم‌گیری. زیرشاخه‌های مختلفی از هوش مصنوعی وجود دارد، از جمله یادگیری ماشینی، یادگیری عمیق، پردازش

محصولات غذایی و کاهش ضایعات کمک کند. هوش مصنوعی می‌تواند برای نظارت بر ایمنی مواد غذایی با تجزیه و تحلیل داده‌های حسگرها و دوربین‌ها برای شناسایی آلاینده‌های بالقوه یا سایر خطرات استفاده شود. این می‌تواند به پیشگیری از بیماری‌های ناشی از غذا و بهبود سلامت عمومی کمک کند. علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند برای تجزیه و تحلیل داده‌های فردی مصرف‌کننده، مانند سن، جنسیت و سطح فعالیت، برای ارائه توصیه‌های تغذیه‌ای شخصی‌شده استفاده شود. این می‌تواند به مصرف‌کنندگان کمک کند تا انتخاب‌های آگاهانه‌تری در مورد رژیم غذایی خود داشته باشند و سلامت کلی خود را بهبود بخشند. در حالیکه این مطالعات بینش‌های ارزشمندی را در مورد کاربردهای هوش مصنوعی در بخش کشاورزی و مواد غذایی ارائه می‌دهند، بازبینی دقیقی برای درک پیشرفت‌های فعلی فناوری هوش مصنوعی در بخش کشاورزی و مواد غذایی مورد نیاز است.

این می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا برنامه‌های کاشت و برداشت خود را برنامه‌ریزی کنند و استراتژی‌های قیمت‌گذاری خود را بهینه کنند. در طول بهینه‌سازی زنجیره تامین، هوش مصنوعی می‌تواند با پیش‌بینی تقاضا، بهینه‌سازی لجستیک و کاهش ضایعات به ساده‌سازی زنجیره تامین کمک کند. برای مثال، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند برای پیش‌بینی زمان بهینه برای برداشت محصولات و مسیریابی کامیون‌ها و بهینه‌سازی سطوح موجودی استفاده شوند.

در صنعت فرآوری مواد غذایی، هوش مصنوعی می‌تواند برای بهینه‌سازی عملیات فرآوری مواد غذایی، مانند سورتینگ و درجه‌بندی، و شناسایی عیوب یا آلاینده‌ها در محصولات غذایی استفاده شود. همچنین می‌توان از هوش مصنوعی برای شناسایی و دسته‌بندی میوه‌ها و سبزیجات بر اساس اندازه، رنگ و سایر ویژگی‌ها استفاده کرد. این می‌تواند به بهبود کیفیت و قوام



نقش هوش مصنوعی در فرآوری مواد غذایی

فناوری‌های هوش مصنوعی و یادگیری عمیق بطور فزاینده‌ای در صنعت فراوری مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این فناوری‌ها به بهینه‌سازی فرآیندهای مختلف و بهبود کارایی کلی و کنترل کیفیت کمک می‌کنند. قابلیت‌های سیستم‌های هوشمند در کارهای مختلف، مانند بسته‌بندی هوشمند مواد غذایی، سورتینگ محصول، تشخیص جسم خارجی، توسعه محصولات غذایی جدید، تمیز کردن تجهیزات و مدیریت زنجیره تامین، همراه با تجهیزات و محصولات توسعه‌یافته توسط فناوری‌های هوش مصنوعی مختلف مشخص می‌شوند.

بسته‌بندی هوشمند مواد غذایی: بسته‌بندی مناسب محصولات غذایی از جمله وظایف چالش برانگیز و فرآیندهای زمان بر در بخش‌های تولیدی صنایع غذایی است. بسته‌بندی مواد غذایی چهار نقش حیاتی محافظت از غذا، نمایش محصول، بهداشت و قابلیت حمل و نقل دارد. این ماده غذایی را از آسیب ناشی از دلایل بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیولوژیکی در طول سیستم لجستیک کامل غذا محافظت می‌کند. ظاهر بصری بسته به مصرف کنندگان کمک می‌کند تا در مورد کیفیت غذا قضاوت کنند و اولین برداشت در مورد محصول است. بنابراین، بسته‌بندی موثر بخش اساسی از بخش تولید مواد غذایی است. هوش مصنوعی و یادگیری ماشین

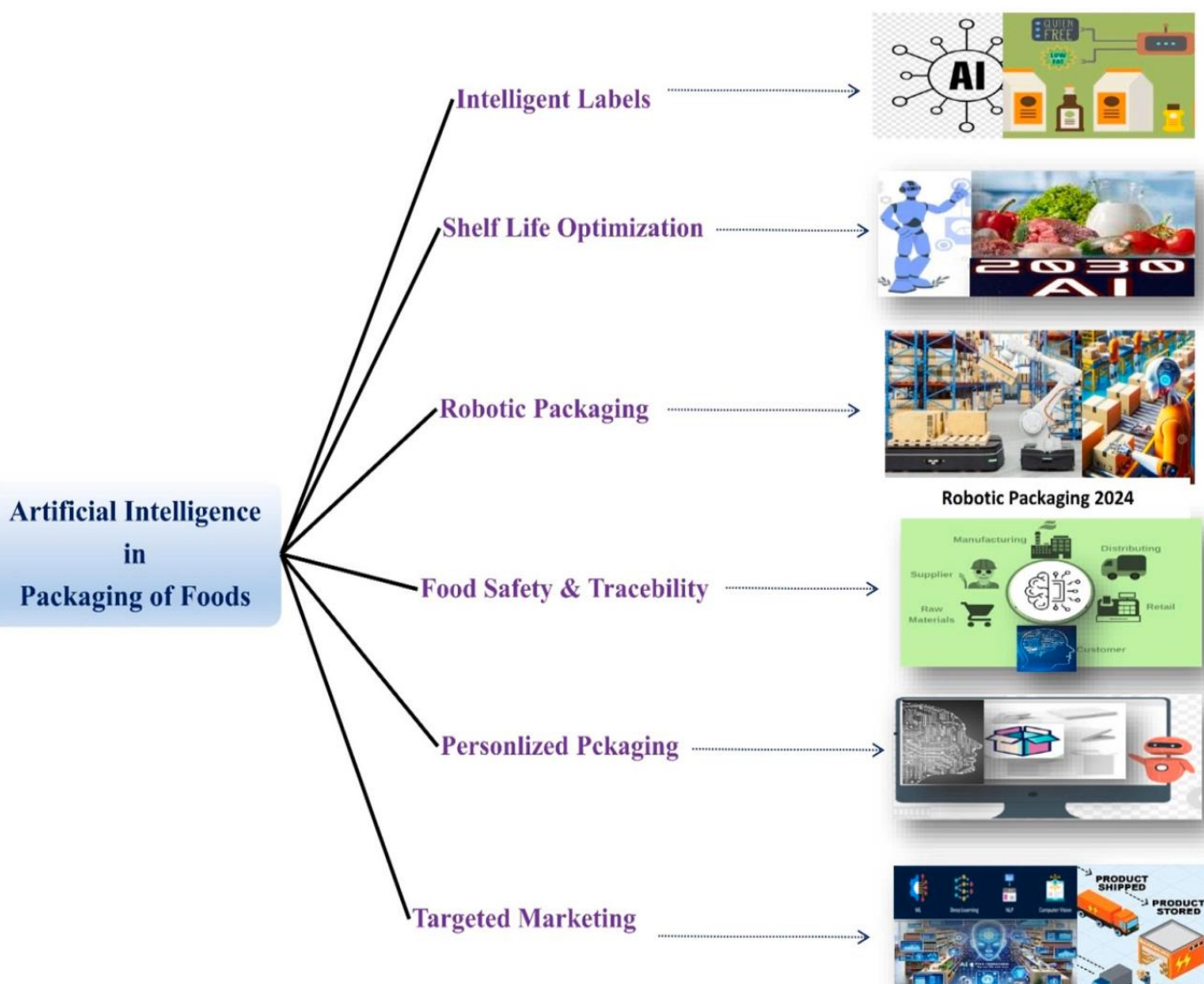
بطور فزاینده‌ای در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی برای بهبود طراحی، تولید و عملکرد مواد بسته‌بندی استفاده می‌شوند. فناوری‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی برای بهبود طراحی بسته‌بندی استفاده می‌شوند. (Liu ۲۰۲۲)، یک مدل طراحی بسته بندی را بر اساس شبکه‌های متخاصم مولد کانولوشن عمیق (DCGAN) اعمال کرد. یک تصویر طراحی بسته‌بندی را می‌توان با استفاده از فناوری ارتباط بصری بهبود بخشید و در نتیجه توانایی ارتباط بصری بهتر، درجه بالاتری از ادغام اطلاعات تصویر و جلوه طراحی بسته‌بندی را بهبود بخشید. با این حال، توسعه سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی به دلیل ناهماهنگی در شکل، رنگ و اندازه، یک کار خسته کننده در بخش میوه‌ها و سبزیجات است. بنابراین، مقدار زیادی از داده‌ها برای آموزش صحیح سیستم و انجام کار به شیوه‌ای ساختاریافته مورد نیاز است.

ابزارهای هوشمند مانند رباتیک و هواپیماهای بدون سرنشین نیز می‌توانند نقش مهمی در کاهش هزینه بسته‌بندی بطور قابل توجهی ایفا کنند. بعنوان مثال، رباتیک می‌تواند برای خودکارسازی فرآیند بسته‌بندی، کاهش نیاز به نیروی کار انسانی و بهبود سرعت و کارایی فرآیند استفاده شود. از ربات‌ها می‌توان برای دسته بندی و بازرسی محصولات غذایی استفاده کرد تا از بسته بندی مناسب و رعایت استانداردهای کیفیت اطمینان حاصل شود.

مختلفی مانند فناوری لیزر، سیستم‌های اشعه ایکس، دوربین‌های با وضوح بالا و طیف‌سنجی فروسرخ را برای ارزیابی پارامترهای محصولات در سطح ورودی ترکیب کنند. این فناوری‌ها می‌توانند به شناسایی عیوب، آلاینده‌ها و ناهماهنگی‌ها در محصولات کمک کنند، تصمیم‌گیری هوشمندانه و بهبود کیفیت کلی محصولات را ممکن می‌سازند. با این حال، همگنی ناسازگار محصول می‌تواند یک اشکال عمده برای روش‌های سورتینگ باشد که بر ارزیابی سطح ورودی متکی هستند.

از رباتیک می‌توان برای مدیریت موجودی استفاده کرد و اطمینان حاصل کرد که مواد بسته‌بندی در صورت نیاز در دسترس هستند و خطر کمبود یا موجودی اضافی را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، از پهپادها می‌توان برای تحویل مستقیم محصولات غذایی به مصرف‌کنندگان استفاده کرد و نیاز به بسته‌بندی و حمل و نقل را کاهش داد.

سورتینگ محصول: سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند فناوری‌های



اندازی محصولات جدید مفید است. با تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط سیستم، ماژول مبتنی بر یادگیری ماشین می‌تواند به این سؤال پاسخ دهد که «مصرف‌کنندگان دقیقاً به دنبال چه چیزی هستند» و تصمیمات مناسبی اتخاذ کند. یکی از شرکت‌های دستگاه‌های فروش خودکار را در سراسر ایالات متحده برای تحویل نوشابه نصب کرده است و مصرف‌کنندگان هزاران گزینه برای انتخاب طعم‌های مورد علاقه خود دارند.

اطلاعات ذخیره شده توسط ماشین می‌تواند توسط ماژول یادگیری ماشین و الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای توسعه محصول جدید تجزیه و تحلیل شود. یکی از این نمونه‌ها Cherry Sprite است که توسط این شرکت راه اندازی شده است. همچنین پیشنهاد شده است که در دهه‌های آینده، بسیاری از صنایع غذایی از سیستم تصمیم‌گیری مبتنی بر یادگیری ماشین برای راه اندازی محصولات غذایی جدید بهره‌مند شوند. یک شرکت بیوتکنولوژی اولین پتید زیست فعال جهان را از طریق فناوری هوش مصنوعی راه اندازی کرده است. یک ماده غذایی ورزشی یک شبکه پتیدی منحصر به فرد مشتق شده از پروتئین برنج برای کاهش التهاب از طریق تعدیل پاسخ‌های سیتوکین و برای بهبود فعالیت ایمنی است. این شرکت اولین شرکت در جهان است که پتانسیل هوش مصنوعی را در بهبود سلامت انسان نشان می‌دهد.

محصولات ناهمگن ممکن است منجر به تصمیم‌گیری‌های نادرست در سورتینگ شود که منجر به افزایش ضایعات یا کاهش کیفیت محصول می‌شود. برای غلبه بر این چالش، برخی از سیستم‌های سورتینگ از چندین حسگر یا فناوری برای ارزیابی کیفیت محصول و شناسایی عیوب از دیدگاه‌های مختلف استفاده می‌کنند. علاوه بر این، الگوریتم‌های یادگیری ماشین را می‌توان برای تشخیص الگوها و تغییرات در ویژگی‌های محصول آموزش داد که به بهبود دقت و ثبات در تصمیم‌گیری‌ها کمک می‌کند. در صنعت فرآوری سیب، یادگیری عمیق، زیرمجموعه یادگیری ماشین و زیر شاخه هوش مصنوعی به دسته‌بندی سیب‌ها با کمک مجموعه داده‌ها از طریق تشخیص الگو و تصمیم‌گیری کمک می‌کند. بطور مشابه، شبکه عصبی کانولوشن عمیق با پشتیبانی از CVS به شناسایی نوع سیب کمک می‌کند. مدل یادگیری عمیق توسط داده‌های پردازش تصویر، تشخیص سیب و طبقه‌بندی رسیده بودن پردازش شد. طبقه‌بندی‌کننده‌ها می‌توانند بهترین نتیجه را، یعنی طبقه رسیده بودن یک سیب از یک تصویر دیجیتال داده شده بدست آورند.

توسعه محصولات غذایی جدید: از آنجاییکه توسعه محصول جدید در صنایع غذایی کاملاً بر دیدگاه مصرف‌کننده متکی است، داده‌های جمع‌آوری شده توسط سیستم‌های مختلف تصمیم‌گیری در راه

فناوری هوش مصنوعی است.

SOCIP از روش‌های تصویربرداری حسگر اولتراسونیک و روش‌های فلورسانس نوری برای ارزیابی تعداد ذرات غذا و بقایای میکروبی موجود در داخل تجهیزات استفاده می‌کند. سیستم SOCIP با استفاده از حسگرهایی برای اسکن داخل تجهیزات و ایجاد تصویری بی‌درنگ از سطح کار می‌کند. سپس از این اطلاعات برای تعیین میزان تمیز کردن لازم برای دستیابی به سطح مطلوب تمیزی استفاده می‌شود.

مدیریت زنجیره تامین تقاضا: در حال حاضر، صنایع غذایی نگران سیاست‌های ایمنی مواد غذایی هستند که برای اجرای شفاف کلیه فعالیت‌های لجستیکی غذایی ضروری است. برای نظارت بر هر مرحله از فرآیند، بعنوان مثال، از تنظیم هزینه تا مدیریت منابع، هوش مصنوعی استفاده می‌شود. یک شرکت راه حل‌های یکپارچه مجهز به هوش مصنوعی را برای صنعت خرده فروشی ارائه می‌دهد. راه حل‌های آن‌ها می‌تواند به بهینه‌سازی جنبه‌های مختلف عملیات خرده فروشی، از جمله حمل و نقل، صورتحساب، مدیریت منابع و کنترل موجودی کمک کند. این سیستم می‌تواند صنعت خرده فروشی را با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی بسته‌بندی و بهبود عمر مفید بهبود بخشد.

یکی دیگر از شرکت‌های فناوری مبتنی بر اینترنت اشیاء مستقر در ایالات متحده، «کنک آشپزی خانگی» با هوش مصنوعی را معرفی کرده است، یک برنامه وب و موبایل که با دستیار آشپزخانه هوشمند Hello Egg ادغام می‌شود تا نیازهای آشپزخانه را کاملاً خودکار کند. دستیار خانگی از طریق فناوری صوتی نیرو می‌گیرد تا یک برنامه غذایی را بر اساس ترجیحات یک فرد توصیه کند. این همچنین می‌تواند انبار را مدیریت کند، سبد خرید را دسته‌بندی کند، دستورالعمل‌های ویدیویی را به نمایش بگذارد، و در تحویل مواد غذایی کمک کند

تمیز کردن و نگهداری تجهیزات: قطعات ماشین آلات و ابزارهای فرآوری مورد استفاده در صنایع تبدیلی مواد غذایی برای نگهداری مناسب باید بطور مرتب تمیز شوند. سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، مانند سیستم‌های Cleaning in place (CIP) و Clean-out-of-place (COP) به صنایع غذایی کمک می‌کنند تا از بهداشت اطمینان حاصل کنند و کیفیت محصول را در استانداردهای بالا حفظ کنند. برای اجرای آن دوربین‌ها و سنسورهای مختلفی برای انجام وظایف نصب شده است. در حال حاضر، یک شرکت اروپایی متخصص در ارائه راه حل‌های تمیز کردن، SOCIP را معرفی کرده است. این سیستم Self-Optimizing-Clean-In-Place برای بهینه‌سازی مستقل فرآیند تمیز کردن تجهیزات تولید مواد غذایی با استفاده از

در هزینه و سودآوری بالا بلکه برای بهبود کیفیت کلی استفاده می‌شود. هوش مصنوعی، همراه با علم داده، پتانسیل بهبود کیفیت غذا و خدمات ارائه شده توسط کافه‌ها، رستوران‌ها، سیستم‌های تحویل آنلاین غذا و فروشگاه‌های مواد غذایی را دارد که منجر به افزایش فروش، سودآوری و رضایت مشتری می‌شود. با تجزیه و تحلیل داده‌ها و اعمال الگوریتم‌ها، هوش مصنوعی می‌تواند به بهبود پیش‌بینی فروش، بهینه‌سازی منو، توصیه‌های شخصی و بهینه‌سازی زنجیره تامین کمک کند. هوش مصنوعی سهم قابل توجهی در جنبه‌های مختلف صنایع غذایی داشته است و این مشارکت‌ها را می‌توان بطور کلی به سه دسته اصلی، مدیریت کیفیت غذا، مدیریت امنیت غذایی و مدیریت ضایعات غذایی طبقه‌بندی کرد.

هوش مصنوعی می‌تواند برای تجزیه و تحلیل مقادیر زیادی از داده‌های فرآیندهای تولید لبنیات برای شناسایی الگوها و پیش‌بینی‌هایی استفاده شود که می‌تواند تولید را بهینه و کیفیت محصول را بهبود بخشد. با استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی، مانند منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی، تولیدکنندگان لبنیات می‌توانند پیش‌بینی‌های دقیق‌تری داشته باشند و فرآیندهای خود را بر اساس آن تنظیم کنند و منجر به تولید کارآمدتر و با کیفیت‌تر شوند.

با تجزیه و تحلیل داده‌ها در مورد ویژگی‌های محصول، شرایط محیطی و سایر عوامل، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند به شناسایی مواد بسته‌بندی بهینه و طرح‌ها برای بهبود کیفیت محصول و افزایش عمر مفید کمک کنند. علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند با ایجاد شفافیت و دید بیشتر در فرآیند تدارکات و زنجیره تامین، به بهبود ایمنی مواد غذایی کمک کند. با ردیابی محصولات از مزرعه تا میز، خرده‌فروشان می‌توانند مسائل بالقوه ایمنی مواد غذایی را قبل از تبدیل شدن به یک مشکل شناسایی و برطرف کنند. نیاز به مشارکت‌های بیشتری وجود خواهد داشت که از منابع داده‌های متنوعی استفاده می‌کنند تا هدف یک زنجیره تامین محصولات کشاورزی گسترده که شامل سهامداران بیشتر و کل طول عمر زنجیره تامین باشد، محقق شود. علاوه بر این، برای تکمیل حلقه در محصولات کشاورزی پایدار، پشتیبانی گسترده هوش مصنوعی برای محصولات کشاورزی نیاز به افزایش استفاده از اطلاعات زمینه‌ای، مصرف مواد غذایی و کاهش ضایعات غذایی دارد.

نقش هوش مصنوعی در کیفیت غذا و ایمنی مواد غذایی

قابلیت‌های هوش مصنوعی آن را به یک فناوری بسیار جذاب برای استفاده در صنایع تبدیل کرده است که نه تنها برای تصمیم‌گیری، تخمین فرآیند، صرفه جویی

جمله خواص فیزیکی و بیوشیمیایی و عوامل محیطی مانند دما، رطوبت و تیمارهای پس از برداشت بستگی دارد. با استفاده از فناوری DT برای نظارت بر این عوامل، می‌توان مسائل بالقوه را زودتر شناسایی کرد و اقدامات اصلاحی برای جلوگیری از آسیب بیشتر انجام داد. علاوه بر نظارت بر زنجیره سرد، فناوری DT همچنین می‌تواند برای بهینه سازی ذخیره سازی و حمل و نقل میوه‌ها و سبزیجات تازه استفاده شود. تصویربرداری حرارتی یک فناوری غیر تماسی و نوظهور است که بطور فزاینده‌ای برای بررسی کیفیت میوه در صنایع میوه و غذا محبوب می‌شود.

بینی‌های الکتریکی (Ens) از امیدوارکننده‌ترین اختراعات هوش مصنوعی در صنایع غذایی هستند. بینی‌های الکتریکی ابزاری است که از مجموعه‌ای از حسگرهای شیمیایی الکترونیکی با یک سیستم تشخیص الگوی مناسب و ویژگی جزئی تشکیل شده است که قادر به تشخیص بوهای پیچیده یا ساده است. حسگرهای مورد استفاده در بینی‌های الکتریکی قادر به جمع‌آوری اطلاعات در مورد بوها و طعم‌های مختلف موجود در غذا یا نوشیدنی مورد تجزیه و تحلیل هستند. این داده‌ها سپس به یک مرکز داده منتقل می‌شوند، جاییکه می‌توان با الگوریتم‌های یادگیری ماشین به آن‌ها دسترسی داشت.

به طور مشابه، ابزارهای هوش مصنوعی، مانند CVS، e-tongue، e-nose و تجزیه و تحلیل تصویر، می‌توانند به تولیدکنندگان کمک کنند تا فرآیندهای تولید خود را بهینه کنند و ترجیحات مصرف‌کننده را در صنعت نوشیدنی درک کنند. هوش مصنوعی همچنین می‌تواند به صنعت نانوائی برای بهبود کیفیت محصول، افزایش بهره‌وری کمک کند و با استفاده از ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی، مانند روبات‌ها، نانوائی‌ها می‌توانند محصولات نوآورانه‌تری ایجاد کنند و فرآیندهای تولید خود را بهینه کنند.

مدیریت کیفیت مواد غذایی: میوه‌ها و سبزیجات تازه بسیار فاسد شدنی هستند و در صورت عدم نگهداری و نظارت صحیح می‌توانند به سرعت فاسد شوند. در گذشته، بسیاری از فروشندگان به ابزارهای لازم برای نظارت بر وضعیت میوه‌های موجود در انبار دسترسی نداشتند، که منجر به هدر رفت مواد غذایی قابل توجهی می‌شد. با این حال، با پیشرفت تکنولوژی، اکنون چندین راه حل موجود است که می‌تواند به فروشندگان کمک کند تا وضعیت میوه‌ها و سبزیجات تازه را در بلادرنگ نظارت کنند. فناوری دیجیتال دوقلو (DT) ابزاری امیدوارکننده برای نظارت بر کیفیت و وضعیت میوه‌ها و سبزیجات تازه در سراسر زنجیره سرد است. میزان آسیب بافتی که در میوه‌ها رخ می‌دهد به عوامل متعددی از

غیرزنده که باعث مسمومیت غذایی می‌شود، ضروری است. از تکنیک‌های فرآوری تصویر می‌توان برای تجزیه و تحلیل ویژگی‌های مختلف محصولات غذایی از جمله اندازه، شکل، رنگ و بافت استفاده کرد. با تخمین مساحت و محیط پیش‌بینی شده اقلام غذایی، می‌توان اندازه و شکل آن‌ها را تعیین کرد که می‌تواند برای اهداف کنترل کیفیت مفید باشد. با این حال، شایان ذکر است که تکنیک‌های فرآوری تصویر به تنهایی نمی‌توانند وجود میکروارگانیسم‌های مضر یا سایر خطرات بالقوه ایمنی مواد غذایی را تشخیص دهند. اینجاست که توالی‌یابی نسل بعدی با تعیین کل توالی ژنوم یک جدایه کشت شده منفرد (بعنوان مثال، یک کلنی باکتری، یک ویروس یا هر موجود زنده دیگری)، که بعنوان «توالی‌یابی کل ژنوم» نیز شناخته می‌شود، و «متاژنومیکس» که در آن از توالی‌یابی نسل بعدی نمونه‌های بیولوژیکی برای تولید چند سازمان استفاده می‌شود، انجام می‌شود. علاوه بر این، استفاده از هوش مصنوعی و اتوماسیون می‌تواند تجزیه و تحلیل داده‌های توالی‌یابی نسل بعدی را تا حد زیادی سرعت بخشد و امکان شناسایی سریع‌تر خطرات بالقوه ایمنی مواد غذایی را فراهم کند. این می‌تواند با اجازه دادن به مداخله سریع قبل از رسیدن محصولات آلوده به مصرف کنندگان، از بیماری‌های گسترده جلوگیری کند.

این الگوریتم‌ها قادر به تجزیه و تحلیل داده‌ها و تصمیم‌گیری براساس اطلاعات جمع آوری شده هستند. علاوه بر این، از فناوری بینی‌های الکتریکی نیز می‌توان برای بهبود کیفیت کلی محصولات غذایی استفاده کرد. با تشخیص تفاوت‌های ظریف در بو و طعم دسته‌های مختلف محصولات غذایی، شرکت‌ها می‌توانند تنظیماتی را در فرآیندهای تولید خود انجام دهند تا اطمینان حاصل کنند که محصولاتشان سازگار و با بالاترین کیفیت هستند.

در سال‌های اخیر، فناوری‌های هوش مصنوعی مانند بینی‌های الکتریکی و شبکه عصبی مصنوعی برای بهبود فرآیند فنجان قهوه مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بینی‌های الکتریکی را می‌توان برای شناسایی و تجزیه و تحلیل ترکیبات آلی فرار (VOCs) که مسئول عطر قهوه هستند استفاده کرد. با استفاده از بینی‌های الکتریکی در ترکیب با شبکه عصبی مصنوعی، می‌توان کیفیت و طعم قهوه برشته شده را با درجه دقت بالایی پیش‌بینی کرد.

مدیریت ایمنی مواد غذایی: ایمنی مواد غذایی عدم وجود هر گونه مواد مضر/سمی در آن را تضمین می‌کند و الزامات تغذیه‌ای اجباری را برآورده می‌کند. یک رویکرد چندرشته‌ای برای اطمینان از ایمنی مواد غذایی و بهداشت خوب در طول فرآوری، ذخیره سازی و فروش مواد غذایی و از بین بردن خطر آلاینده‌های زنده و

مدیریت ضایعات مواد غذایی است. پیاده سازی فناوری اینترنت اشیا در کشاورزی پرورش مگس سرباز سیاه می تواند مزایای قابل توجهی را از نظر تولید کارآمد و مدیریت ضایعات ارائه دهد. با ادغام سنسورها و دستگاه ها با نرم افزار و برنامه های کاربردی موبایل، کشاورزان می توانند از راه دور پارامترهای مختلف کشاورزی پرورش مگس سرباز سیاه را نظارت و کنترل کنند. این امکان کنترل دقیق تر و سفارشی تر بر شرایط رشد لاروهای پرورش مگس سرباز سیاه را فراهم می کند که منجر به بازده بالاتر و زیست توده با کیفیت بهتر می شود.

مدیریت پسماند مواد غذایی: ضایعات مواد غذایی موضوع مهمی است که نه تنها بر محیط زیست بلکه امنیت غذایی و پایداری مالی را نیز تحت تأثیر قرار می دهد. تخمین زده می شود که سالانه ۶/۱ میلیارد تن مواد غذایی هدر می رود و بیشتر این ضایعات (۸۱ درصد) از محصولات جانبی غیر قابل خوردن تولید مواد غذایی تشکیل شده است. در صنعت غذا به رسمیت شناخته شده است که ضایعات مواد غذایی نه تنها یک هزینه اجتناب ناپذیر برای انجام تجارت نیست، بلکه یک مسئله پایداری قابل توجه و یک منبع کم استفاده است. طبق گفته McKinsey & Company یک شرکت مشاوره که در خط مقدم تحقیق و پیاده سازی هوش مصنوعی در صنایع مختلف بوده است، هوش مصنوعی می تواند با کاهش ضایعات مواد غذایی تا سال ۲۰۳۰ فرصتی ۱۲۷ میلیارد دلاری ارائه دهد. تکنیک های مدرن، مانند اومیکس، می توانند برای غلبه بر کاهش ضایعات مواد غذایی و چالش های مدیریت مورد بهره برداری قرار گیرند.

مفاهیم و راه حل های مختلفی توسط محققان و سازمان های دولتی برای کاهش مدیریت مسائل ضایعات مواد غذایی توسعه و آزمایش شده اند. بعنوان مثال، پرورش مگس سرباز سیاه عمل امیدوارکننده ای برای تطبیق پذیری و چند نقش آن در کاربردهای مختلف، مانند تولید پایدار غذا و



شخصی، مدیریت وزن، مدیریت دیابت و مدیریت فشار خون را ارائه می‌دهد. این شرکت از فناوری‌های تشخیص گفتار و هوش مصنوعی صوتی برای ارائه مربی‌های سلامت شخصی به افراد استفاده می‌کند. اپلیکیشن موبایل این شرکت از فناوری تشخیص گفتار برای تجزیه و تحلیل صدای افراد و ارائه مربی‌های شخصی بر اساس پاسخ‌های آن‌ها استفاده می‌کند. همچنین یک اپلیکیشن موبایل و وب‌سایتی است که به افراد اجازه می‌دهد تا میزان مصرف غذای روزانه خود را پیگیری کرده و اهداف تغذیه‌ای خود را زیر نظر داشته باشند. این برنامه به کاربران امکان دسترسی به پایگاه داده‌ای از بیش از ۸۰۰۰۰۰ ماده غذایی را می‌دهد و به آن‌ها اجازه می‌دهد تا به راحتی وعده‌های غذایی خود را ثبت کنند و کالری، درشت مغذی‌ها و ریز مغذی‌های خود را ردیابی کنند.

نقش هوش مصنوعی در تغذیه شخصی

تغذیه می‌تواند جنبه‌ای پیچیده و فردی از زندگی باشد و آنچه برای یک فرد مؤثر است ممکن است برای دیگری مؤثر نباشد. تغذیه شخصی رویکردی است که نیازهای تغذیه‌ای منحصر به فرد، اولویت‌ها و اهداف سلامتی را در نظر می‌گیرد. پیشرفت‌های فناوری، مانند هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، امکان توسعه راه‌حل‌های تغذیه شخصی را فراهم می‌کنند. این راه‌حل‌ها از داده‌های مربوط به ژنتیک، میکروبیوم، شیوه زندگی و عادات غذایی افراد برای ارائه توصیه‌های تغذیه شخصی استفاده می‌کنند.

یک نمونه از راه حل های تغذیه شخصی، یک شرکت سلامت دیجیتال است که راه‌حل‌های تغذیه شخصی را برای افراد و سازمان‌های مراقبت بهداشتی ارائه می‌دهد، که از یادگیری ماشین برای تجزیه و تحلیل عادات غذایی افراد و ارائه توصیه‌های غذایی شخصی استفاده می‌کند. مثال دیگر یک شرکت بیوتکنولوژی است که راه‌حل‌های تغذیه شخصی بر اساس میکروبیوم یک فرد ارائه می‌دهد. این شرکت از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای تجزیه و تحلیل میکروبیوم روده افراد و ارائه توصیه‌های غذایی شخصی بر اساس انواع و میزان باکتری‌های روده استفاده می‌کند. بطور مشابه، یکی دیگر از شرکت‌های سلامت دیجیتال طیفی از راه‌حل‌های مربی‌گری سلامت شخصی، از جمله مربی‌گری تغذیه



نتیجه‌گیری و چشم‌اندازهای آینده

هوش مصنوعی این پتانسیل را دارد که با بهبود کارایی، افزایش بهره‌وری و ارتقای پایداری، صنعت غذا و کشاورزی را متحول کند. با این حال، آینده هوش مصنوعی در بخش غذا و کشاورزی نیز نگرانی‌هایی را ایجاد می‌کند. نگرانی‌هایی در مورد قابلیت اطمینان و دقت سیستم‌های هوش مصنوعی وجود دارد، به‌ویژه زمانی که صحبت از تصمیم‌گیری در مورد مدیریت محصول و ایمنی مواد غذایی می‌شود. کشاورزی و کارخانه‌های رباتیک هوشمند تنها برخی از روش‌هایی هستند که هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای بهبود کارایی، بهره‌وری و پایداری در صنایع غذایی کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. آینده کشاورزی و صنایع غذایی احتمالاً توسط فناوری‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین با طیف وسیعی از کاربردهای بالقوه در کشاورزی، مدیریت آفات، فرآوری مواد غذایی، بسته‌بندی، کنترل کیفیت، افزایش ماندگاری و مدیریت زنجیره تامین شکل خواهد گرفت. در حالیکه هوش مصنوعی پتانسیل زیادی برای متحول کردن بخش کشاورزی و مواد غذایی دارد و آن را کارآمدتر، پایدارتر و نوآورتر می‌کند، همچنین پیامدهای اخلاقی، قانونی و اجتماعی مهمی را به همراه دارد که باید به دقت مورد توجه و بررسی قرار گیرند. مهم است که اطمینان

حاصل شود که این فناوری‌ها به شیوه‌ای پایدار و اخلاقی توسعه یافته و مورد استفاده قرار می‌گیرند تا از مزایای بلندمدت آن‌ها اطمینان حاصل شود.

پایداری هوش مصنوعی به عوامل مختلفی بستگی دارد، از جمله توسعه و استقرار فناوری‌های هوش مصنوعی، سیاست‌ها و مقررات حاکم بر استفاده از آن‌ها، و روشی که در آن جامعه با تغییراتی که هوش مصنوعی به ارمغان می‌آورد سازگار می‌شود. پایداری هوش مصنوعی طیفی از عوامل محیطی، اجتماعی و اقتصادی را در بر می‌گیرد. چندین ملاحظات کلیدی وجود دارد که باید در مورد پایداری و آینده هوش مصنوعی در نظر گرفته شوند. نیاز به رسیدگی به شکاف مهارت‌ها و اطمینان از وجود استعداد کافی برای توسعه و استقرار سیستم‌های هوش مصنوعی به شیوه‌ای پایدار و مسئولانه وجود دارد. این امر مستلزم سرمایه‌گذاری در برنامه‌های آموزشی است که می‌تواند افراد را به مهارت‌ها و دانش مورد نیاز برای کار در زمینه هوش مصنوعی مجهز کند. در حالیکه هنوز چالش‌هایی وجود دارد که باید بر آن غلبه کرد، مانند نگرانی‌های مربوط به حفظ حریم خصوصی داده‌ها، هزینه‌های بالا، مسائل اخلاقی، و نیاز به آموزش‌های تخصصی، آینده امیدوارکننده‌ای برای هوش مصنوعی در این صنعت به نظر می‌رسد.

ترکیب پروبیوتیک در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی: راه‌حلی زیست فعال برای غذاهای فراسودمند

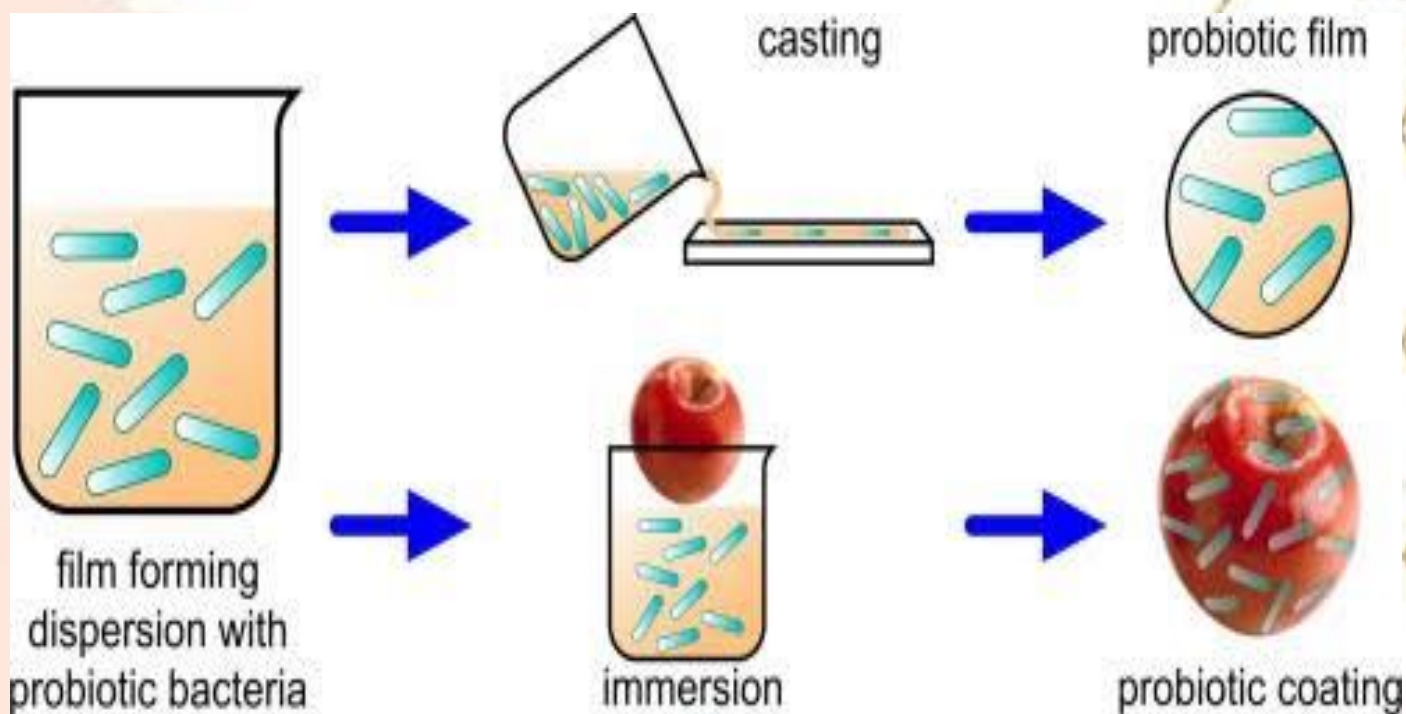
محمد فتحی^۱، فاطمه محمدی^۱

۱- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی

چکیده

جدید هستند. به همین دلیل، فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی بعنوان حامل‌های پروبیوتیک با کاربردهای فراوان مورد مطالعه قرار می‌گیرند. مواد بسیار متنوعی با قابلیت تشکیل فیلم وجود دارد که ویژگی‌های متفاوتی دارند و متعاقباً بر محصول نهایی تأثیر می‌گذارند. هدف این بررسی ارائه اطلاعات قابل توجهی در مورد پروبیوتیک‌ها و بسته‌بندی‌های فعال/زیست فعال، بررسی کاربردهای فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی پروبیوتیکی است.

امروزه مصرف مواد غذایی حاوی پروبیوتیک در سراسر جهان، به دلیل نگرانی عموم مردم در مورد رژیم غذایی سالم افزایش یافته است. از این رو این روند توجه زیادی را از گروه‌های مختلف جامعه به خود جلب کرده است، از افراد موثر در صنایع غذایی با هدف تولید غذاهای پروبیوتیک جدید گرفته تا محققان که در تلاش برای بهبود روش‌های موجود برای تحویل پروبیوتیک یا توسعه و بررسی کاربردهای احتمالی



مقدمه

هستند در حالیکه اعضای جنس استرپتوکوک و انتروکوک حاوی برخی از پاتوژن‌های فرصت طلب هستند. علاوه بر این، برخی از مخمرها مانند *Saccharomyces boulardii* بطور کلی برای استفاده بعنوان پروبیوتیک پذیرفته شده‌اند. ویژگی‌های مفید باکتری‌های پروبیوتیک بسیار زیاد است. برخی از موارد گزارش شده عبارتند از تولید ویتامین، کاهش کلسترول، کاهش عدم تحمل لاکتوز، پیشگیری از سرطان، تحریک سیستم ایمنی، افزایش تحرک روده، پیشگیری از یبوست، و غیره.

از آنجاییکه صنعت لبنیات پیشگام معرفی پروبیوتیک‌ها بوده است، محصولات لبنی محبوب‌ترین شکل برای مصرف پروبیوتیک هستند. امروزه به دلیل افزایش تعداد افراد وگان و یا افراد با محدودیت‌های غذایی ناشی از عدم تحمل لاکتوز، آلرژی به پروتئین‌های شیر و سطح کلسترول بالا، علاقه به محصولات پروبیوتیک غیرلبنی، بیشتر شده است. با توجه به همه این موارد، نیاز به افزایش تعداد محصولات غذایی به منظور تامین غذایی آن دسته از افرادی که قادر به مصرف لبنیات نیستند یا افرادی که تمایلی به مشتقات لبنی ندارند، وجود دارد. در نتیجه، توسعه حامل‌های جدید پروبیوتیک ممکن است نقش اساسی در ارتقای سلامت انسان داشته باشد.

رژیم غذایی تأثیر عمده‌ای بر سلامت عمومی دارد، در نتیجه در استراتژی‌های بهداشت عمومی که برای ارتقای شرایط بهینه سلامت در طول زندگی با پیشگیری از بیماری‌های مزمن مانند اختلالات گوارشی، بیماری‌های قلبی عروقی، سرطان و پوکی استخوان تنظیم شده‌اند، ادغام می‌شود. در میان طبقات اصلی غذایی که معمولاً مصرف می‌شوند، غذاهای پروبیوتیکی تأثیر قابل توجهی بر سلامت روده دارند. چنین محصولات غذایی می‌توانند بعنوان مثال عالی برای برجسته کردن ارتباط قوی بین غذا و وضعیت سلامتی باشند. تقاضای مصرف کنندگان برای غذای سالم بطور مداوم در حال افزایش است، از این رو، نوآوری و توسعه محصول جدید در صنعت غذا را در سراسر جهان تحریک می‌کند. این امر توجه محققان را به بررسی عمیق ویژگی‌های خاص برخی از محصولات غذایی و تأثیر آن‌ها بر سلامت انسان افزایش داده است. همانطور که توسط سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد/سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۲ تعریف شده است، پروبیوتیک‌ها "میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که وقتی به مقدار کافی تجویز شوند، برای سلامتی میزبان مفید هستند. اعضای جنس بیفیدوباکتریوم و لاکتوباسیلوس پرمصرف‌ترین پروبیوتیک‌ها

بسته‌بندی فعال و زیست فعال

صنایع تولید مواد بسته‌بندی در سراسر جهان رایج است. هر شرکت از طیف وسیعی از بخش‌ها تشکیل شده است که هر کدام تأثیر خاص خود را بر بازار دارند. نوسازی سیستم‌های بسته‌بندی چالشی برای صنعت بسته‌بندی مواد غذایی است و همچنین بعنوان نیروی محرکه برای توسعه فناوری بسته‌بندی‌های جدید و بهبود یافته عمل می‌کند.

بسته‌بندی فعال نوعی بسته‌بندی است که در آن مواد بسته‌بندی، محصول غذایی و محیط در تعامل هستند. هنگامیکه غذا در این نوع سیستم بسته‌بندی ذخیره می‌شود، فعالیت‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی آن را تغییر می‌دهد که منجر به افزایش ماندگاری می‌شود، بدون اینکه کیفیت غذا به خطر بیفتد. برخی از مفیدترین عملکردها و خواص بسته‌بندی فعال شامل کنترل رطوبت، انتشار اکسیژن در بسته‌ها، انتشار دی اکسید کربن و اتیلن، جذب اکسیژن و افزایش طعم و مواد ضد میکروبی است. متداول‌ترین سیستم‌های بسته‌بندی فعال برای اهداف آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی هستند، اگرچه اهداف دیگری دارند. سیستم‌های بسته‌بندی زیست فعال مواد غذایی ممکن است مزایای سلامتی را برای مصرف کنندگان فراهم کند.

از آنجاییکه زنده‌مانی پروبیوتیک برای ایجاد مزیت سلامتی ضروری است (دوز توصیه شده روزانه ۱۰٪ سلول‌های زنده)، تلاش‌هایی برای بهبود یا حفظ بقای آن‌ها در طول فراوری مواد غذایی و ذخیره‌سازی محصولات غذایی تا زمان مصرف آن‌ها انجام می‌شود. پروبیوتیک‌ها ممکن است در ماتریس‌های پلیمری خوراکی مورد استفاده در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی گنجانده شوند. به این ترتیب پروبیوتیک‌ها، و همچنین بسیاری از ترکیبات دیگر، می‌توانند در ماتریس‌های پلیمری زیستی برای توسعه مواد بسته‌بندی فعال/زیست فعال بعنوان روشی جایگزین برای کنترل میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا ترکیب شوند. این امر ثبات و ایمنی مواد غذایی را بهبود می‌بخشد و مهمتر از همه به نفع سلامت مصرف کنندگان است. اخیراً ادغام پروبیوتیک‌ها در فیلم‌ها یا پوشش‌های خوراکی در بین محققان رواج نسبی پیدا کرده است و در نتیجه در سال‌های اخیر این زمینه بطور کامل مورد مطالعه قرار گرفته است. با جزئیات بیشتر، این بررسی، ماهیت پروبیوتیک‌ها را برجسته‌تر می‌کند، مطالعات علمی مربوط به ترکیب آن‌ها در فیلم‌های خوراکی را خلاصه کرده و پوشش‌ها و کاربرد آن‌ها در برخی محصولات غذایی و قوانین مربوط به استفاده از آن‌ها را مورد بحث قرار می‌دهد.

رها سازی کنترل شده مواد مورد استفاده قرار می گیرند.

پروبیوتیک ها در فیلم ها و پوشش های خوراکی زیست فعال

توسعه محصولات فراسودمند، حامل پروبیوتیک ها ممکن است نقش اساسی در ارتقای سلامت انسان داشته باشند. به منظور ایجاد مزایای برای سلامتی، دوز توصیه شده کلی سلول های زنده پروبیوتیک $10^8 - 10^9$ در روز است. در واقع، مسائلی در مورد زنده ماندن سلول و بقای پروبیوتیک در محصولات نهایی مطرح می شود. عوامل متعددی، چه درونی و چه بیرونی، می توانند بر رفتار میکروارگانیسم در محیط های مختلف غذایی تاثیر بگذارند. نوع کشت انتخابی، وضعیت فیزیولوژیکی سلول ها، ماتریکس غذا، pH، دما، فرآیندهای تولید و شرایط نگهداری از جمله نمونه های تاثیرگذار هستند. جدای از این عوامل، زنده ماندن پروبیوتیک ها از طریق عبور آن ها از دستگاه گوارش تعیین می شود، جایی که موانع اصلی pH پایین و صفرا در آنجا حضور دارند. برای رفع این محدودیت ها و افزایش بقا و زنده ماندن، استراتژی های نوآورانه مختلفی پیشنهاد و بررسی شده اند که مهم ترین آن ها گنجاندن پروبیوتیک ها در فیلم ها و پوشش های خوراکی آن ها در ماتریس های پلیمری است.

تفاوت اصلی بین فناوری های بسته بندی فعال و بسته بندی زیست فعال در این است که در حالیکه فناوری بسته بندی قبلی با حفظ یا افزایش کیفیت و ایمنی غذاهای بسته بندی شده سروکار دارد، مورد دوم با تولید غذاهای بسته بندی سالم تر تاثیر مستقیمی بر سلامت مصرف کننده دارد. مواد بسته بندی زیست فعال، ذخیره سازی را تضمین می کند و در نهایت عوامل زیست فعال را در محصول غذایی آزاد می کند.

از آن جایی که بیشتر محصولات غذایی بصورت بسته بندی شده یا پوشیده شده بدست مصرف کننده می رسند، بسته بندی به مرحله مهمی در زنجیره غذایی تبدیل شده است. از نقش های مهم بسته بندی مواد غذایی حفظ یا بهبود کیفیت و ایمنی مواد غذایی است. برعکس، مواد بسته بندی مرسوم نه به راحتی قابل بازیافت هستند و نه از نظر زیست محیطی پایدار هستند و حتی خطرات و ریسک های زیاد در زمینه سلامت را به افراد مثلا خطراتی مرتبط با مهاجرت افزودنی های مضر تحمیل می کنند. در نتیجه، ادامه توسعه ماتریس های زیست تخریب پذیر (از جمله خوراکی) و پایدار که یکپارچه سازی ایمن و ماندگاری طولانی مواد زیست فعال را ترویج می کند، ضروری است. مواد زیست تخریب پذیر و پایدار، مانند پلیمرهای زیست تخریب پذیر مصنوعی، پروتئین ها، پلی ساکاریدها و غیره از کارآمدترین موادی هستند که برای

پایداری را افزایش دهند. نرم‌کننده‌ها معمولاً برای ساخت فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی مورد نیاز هستند، به ویژه زمانی که پلی‌ساکاریدها یا پروتئین‌ها بعنوان مواد استفاده می‌شوند. از رایج‌ترین نرم‌کننده‌های مورد استفاده می‌توان به گلیسرول، سوربیتول، ساکارز و پلی اتیلن گلیکول اشاره کرد.

گروه هیدروکلوئیدها از پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها تشکیل شده است. پلی‌ساکاریدهای مورد استفاده برای فیلم‌ها یا پوشش‌های خوراکی مشتقات سلولز، دکستران، اینولین، آلژینات، کاراژینان، مشتقات نشاسته، مشتقات پکتین، کیتوزان، عصاره جلبک دریایی و گالاکتومانان‌ها هستند. لایه‌ها و پوشش‌های پلی‌ساکارید بعنوان موانع اکسیژن، بو و روغن با خواص مکانیکی خوب عمل می‌کنند، اما اشکال عمده آن‌ها نفوذپذیری رطوبت، به دلیل ویژگی‌های آبدوستی آن‌ها است. پروتئین‌های مورد استفاده برای فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی عبارتند از ژلاتین، گلوتن گندم، پروتئین سویا، کلاژن و کازئین. فیلم‌های پروتئینی معمولاً از محلول‌ها یا پراکندگی پروتئین در هنگام تبخیر حلال تشکیل می‌شوند. از حلال‌هایی که برای تشکیل فیلم مورد نیاز هستند معمولاً آب، اتانول یا مخلوط آن‌ها می‌باشند، چرا که پروتئین‌ها باید توسط گرما، اسید، باز یا حلال دناتوره شوند تا ساختار گسترده‌تری تشکیل شود.

همانطور که قبلاً ذکر شد، سیستم‌های بسته‌بندی زیست فعال مواد غذایی ممکن است به ارائه مزایای سلامتی برای مصرف کنندگان کمک کند. مواد بسته‌بندی زیست فعال ممکن است حاوی عواملی (زیست فعال) باشند که در نهایت در محصول غذایی آزاد می‌شوند. در مورد پوشش‌های خوراکی حاوی پروبیوتیک، رهاسازی حتی لازم نیست، زیرا قرار است خود پوشش همراه با غذا خورده شود. اولین مطالعه‌ای که با ترکیب پروبیوتیک‌ها در لایه‌ها و پوشش‌های خوراکی مرتبط بود، در سال ۲۰۰۷ توسط Tapia و همکارانش، انجام شد. استفاده از فیلم‌های خوراکی پروبیوتیک در ماتریس‌های غذایی ابزاری برای تحویل موثر پروبیوتیک به مصرف‌کنندگان است، اما همچنین باعث افزایش ثبات غذا و ایمنی مواد غذایی با کنترل رشد میکروارگانیسم‌های فساد از طریق رقابت یا از طریق مواد ضد میکروبی تولید شده توسط پروبیوتیک‌ها مطرح است.

مواد فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی برای کاربردهای پروبیوتیک

اجزای مورد استفاده برای تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی را می‌توان به سه دسته هیدروکلوئیدها، لیپیدها و کامپوزیت‌ها طبقه‌بندی کرد. ترکیبات دیگری مانند نرم‌کننده‌ها و امولسیفایرها نیز به محلول‌های تشکیل دهنده فیلم اضافه می‌شوند تا خواص مکانیکی آن‌ها را بهبود بخشند یا در هنگام ترکیب لیپیدها و هیدروکلوئیدها

باشند. این امکان وجود دارد که یک فیلم خوراکی از ترکیبی از پلی ساکاریدها، پروتئین و/یا لیپیدها تشکیل شده باشد. چنین فیلمی بعنوان یک کامپوزیت تعریف می شود. هدف از تولید فیلم های کامپوزیت تنظیم ویژگی های فیلم به منظور استفاده از آن برای کاربردی خاص است. از آنجاییکه هر ماده پوششی دارای عملکردهای منحصر به فرد، اما محدودی است، ترکیبی از مواد مختلف می تواند مؤثرتر باشد. مطالعات مربوط به فیلم ها و پوشش های خوراکی پروبیوتیک و مواد آنها در جدول ۱ ارائه شده است.

لیپیدهای مورد استفاده برای فیلم ها و پوشش های خوراکی شامل موم های طبیعی، روغن های گیاهی، استوگلیسریدها و اسیدهای چرب و رزین ها هستند. این ترکیبات معایب خاصی را در مورد کاربرد خود نشان می دهند که ناپایداری های مکانیکی و شیمیایی و همچنین کاهش کیفیت ارگانولپتیک را نشان می دهند. لیپیدها معمولاً با سایر مواد تشکیل دهنده فیلم مانند پلی ساکاریدها یا پروتئین ها ترکیب می شوند تا مقاومت در برابر نفوذ آب را افزایش دهند. فیلم ها و پوشش های خوراکی ممکن است از نظر موادی که برای ساخت آنها استفاده می شود ناهمگن

جدول ۱- فیلم ها و پوشش های خوراکی مورد استفاده برای گنجاندن باکتری های پروبیوتیک یا اسید لاکتیک

پروبیوتیک ها	ماده بیوپلیمری	افزودنی ها	ماتریس مورد استفاده
<i>B. lactis</i> Bb-12	آلژینات/ژلان	گلیسرول	سیب
<i>C. maltaromaticum</i>	آلژینات/نشاسته	گلیسرول	ماهی سالمون
<i>B. animalis</i> spp. <i>lactis</i> , <i>L. paracasei</i> spp. <i>paracasei</i>	آگار	عصاره چای سبز، گلیسرول	فیله ماهی
<i>L. sakei</i>	کازئینات سدیم	سوربیتول	گوشت گاو تازه
<i>L. plantarum</i> , <i>L. pentosus</i>	آلژینات سدیم	گلیسرول	ژامبون
<i>L. rhamnosus</i> GG	آلژینات، کنسانتره پروتئین	گلیسرول	نان
	آب پنیر		
<i>L. rhamnosus</i> GG	شاسته برنج/ذرت، ژلاتین/کازئینات سدیم/کنسانتره پروتئین سویا	گلیسرول	نان

اثرات فیلم‌ها/پوشش‌های خوراکی بر زنده‌مانی پروبیوتیک

صرف نظر از مکانیسم تکنولوژیکی برای تولید فیلم‌های خوراکی حاوی پروبیوتیک، چیزی که اهمیت دارد این است که فیلم، توانایی ارائه باکتری‌های پروبیوتیک زنده به دستگاه گوارش (GI) را داشته باشد. زنده ماندن، پایداری و بقای چندین سویه پروبیوتیک تحت شرایط مختلف بطور گسترده مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است، در حالیکه تنها مطالعات کمی در مورد ارزیابی قابلیت زنده‌مانی سویه‌های پروبیوتیک بطور خاص در فیلم‌ها به منظور ارزیابی مناسب بودن آن‌ها بعنوان حامل‌های پروبیوتیک موجود است. شیمی فیلم و همچنین فرآیند تشکیل فیلم بسیار مهم است چرا که مستقیماً با بقای باکتری پس از فرآوری و پس از بلع در ارتباط است. در این بخش به برخی از این مطالعات اشاره خواهد شد.

پایداری پروبیوتیک *Lactobacillus rhamnosus GG* را که در فیلم‌های پلیمرهای زیستی مختلف با افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر گنجانده شده است، بررسی شد. جمعیت سویه یک ساعت پس از تلقیح زیاد بود و هیچ اثر سمی حاد نوع پلیمر زیستی یا کنسانتره پروتئین آب پنیر بر روی زنده ماندن سلولی آن نشان نداد، در حالیکه مشخص شد ویژگی‌های ترکیبی محلول تشکیل‌دهنده فیلم

تأثیرگذار است. در مطالعه دیگری فیلم‌های خوراکی پولولان و نشاسته با باکتری-های مکمل پروبیوتیک مورد مطالعه قرار گرفتند. *Lactobacillus rhamnosus GG*، *Lactobacillus reuteri* و *Lactobacillus acidophilus* در فیلم‌های پولولان، نشاسته و ترکیب آن‌ها (پولولان/نشاسته) گنجانده شدند و در دمای ۲۵ و ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. در دمای اتاق، همه فیلم‌ها قابلیت زنده‌مانی سلولی مشابهی را نشان دادند، در حالیکه حداکثر زنده‌مانی در فیلم‌های پولولان خالص مشاهده شد. با این حال، همه فیلم‌ها، به جز نشاسته، قابلیت زنده‌مانی سلولی را تا ۲۰ روز حفظ کردند. مشخص شد که افزودن نشاسته در فیلم‌های پولولان بر بقای سلول تأثیر منفی می‌گذارد. در میان منشاهای مختلف نشاسته، نشاسته سیب زمینی در مقایسه با سایر نشاسته‌ها بقاء سلولی بهتری را ارائه می‌دهد. این ممکن است به دلیل محتوای رطوبت بالاتر و قابلیت جذب رطوبت نشاسته سیب زمینی توضیح داده شود.

زنده‌مانی *Lactobacillus sakei* اضافه شده به فیلم‌های کازئینات سدیم از طریق اسپری یا ادغام مستقیم توسط Gialamas و همکاران (۲۰۱۰) بررسی شد. در این مطالعه از سوربیتول بعنوان نرم کننده در محلول تشکیل فیلم استفاده شد و دو دمای ۲۵ و ۴ درجه سانتیگراد برای نگهداری انتخاب شد.

نتیجه‌گیری

ترکیب پروبیوتیک‌ها در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی فناوری نوظهوری است که اخیراً بسیار محبوب شده است، با توجه به اینکه تعداد زیادی از مطالعات در دسترس است. حضور آتی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی پروبیوتیکی که روی محصولات غذایی اعمال می‌شود به چندین عنصر بستگی دارد. اولاً، چارچوب قانونی در مورد غذاهای پروبیوتیک باید به تولیدکنندگان اجازه دهد و آن‌ها را تشویق کند تا چالش را انجام دهند و در فناوری‌های جدید برای تولید مواد غذایی پروبیوتیک مؤثرتر سرمایه‌گذاری کنند. گسترش بهتر نتایج علمی و دانش به سمت صنعت، فرصت‌های جدیدی را برای کسب و کاره‌ها جهت توسعه تولید غذاهای جدید و فراسودمند فراهم می‌کند. بهینه‌سازی چندین جنبه فنی و اقتصادی فرآیندهای تولید ضروری است و این امر تنها از طریق افزایش تقاضا از سوی مصرف‌کنندگان و در نتیجه بازار امکانپذیر است. مطالعات جدید باید در بسیاری از جنبه‌های فناوری فیلم خوراکی مانند آزمایش ماتریس‌های غذایی موجود یا سایر ماتریس‌های غذایی که هنوز بصورت صنعتی مورد استفاده قرار نگرفته‌اند، انتخاب باکتری‌های پروبیوتیک مناسب برای گنجاندن در هر نوع فیلم خوراکی، ارزیابی تأثیر انواع مختلف فیلم‌ها در محصولات غذایی مختلف، و حمایت از نیازهای گروه‌های خاصی از مصرف‌کنندگان مانند گیاه‌خواران انجام شود.

ادغام مستقیم سلول‌های باکتری به محلول تشکیل دهنده فیلم باعث افزایش زنده‌مانی در هر دو دما شد. برای افزایش زنده‌مانی، سوربیتول به فیلم‌ها اضافه شد، زیرا سوربیتول یا ترکیبات مشابه بعنوان عوامل محافظتی برای سلول‌های میکروبی در طول خشک شدن یا ذخیره سازی در فعالیت آبی کم عمل می‌کنند. این فرضیه از نتایج تأیید شد و زنده‌ماندن سلول‌ها در طول نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ روز افزایش یافت. در مطالعه اخیر Pavli و همکاران، (۲۰۱۷) زنده ماندن سویه‌های مختلف پروبیوتیک *Lactobacillus plantarum* و *Lactobacillus pentosus* را که در فیلم‌های خوراکی آلژینات سدیم گنجانده شده‌اند، بررسی کردند. زنده‌ماندن سویه‌های ترکیب شده در طول دوره نگهداری و در تماس با برش‌های ژامبون (۶۶ روز در دمای ۴ درجه سانتیگراد، ۴۷ روز در دمای ۸ درجه سانتیگراد و ۴۰ روز در دمای ۱۲ درجه سانتیگراد) مورد بررسی قرار گرفت. دمای نگهداری هیچ تأثیری بر سطح جمعیت سویه‌های تلقیح شده نداشت، با این حال، وابسته به سویه بود. بطور کلی، کاهش جمعیت پروبیوتیک‌ها در فیلم‌ها، در نقطه نمونه‌برداری پس از کاربرد آن‌ها بر روی ژامبون برای تمام دماها، احتمالاً به دلیل فرآیند خشک کردن و تنش‌های متعاقب آن مشاهده شد. با این حال، این تأثیر محدودی بر بقای پروبیوتیک در سطوح کافی داشت.

بررسی دقیق تر خواص مواد موجود برای تولید فیلم‌های خوراکی به منظور محافظت کافی از باکتری‌های پروبیوتیک ترکیب شده بسیار مهم است. علاوه بر این، ترکیب پروبیوتیک‌ها و پری بیوتیک‌ها در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی زمینه جالبی برای تحقیقات و بررسی خواهد بود. درحالی‌که تنها تعداد محدودی از مطالعات با بهترین دانش ما در دسترس است. از سوی دیگر، مطالعات *in vivo* (درون تنی) باید برای ارزیابی قابلیت زنده ماندن پروبیوتیک‌های ترکیب شده در شرایط گوارشی و همچنین تعیین سطح پروبیوتیک‌هایی که باید در سراسر این سیستم‌ها ارائه شود، انجام شود تا مزایای سلامتی را به همراه داشته باشد.



محصولات غذایی فراسودمند با ترکیب برخی ریز جلبک‌ها

آیلین هدایتی^۱، الهه مشایخی^۱

۱- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی

چکیده

ریز جلبک‌ها مانند *Dunaliella* و *Chlorella*، *Arthrospira* (Spirulina) و *Haematococcus* معمولاً از گونه‌های میکروجلبکی در تولید غذای فراسودمند استفاده می‌شوند. ادغام زیست توده ریز جلبکی نه تنها منجر به افزایش ارزش غذایی، بلکه به بهبود کیفیت حسی محصولات غذایی بدون تغییر ویژگی‌های پخت یا بافت آن‌ها می‌شود. ریز جلبک‌ها به دلیل پتانسیل دوستدار محیط زیست، بعنوان یکی از امیدوارکننده‌ترین و جدیدترین منابع غذاهای فراسودمند جدید ظاهر شده‌اند. این مطالعه برخی از کارهای اخیر و مرتبط و همچنین چالش‌های فعلی برای تحقیقات آینده را با استفاده از روش‌های مختلف اصلاح شیمیایی در غذاها با افزودن چند جلبک تجاری مورد بررسی قرار می‌دهد تا امکان استفاده از آنها در حوزه‌های تغذیه‌ای و حسی را فراهم کند. می‌توان نتیجه گرفت که تولید غذاهای فراسودمند از طریق استفاده از ریز جلبک‌ها در غذاها به یک موضوع مهم تبدیل شده است.

توجه زیادی به استفاده از ریز جلبک‌ها برای تولید غذاهای فراسودمند که دارای مواد شیمیایی زیست فعال ارزشمندی از جمله اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه، ویتامین‌ها، کاروتنوئیدها، فیبر و مواد معدنی هستند، شده است. زیست‌توده‌های ریز جلبک به دلیل ترکیبات منحصر به فرد مواد مغذی آن‌ها که برای سلامت انسان مفید است، بطور فزاینده‌ای برای بهبود ارزش غذایی غذاها استفاده می‌شود. محتوای پروتئین و ترکیب اسید آمینه آن‌ها مهمترین اجزای آن است. زیست توده ریز جلبکی مورد استفاده در صنعت مکمل‌های درمانی توسط ترکیبات زیستی مانند آستاگزانتین، بتا کاروتن، اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه مانند ایکوزاپنتانویک اسید و دوکوزاهگزانویک اسید و پلی‌ساکاریدهایی مانند بتا-گلوکان تحت سلطه است. محبوبیت مکمل‌های میکروجلبک به دلیل مزایای سلامتی مواد فعال زیستی آن‌ها در حال افزایش است. علاوه بر این، برخی از

مقدمه

مصرف کالری از سوء تغذیه رنج می برند. تغییرات آب و هوایی جهانی، کاهش استفاده از زمین‌های کشاورزی، کمبود آب شیرین و آلودگی محیطی بر سطح تولید مواد غذایی و سلامت انسان تأثیر می‌گذارد. افزایش روزافزون جمعیت جهان از محرک‌های اصلی جستجوی مداوم برای منابع غذایی پایدار، بدون خطر و جایگزین برای برآوردن تقاضای روزافزون برای غذا است. با توجه به محدودیت‌های زمانی، توسعه فناوری و شهرنشینی و ترجیحات مصرف‌کنندگان در روزگار کنونی در حال تغییر است. امروزه، بازار افزودنی‌های غذایی بطور مداوم در حال گسترش است و پیش بینی می‌شود که در آینده نیز به گسترش خود ادامه دهد. با توجه به سطوح بالای ترکیبات زیست فعال ریزجلبک‌های مورد استفاده برای بهبود ترکیب غذا، توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده‌اند.

این بررسی ریزجلبک‌های رایج مورد استفاده در صنایع غذایی را با مزایای آن‌ها، چالش‌های استفاده از ریزجلبک‌ها در صنایع غذایی و کاربردهای اخیر ریزجلبک‌ها در صنایع غذایی گزارش می‌کند. یکی از اهداف توسعه پایدار، تهیه غذای غنی از مواد مغذی برای پایان دادن به گرسنگی جهان و تغذیه جمعیت رو به رشد جهان است که نگرانی اجتماعی مهم در سراسر جهان است. برای حفظ جمعیت جهانی ۷/۹ میلیارد نفری در سال ۲۰۵۰، مقادیر زیادی غذا مورد نیاز خواهد بود. افزایش جمعیت جهان امنیت غذایی را به خطر می‌اندازد و فشار بر منابع محدود جهانی را تشدید می‌کند که منجر به مشکل عمده‌ای در تامین پروتئین و تولید پایدار غذا می‌شود. گزارش شده است که دو میلیارد نفر در سراسر جهان به دلیل دریافت ناکافی مواد مغذی مانند پروتئین، اسیدهای آمینه و



درمان بیماری‌ها برانگیخته است. ریزجلبک‌ها به دلیل استفاده از زیست توده خود برای تولید محصولات غذایی چند کاربردی که برای سلامتی انسان مفید هستند، مورد توجه قرار گرفته‌اند.

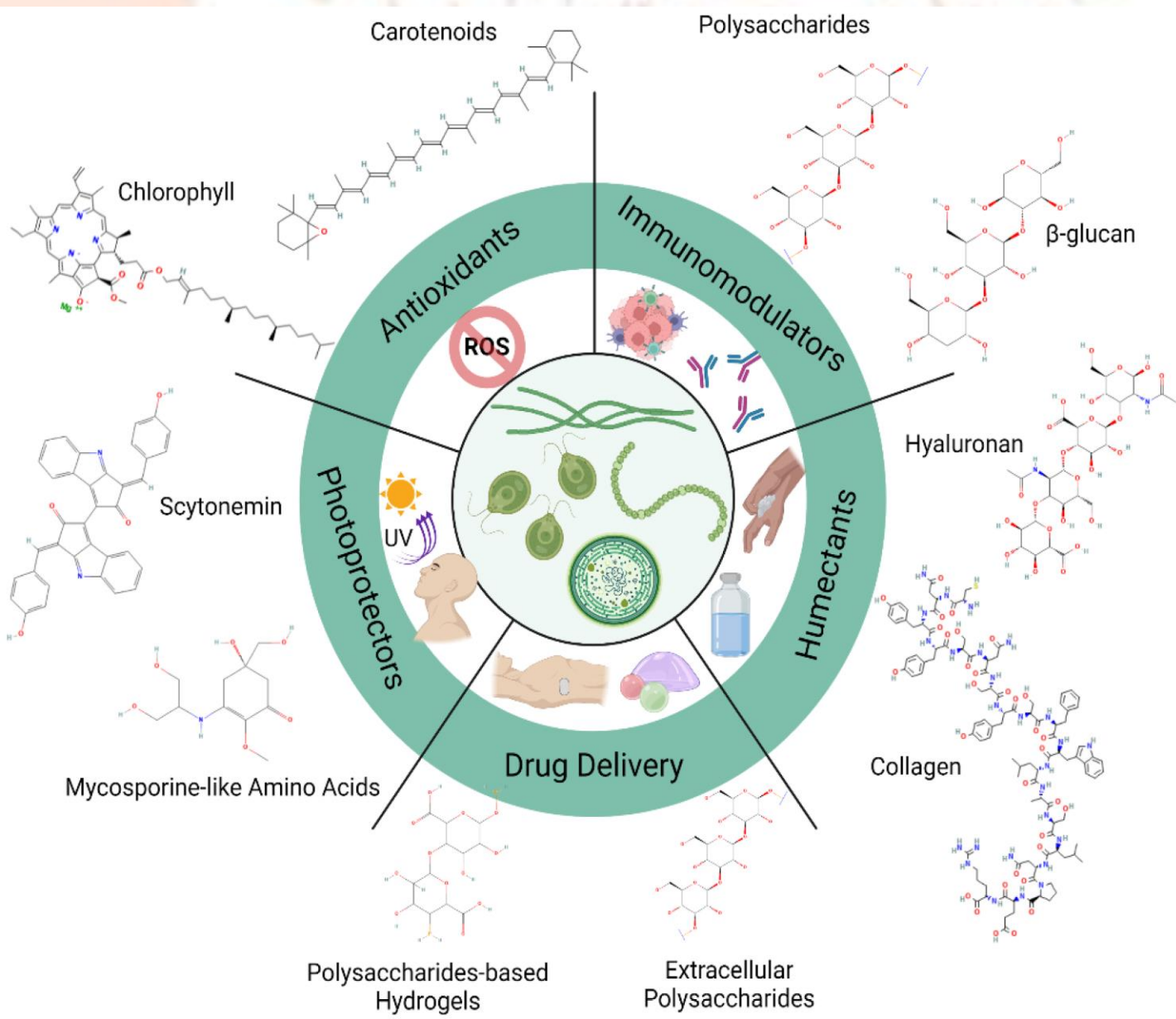
ریزجلبک‌ها و متابولیت‌های ارزشمند آنها

ریزجلبک‌ها میکروارگانیسم‌های فتوسنتزی تک سلولی هستند که قادر به تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی بیوشیمیایی و زیست توده حاوی انواع مواد مفید برای سلامتی، مواد افزودنی غذایی و خوراک، لوازم آرایشی و بهداشتی و تولید انرژی هستند. مواد مغذی و سایر فواید سلامتی را می‌توان از مصرف زیست توده ریز جلبکی بعنوان مکمل غذایی بدست آورد. ریزجلبک‌ها حاوی ترکیبات زیست فعال غنی از مواد مغذی مانند پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری، پلی‌ساکاریدهای سولفات، آنزیم‌ها، فیبرها، لیپیدها، کاروتنوئیدها و ویتامین‌ها هستند. پروتئین یکی از مواد اصلی موجود در ریزجلبک‌ها است. بیشتر زیست توده ریزجلبک‌ها می‌تواند حاوی بیش از ۵۰ درصد پروتئین بعنوان وزن خشک باشد. ریزجلبک‌ها شامل ویتامین‌ها (بعنوان مثال، A, C, B1, B2, B6 و غیره) و مواد معدنی (مانند منیزیم، پتاسیم، ید، آهن و کلسیم) هستند.

رژیم غذایی و سلامتی از مهمترین جنبه‌های زندگی مردم هستند و در مطالعه غذاهای فراسودمند با هم ادغام می‌شوند. بطور گسترده‌ای پذیرفته شده است که رابطه بین رژیم غذایی و بیماری سنگ بنای تغذیه پیشگیرانه است. «غذاهای فراسودمند» اغلب بعنوان بخش جدید در حال توسعه شناخته می‌شوند. در دهه ۱۹۸۰، در پاسخ به هزینه‌های رو به رشد مراقبت‌های بهداشتی، تصمیم به تولید غذاهای فراسودمند در ابتدا در ژاپن مطرح شد. بازار غذای فراسودمند یک بازار عمدتاً جهانی است که در همه جا توسط قانون به رسمیت شناخته نشده است. اصطلاح "غذای فراسودمند" را می‌توان به روش‌های مختلفی تعریف کرد. شورای بین المللی اطلاعات غذا، غذاهای فراسودمند را بعنوان "غذاها یا اجزای رژیمی که ممکن است مزایای سلامتی فراتر از تغذیه اولیه را ارائه دهند" تعریف می‌کند. طبق اقدام هماهنگ کمیسیون اروپا در مورد علوم غذایی فراسودمند در اروپا یک غذا "در صورتی فراسودمند تلقی می‌شود که ثابت شود بطور مفیدی بر یک یا چند عملکرد هدف در بدن، فراتر از اثرات تغذیه‌ای کافی، به شیوه‌ای که مربوط به بهبود وضعیت سلامت و رفاه و/یا کاهش خطر بیماری باشد" تاثیر می‌گذارد. تمایل به غذاهای مغذی و مفید، کاوش دسته‌های غذایی جدید را برای تکمیل رژیم غذایی معمولی و کشف رویکردهای جامع‌تر برای پیشگیری و

غذایی برای غذای انسان و افزودنی برای خوراک دام استفاده شوند. *Arthrospira platensis* و *Chlorella vulgaris* بعنوان منابع طبیعی پروتئین برجسته شده‌اند، در حالیکه *Dunaliella salina* و *Haematococcus pluvialis* منابع طبیعی رنگدانه در نظر گرفته می‌شوند (مخصوصاً به دلیل محتوای آن‌ها از بتا-کاروتن و آستاگزانتین).

زیست توده‌های ریزجلبکی به دلیل مقادیر بالای مواد مغذی ضروری منبع غذایی مهمی، به ویژه در کشورهای آسیایی هستند. چند ریزجلبک سبز (مانند *Chlorella*, *Dunaliella salina*, *Haematococcus pluvialis* و *Arthrospira platensis*) و برخی سیانوباکتری‌ها (مانند *Spirulina*, *Arthrospira platensis*) از نظر بیوتکنولوژیکی مهم هستند. آن‌ها می‌توانند بعنوان مکمل‌های



مورد بهره برداری قرار گیرد. یک ریز جلبک تجاری برای استفاده بعنوان منبع پروتئین (۵۰-۶۰٪ وزن خشک) در نظر گرفته شد. *C. vulgaris*، تحت شرایط رشد بهینه، می‌تواند به محتوای چربی ۵-۴۰٪ برسد که شامل موم‌های گلیکولیپید، فسفولیپیدها و مقادیر کمی از اسیدهای چرب آزاد است. شرایط رشد متنوع منجر به تغییر در ترکیب اسیدهای چرب (به عنوان مثال، اسید پالمیتیک، اسید استئاریک، اسید پالمیتولئیک و اسید اولئیک) می‌شود که برای مصارف مختلف مناسب هستند. گلوکان بتا ۱-۳ موجود در *C. vulgaris* پلی‌ساکاریدی ضروری با اثرات مفید متعدد بر سلامت انسان است. علاوه بر این، حاوی ۹ تا ۱۸ درصد فیبر رژیمی، ۱ تا ۲ درصد کلروفیل، ویتامین‌ها (مانند B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12, E, C, A و ویتامین K) و مواد معدنی (مانند Mg, K, Fe, و Ca) است.

Arthrospira platensis گونه‌ای از سیانوباکتری‌های فتوسنتزی پلانکتون است که در مناطق وسیعی از زیست توده در محیط‌های آبی گرمسیری و نیمه گرمسیری رشد می‌کند که با سطوح بالای نمک‌های کربنات و بی‌کربنات و همچنین pH قلیایی مشخص می‌شود. *Arthrospira platensis* از مغذی‌ترین مواد غذایی روی کره زمین است و استفاده از آن بعنوان مکمل غذایی در حال افزایش است. بعنوان مکمل غذایی در سراسر جهان محبوبیت پیدا می‌کند. غنی از پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه، رنگدانه‌ها، ویتامین‌ها و فنولیک‌ها است. همچنین حاوی آنتی‌اکسیدان‌ها، فیتونوترینت‌ها، پروبیوتیک‌ها و مواد مغذی نیز می‌باشد. سازمان ملل متحد *Arthrospira platensis* را بعنوان بهترین غذا برای آینده در یک کنفرانس غذایی در نظر گرفت و امروزه محبوبیت آن در حال افزایش است.

Chlorella vulgaris یک ریز جلبک سبز است که ممکن است بعنوان منبع غذایی



ریزجلبک‌ها بعنوان منبع غذایی بالقوه، به ویژه منبع پروتئینی برای انسان، از اوایل دهه ۱۹۵۰ مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در طول دهه اول قرن بیست و یکم، دانشمندان شروع به تولید انبوه اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه، به ویژه امگا ۳ کردند. به دلیل کشت ساده با محتوای پروتئین بالا و ارزش غذایی، *Chlorella* و *Arthrospira platensis* در خط مقدم بازار میکروجلبک قرار دارند. به دلیل ترکیب شیمیایی ارزشمند خود، ریزجلبک‌ها امروزه کاربردهای تجاری متعددی، از جمله افزایش ارزش غذایی غذا و خوراک دام دارند. بعنوان مثال، اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه به شیر خشک و مکمل‌های غذایی برای نوزادان اضافه می‌شوند و رنگدانه‌ها نقش مهمی بعنوان رنگ‌های طبیعی دارند. سه ویژگی ضروری میکروجلبک را می‌توان به مزایای فنی و اقتصادی تبدیل کرد. ریزجلبک‌ها یک گروه بسیار متنوع زیستی با طیف وسیعی از ویژگی‌های بیوشیمیایی هستند. در نتیجه، آن‌ها انواع مواد شیمیایی زیست فعال و لیپیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه ضروری و کربوهیدرات‌های منحصر به فرد را تولید می‌کنند.

ریزجلبک‌ها می‌توانند منبع طبیعی بسیار جذابی از مواد شیمیایی جدید با فعالیت بیولوژیکی باشند که ممکن است آن‌ها را بعنوان اجزای عملکردی مورد بهره برداری قرار دهد.

Dunaliella salina یک ریز جلبک هالوفیل سبز است که بعنوان منبع بتاکاروتن (تا ۱۴ درصد وزن خشک آن)، گلیسرول و رنگدانه فتوسنتزی شناخته می‌شود. رنگدانه نارنجی، بتاکاروتن، نیز بعنوان مکمل ویتامین A استفاده می‌شود. تولید *D. salina* در مقیاس بزرگ ممکن است در استرالیا و اسرائیل یافت شود. کشت تجاری این جلبک بعنوان منبع بتاکاروتن به دهه ۱۹۸۰ برمی‌گردد. زیست توده جلبکی آن می‌تواند به انواع مواد مفید مانند گلیسرول، پروتئین، آنزیم‌ها، اسیدهای چرب و ویتامین‌ها تبدیل شود. به دلیل فعالیت‌های پروویتامینی و آنتی اکسیدانی آن، سازمان غذا و داروی ایالات متحده *Dunaliella salina* را بعنوان یک منبع غذایی که عموماً ایمن در نظر گرفته می‌شود، طبقه بندی کرده است، و در درجه اول برای تغذیه انسان و حیوان، رنگ آمیزی مواد غذایی و لوازم آرایشی استفاده می‌شود.

Haematococcus pluvialis ریزجلبک به دلیل ظرفیت خود در جمع آوری سطوح بالای آستاگزانتین شناخته شده است. بازده زیست توده سالانه *H. pluvialis* می‌تواند به بیش از ۳۰۰ تن برسد که آن را به یک انتخاب محبوب در بخش بیوتکنولوژی برای تولید آستاگزانتین تبدیل می‌کند. ارزش اقتصادی آستاگزانتین بیش از ۲۴۰ میلیون دلار در سال است.

محصولات غذایی فراسودمند با ترکیب ریزجلبک‌ها

تجاری سازی کرد. ترکیب *Arthrospira*، و همچنین مزایای سلامتی مرتبط با مصرف *Arthrospira* (یا ترکیبات مشتق شده از آن)، نشان می‌دهد که این پتانسیل را دارد که به یک غذای مهم تبدیل شود و بعنوان یک عنصر در توسعه غذاهای فراسودمند در آینده استفاده شود. طبق گفته FDA، این "یکی از بزرگترین منابع پروتئین" است. *Arthrospira* از ریز جلبک‌ها مجاز است توسط یک سازمان بین دولتی برای مبارزه با سوء تغذیه استفاده شود.

اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه موجود در ریز جلبک‌ها نشان داده شده است که در پیشگیری و درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها از جمله سرطان و بیماری‌های قلبی عروقی موثر هستند. پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی در میان گونه‌های میکرو جلبکی متفاوت است.

پلی‌ساکاریدهای تولید شده از ریز جلبک‌های دریایی از بسیاری جهات امیدوار کننده هستند. این به این دلیل است که آن‌ها آنتی اکسیدان، ضد ویروسی و ضد انعقاد هستند. آن‌ها همچنین بسیار کمتر سمی هستند. ریز جلبک‌های قرمز مانند *Porphyridium sp.* حاوی پلی ساکاریدهای سولفات با خواص ضد التهابی است. پلی‌ساکاریدهای سولفات، کامل ترین دسته پلی ساکاریدهای جلبکی هستند که بطور کامل تحقیق شده‌اند. پلی‌ساکاریدهای سولفات به دست آمده از *Arthrospira* نیز دارای خاصیت ضد ویروسی هستند.

انواع مختلفی از ریز جلبک‌ها وجود دارد، اما تنها تعداد کمی از آن‌ها برای مصرف انسان ایمن هستند. FDA در ایالات متحده طبقه‌بندی GRAS (بطور کلی بعنوان ایمن شناخته می‌شود) را به غذاهای تازه تأیید شده تنها پس از اینکه آزمایش‌های علمی دقیق ایمنی آن‌ها را نشان داد، اعطا می‌کند. چندین ریز جلبک، مانند *Chlorella*، *Arthrospira platensis*، *Dunaliella bardawil* و *vulgaris* نمونه‌هایی از ریز جلبک‌های مورد تأیید GRAS هستند. سیستم‌های غذا و خوراک اتحادیه اروپا توسط کمیسیون اروپا و سازمان ایمنی غذای اروپا تنظیم می‌شود. اسپیرولینا و کلرلا مورد تأیید و پرمصرف‌ترین ریز جلبک‌ها هستند و کل زیست توده آن‌ها را می‌توان در محصولات آشپزی استفاده کرد و مستقیماً برای مصرف کنندگان در کشورهای اروپایی به بازار عرضه کرد.

به گفته سازمان جهانی بهداشت، *Arthrospira* سالم‌ترین محصول شناخته شده برای بشر است. علاوه بر این، *Arthrospira* از نظر یونسکو مناسب‌ترین غذا برای آینده است. به گفته ناسا و ژانسون فضایی اروپا، این یکی از اصلی‌ترین غذاهایی است که می‌تواند در مأموریت‌های فضایی طولانی مدت پرورش داده شود. سابقه طولانی استفاده از *Arthrospira* به این معنی است که می‌توان آن را در اتحادیه اروپا بدون رعایت مقررات جدید غذایی

شده‌اند و غذاهایی هستند که ترکیب طبیعی آن‌ها با افزودن مواد مغذی لازم اصلاح شده است. جذب ریزمغذی‌ها و استفاده از آنها توسط بدن، پیش نیاز غنی‌سازی غذاها برای تأثیر مفید بر وضعیت تغذیه (دسترسی زیستی) است. فراهمی زیستی تحت تأثیر وضعیت تغذیه است. وجود موادی در غذا که به جذب کمک می‌کند یا مانع جذب و فعل و انفعالات بین ریزمغذی‌ها، بیماری‌ها و خواص شیمیایی مولکول مورد استفاده برای تقویت می‌شود. کم خونی فقر آهن در میان کودکان زیر پنج سال در کشورهای مانند شیلی، ونزوئلا و مکزیک بطور قابل توجهی کاهش یافته است. ابتکار یدزدایی نمک نیز در کمتر از یک دهه کارایی خود را نشان داده است. برنامه‌های دیگر روی، ویتامین A و اسید فولیک را به رژیم غذایی اضافه کرده‌اند زیرا این مواد مغذی در بسیاری از جمعیت‌ها، به ویژه در نوزادان و کودکان کم است. به گفته سازمان جهانی بهداشت، غنی سازی مواد غذایی روشی کم هزینه و نسبتاً ساده است که می‌تواند شیوع بالای کمبود ریزمغذی‌ها را که بر کودکان در کشورهای توسعه نیافته تأثیر می‌گذارد، کاهش دهد.



مواد شیمیایی زیست فعال مانند بتا-کاروتن (*D. salina*) و آستگزانتین (*H. Pluvialis*) می‌تواند در کالاهای استفاده شود یا بعنوان مکمل مصرف شود. بعنوان مکمل‌های غذایی، زیست توده جلبکی بصورت قرص، کپسول و مایعات عرضه می‌شود. از آنجاییکه بیوپپتیدها (هیدرولیزهای پروتئینی) راحت‌تر از پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه جذب می‌شوند، منابع پروتئینی مفیدی برای انسان هستند. قابلیت هضم بالا (۸۳ تا ۹۰ درصد) و تمام اسیدهای آمینه لازم (۵۰ تا ۷۰ درصد وزن خشک) در زیست توده آرتروسپیرا یافت می‌شود. نشان داده شده است که زیست توده حاصل از ریزجلبک‌ها از نظر تغذیه و ایمنی برای افراد بهتر از منابع پروتئینی سنتی است. ریزجلبک‌ها منابع عالی ویتامین‌ها و آنتی اکسیدان‌ها در نظر گرفته می‌شوند. ویتامین‌ها و لیپیدهای محلول در آب در این موجودات یافت می‌شوند و می‌توان از آن‌ها در غذا یا بعنوان مکمل استفاده کرد. اسید فولیک، بیوتین و ویتامین‌ها همگی در ریزجلبک‌ها وجود دارند. گونه‌های *Chlorella*، *Arthrospira* و *Dunaliella* برای ایجاد موثر مقادیر زیادی از مواد شیمیایی مهم، از جمله لیپیدها، پروتئین‌ها و رنگدانه‌ها، استفاده شده‌اند.

روندهای جدید کاربرد ریزجلبک در مواد غذایی

غذاهای غنی شده از اوایل قرن بیستم تولید

وعده‌های غذایی طبیعی استفاده می‌شوند. ریزجلبک‌ها نه تنها در قالب قرص، کپسول و پودر استفاده می‌شوند، بلکه به غذاها (ماکارونی، خوراکی‌ها، و نوشیدنی‌ها) بعنوان مکمل‌های غذایی یا بعنوان رنگ‌های خوراکی طبیعی اضافه می‌شوند. علاوه بر این، کاربرد گرما (مانند پخت و پز) باعث از دست دادن ریزمغذی‌ها در غذاهای پخته شده مانند ماکارونی، نان و کلوچه‌های غنی‌شده با ریزجلبک‌ها نشد. در مقابل، اتلاف پخت کمتر و شاخص تورم بالاتر در غذاهای پخته شده حاوی ریزجلبک در مقایسه با نمونه‌های شاهد به دست آمد. افزایش قابل توجهی در سختی ماکارونی با افزایش ریزجلبک‌های اضافه شده به دلیل تقویت ساختاری گزارش شد.

Chlorella vulgaris بعنوان مکمل غذایی، افزودنی، رنگ خوراکی و امولسیون برای محصولات غذایی فروخته می‌شود. همانطور که قبلاً برای بیسکویت کلرلا گزارش شده بود، ویژگی‌های بافتی بیسکویت‌ها بهبود یافت، و رنگ و بافت به مدت سه ماه پایدار بود. هنگامیکه محتوای زیست توده از ۰/۱ درصد به ۰/۳ درصد افزایش یافت، بیسکویت‌ها از رنگ قهوه‌ای به سبز و تیره‌تر تغییر کردند.

بیوتکنولوژی ریزجلبک‌ها در طول ۳۰ سال گذشته بطور فوق العاده‌ای تکامل یافته و متنوع شده است. بعنوان مثال، آرتروسپیرا برای قرن‌ها توسط جمعیت‌های بومی مکزیک و آفریقا مصرف می‌شود. از آن برای تهیه *tecuitlatl*، کیک‌ی ساخته شده با *Arthrospira* که از دریاچه Texcoco در مکزیک تهیه می‌شد، استفاده می‌شد. *Arthrospira* از دریاچه قلیایی Kossorom در چاد جمع آوری شد و برای تهیه کیک‌ی معروف به دیه استفاده شد. زیست توده در بسیاری از محصولات مغذی برای بهبود کیفیت تغذیه و برای داشتن اثر درمانی بر بیماری‌های مزمن استفاده شده است، بنابراین *Arthrospira* همچنین می‌تواند بعنوان یک عنصر کاربردی استفاده شود.

نگرانی‌های مصرف کنندگان درمورد سلامت و ایمنی خوردن غذاهای فراوری شده در سال‌های اخیر افزایش یافته است. در نتیجه افزایش خطر سرطان یا واکنش‌های آلرژیک، FDA و سایر آژانس‌های ملی استفاده از رنگ‌های مصنوعی را محدود کرده‌اند. در نتیجه، افزودنی‌های طبیعی به طور فزاینده‌ای در بخش مواد غذایی محبوب خواهند شد و ریزجلبک‌ها ممکن است در این توسعه نقش داشته باشند. چندین گونه ریزجلبک بصورت تجاری پرورش داده شده‌اند و زیست توده حاصله برای تولید محصولات غذایی مورد استفاده قرار گرفته است. آن‌ها برای تکمیل

بررسی قرار گرفت. سطح پروتئین جیره با افزودن ۵ درصد زیست توده جلبکی، محتوای پروتئینی بیشتر از شاهد را نشان داد. بیسکویت‌های غنی‌شده با *Arthrospira platensis* ۸۶ درصد بیشتر از سایر کلوچه‌های حاوی ریزجلبک قابل هضم بودند و در مقایسه با سایر کوکی‌های حاوی ریزجلبک‌ها در بین داوران محبوب‌تر بودند.

محصولات حاصل از *A. platensis* و آرد برنج (جایگزین آرد گندم) برای ارائه نان بدون گلوتن به افراد مبتلا به سندرم سلیاک بررسی شد. محتوای پروتئین بیشتری در نان‌های بدون گلوتن ساخته شده از آرد برنج با افزودن ۲ تا ۵ درصد *A. platensis* مشاهده شد. نتایج نشان داد که محتوای پروتئین به میزان ۰۴/۳۹ درصد در نان با افزایش زیست توده میکروجلبکی به ۰/۵ درصد افزایش یافت. ریزجلبک‌ها همچنین ترکیب اسید آمینه را با افزایش قابل توجهی در ۱۱ اسید آمینه (چهار مورد از آنها مهم هستند، مانند ترئونین، متیونین، ایزولوسین و لوسین) در مقایسه با گروه کنترل بدون ریزجلبک، بهبود بخشیدند. افزودن *A. platensis* در غلظت‌های مختلف می‌تواند پروتئین، چربی کل و محتوای مواد معدنی را در غذاها افزایش دهد.

Arthrospira platensis برای تولید محصولات غذایی فراسودمند مورد استفاده قرار گرفته است زیرا حاوی پروتئین، چربی‌های غیراشباع، گروه ویتامین B، چندین ماده معدنی و فیکوسیانیین است در تحقیقات اخیر، ترکیب زیست توده ریز جلبکی در اقلام غذایی برای افزایش ویژگی‌های تغذیه‌ای آنها مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از *Chlorella vulgaris* و زیست توده میکروجلبکی *Arthrospira maxima* محصولاتی با محتوای شیمیایی بهبود یافته بدون به خطر انداختن کیفیت پخت ایجاد کرد. مطالعه‌ای برای افزایش ویژگی‌های تغذیه‌ای بیسکویت از طریق ترکیب *A. platensis* انجام شد. ادغام *A. platensis* (۴٪) در فرمولاسیون بیسکویت منجر به افزایش طعم آن شد، همانطور که با افزایش سطوح سختی و تردی مشهود بود. اختلاط ۴٪ *A. platensis* منجر به افزایش قابل توجهی در محتوای پروتئین (۵۷٪) و محتوای اسید آمینه بیسکویت شد. مشخص شد که پتانسیل قابل توجهی برای افزایش ترکیبات غذایی بیسکویت وجود دارد.

افراد دارای سوءتغذیه را می‌توان با غذاهای فراسودمند حاوی آرتروسپیرا مانند شکلات، بیسکویت و غیره حمایت کرد. ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی کوکی‌های شکلاتی غنی شده با *A. platensis* و همچنین قابلیت هضم محصول مورد

دوستی با محیط زیست اهمیت می‌دهند، تمایل به خوردن کالاهای حاوی ریزجلبک دارند. همین توجیه‌ها برای ویژگی‌های حسی مانند چشایی و بویایی صادق است. برای بهبود کیفیت محصول و توسعه بازار، درک نگرش مصرف کنندگان در مورد محصولات غذایی ساخته شده از ریزجلبک‌ها برای ما مهم است. با این کار می‌توانیم بازار هدف خود را مشخص کرده و نیازهای آنها را برآورده کنیم.

استفاده از ریزجلبک‌ها در غذاهای فراسودمند دارای معایبی مانند هزینه، طعم، از بین رفتن برخی از ترکیبات زیست فعال در طی فرآوری، رفلکس مصرف کننده، رنگ شدید آن و غیره است. در حالیکه در سال‌های اخیر رشد دائمی در تقاضا برای کالاهای مبتنی بر ریزجلبک با ارزش بالاتر وجود داشته است، هنوز چالش‌هایی وجود دارد که می‌توان قبل از رسیدن به این صنایع بالقوه به آنها پرداخت. پایداری اقتصادی تولید زیست توده ریز جلبک در مقیاس تجاری، به ویژه فرآیند کشت و برداشت، هنوز با بحران‌های مواجهه است.

ترکیب *Arthrospira platensis* (۰/۰-۰/۰) برای تقویت ویژگی‌های تغذیه‌ای و حسی شکلات سفید بررسی شد. از آنجاییکه هیچ محتوای کاکائویی در شکلات سفید وجود ندارد، مشخص شد که دارای کمبود آنتی‌اکسیدان است، بنابراین محتوای شکلات با افزودن *A. platensis* غنی شد. افزودن ۴ درصد *A. platensis* محتوای پروتئین محصول را ۱/۲۳ درصد، محتوای اسید آمینه کل آن را حدود ۴۵ درصد، محتوای چربی آن را ۳/۱۰ درصد و محتوای مواد معدنی آن را ۵/۱۳ درصد افزایش داد. افزودن ۴ درصد آرتروسیرا به شکلات سفید به طور قابل توجهی باعث افزایش محتوای کلی چربی (به ویژه اسید لینولئیک) شد. محتوای کل PUFA به طور قابل توجهی ۴۵٪ در نمونه غنی شده با میکرو جلبک (۴٪) افزایش یافت. به طور خاص، افزایش قابل توجهی در محتوای آهن شکلات‌های حاوی *Arthrospira platensis* مشاهده شد.

چالش‌های محصولات غذایی حاوی ریزجلبک‌ها

امنیت غذایی و تغذیه و سبک زندگی سالم برای نسل‌های حال و آینده نیازمند تکنیک‌های جدید و پایدار تولید مواد غذایی با پیامدهای زیست‌محیطی کم است. همچنین مهم است که دسترسی به آن آسان باشد و فرهنگ محلی آن را پذیرفته باشد. افرادی که از سلامتی و تغذیه آگاه هستند، و همچنین کسانی که به پایداری و



برای مکمل‌های غذایی فراسودمند دارند. بطور گسترده‌ای پذیرفته شده است که رابطه بین رژیم غذایی و بیماری برپایه تغذیه پیشگیرانه است. همچنین، ریزجلبک‌ها برای توسعه محصولات غذایی چندکاربردی که دارای پتانسیل افزایش سلامت انسان هستند، توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده‌اند. تولید غذاهای فراسودمند حاوی اجزای زیست فعال از ریزجلبک‌ها، احتمالات بلندمدت توسعه پایدار را افزایش می‌دهد. ریزجلبک‌هایی مانند *Arthrospira platensis* و *Chlorella vulgaris* بعنوان منابع طبیعی پروتئین برجسته شده‌اند، در حالیکه *Haematococcus* و *Dunaliella salina* و *pluvialis* منابع رنگدانه در نظر گرفته می‌شوند (به ویژه به دلیل محتوای بتاکاروتن و آستاگزانتین). ریزجلبک‌ها یک گروه بسیار متنوع زیستی با طیف وسیعی از ویژگی‌های بیوشیمیایی هستند. در نتیجه، انواع مواد شیمیایی زیست فعال و لیپیدهای منحصر به فرد، پروتئین‌ها (اسیدهای آمینه ضروری) و کربوهیدرات‌ها را تولید می‌کنند. این ترکیبات زیست‌فعال بعنوان مکمل‌های غذایی محصولات یا بعنوان مکمل‌های غذایی استفاده می‌شود. برای بهبود کیفیت محصول و توسعه بازار، درک نگرش مصرف‌کنندگان نسبت به محصولات غذایی ساخته شده از ریزجلبک‌ها برای ما مهم است. با این کار می‌توانیم بازار هدف خود را مشخص کرده و نیازهای آن‌ها را برآورده کنیم.

هزینه‌های مرتبط با تولید، برداشت و فرآوری بطور گسترده در مطالعات قبلی مورد بحث قرار گرفته است و عامل اصلی جلوگیری از استفاده گسترده از این فناوری است. این توصیه‌های اساسی ممکن است یک نقشه راه مفید برای تولید زیست توده جلبکی کارآمد و ارزان ارائه کند. روش برداشت یکی از بخش‌های گران‌تر تولید ریزجلبک است که معمولاً ۲۰ تا ۳۰ درصد هزینه کلی را تشکیل می‌دهد. در حال حاضر، ۹۰ درصد از هزینه به دست آوردن زیست توده ریز جلبکی از حوضچه‌های باز به روش‌های برداشت انرژی بر مانند شناورسازی، سانتریفیوژ، فیلتراسیون و تکنیک‌های مبتنی بر الکتریسیته نسبت داده می‌شود. در نهایت، نگاهی به بیوتکنولوژی‌های آینده که برای تولید، برداشت و فرآوری ریزجلبک‌ها با استفاده از رویکردهای سازگار با محیط زیست و مقرون به صرفه ترکیب می‌شوند، پیشنهاد شده است. *Arthrospiras* برداشت شده معمولاً خشک می‌شوند تا نگهداری و گنجاندن آن‌ها در غذا راحت‌تر شود. تکنیک‌های خشک کردن چالش کلیدی دیگری است که تأثیر قابل توجهی بر زیست توده ریز جلبکی خشک شده دارد. تکنیک‌های خشک کردن می‌تواند مواد مغذی ریزجلبک‌ها را به شدت کاهش دهد.

نتیجه‌گیری

ریزجلبک‌ها پتانسیل زیادی برای ارائه منبع ارزشمندی از ترکیبات زیست فعال مفید

گنجاندن ریزجلبک‌ها در غذا ممکن است نحوه جذب و استفاده از مواد زیست فعال موجود در ریزجلبک‌ها را نیز تغییر دهد. بنابراین لازم است تا فواید سلامتی غذاهای تهیه شده از ریزجلبک‌ها را بطور کامل توضیح دهیم. این امر فروش غذاهای تهیه شده از ریزجلبک‌ها را بعنوان "غذاهای فراسودمند" آسانتر می‌کند، زیرا مصرف کنندگان معتقدند که این محصولات برای سلامتی آن‌ها بهتر است و به همین دلیل، آن‌ها مایلند قیمت بیشتری برای آن بپردازند. این اطلاعات ممکن است در فرآیند تبلیغ و فروش این محصول منحصر به فرد مفید باشد.



ترکیبات طبیعی ضد میکروبی برای کاربردهای بسته بندی فعال مواد غذایی

نرگس محمد حسینی^۱، صبا یدالهی^۱

۱- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی

چکیده

بخش های مختلف گیاهان، حیوانات یا خاک است. در صنعت غذا، به ویژه برای بسته بندی مواد غذایی، این عصاره ها کاربرد قابل توجهی بعنوان مواد نگهدارنده طبیعی و ترکیبات عملکردی در سیستم های بسته بندی فعال و هوشمند دارند. بسته بندی از عوامل کلیدی در صنعت فرآوری مواد غذایی است که عمدتاً توسط پلیمرهای مصنوعی غیر قابل تجزیه مشتق از نفت حاصل شده است. در سطح جهانی، موادی مانند کاغذ، شیشه، چوب و پلاستیک برای تولید مواد بسته بندی استفاده می شوند که بیش از دوسوم آنها مختص بسته بندی مواد غذایی است. این روند ناشی از تغییر عادات غذایی و رشد سودآور بازارهای جهانی است امروزه پلیمرها به دلیل پارامترهای کیفی مطلوب و سهولت فرآیند تولید، به بخش جدایی ناپذیر زندگی تبدیل شده اند. بر اساس گزارش های قبلی، تولید جهانی پلاستیک ها (شامل ترموپلاستیک ها، ترموست ها، الاستومرها، چسب ها، پوشش ها و درزگیرها و الیاف پلی پروپیلن) در سال ۲۰۱۹ به ۳۵۹ میلیون تن رسید که سهم آسیا ۵۱ درصد بود.

مواد غذایی به فناوری های پیشرفته تری برای نگهداری تازه و ایمن در دوره های طولانی تر نیاز دارند. از طرفی، افزایش آگاهی زیست محیطی و تقاضای مصرف کنندگان برای محصولات غذایی ایمن و با کیفیت، محققان را به سمت بررسی روش های نوین حفظ مواد غذایی از جمله بسته بندی فعال سوق داده است. ترکیبات ضد میکروبی از رویکردهای نوظهور در حوزه بسته بندی فعال محسوب می شوند. افزودنی های شیمیایی نه تنها اثرات نامطلوبی بر مواد غذایی دارند، بلکه از نظر اقتصادی نیز برای تولید انبوه مقرون به صرفه نیستند. بسته بندی فعال حاوی افزودنی های طبیعی مانند عوامل ضد میکروبی طبیعی می توانند راه حل پایدارتری ارائه دهند. منابع طبیعی مانند گیاهان (ادویه ها، گیاهان دارویی)، حیوانات، قارچ ها، آنزیم ها و میکروارگانیسم ها بعنوان منابع ترکیبات زیست فعال طبیعی شناخته می شوند. اخیراً از این ترکیبات در توسعه مواد بسته بندی فعال استفاده شده است.

مقدمه

طبیعت سرشار از ترکیبات فعال در

تولیدشده با افزودن عصاره گیاهی به پلیمرها معمولاً منجر به تغییر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، مکانیکی و موانع نفوذپذیری می‌شوند و کاربردهای گسترده‌ای در صنعت پلیمرها دارند. ترکیبات عصاره گیاهی بطور گسترده در صنعت غذا برای افزایش ماندگاری محصولات فاسدشدنی استفاده شده‌اند. به‌کارگیری ترکیبات زیست فعال طبیعی در مواد غذایی فرصتی جذاب برای استفاده از خواص بیولوژیکی آن‌ها فراهم می‌کند. این روش امکان تولید مواد غذایی را بدون افزودنی‌های شیمیایی را فراهم می‌کند، چرا که سناریوی فعلی به دنبال کاهش مداخلات شیمیایی برای تضمین ایمنی مصرف‌کننده است. اخیراً، سیستم‌های بسته‌بندی زیست‌تخریب‌پذیر توسعه‌یافته با استفاده از عوامل ضد میکروبی طبیعی توجه تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را جلب کرده‌است. ادغام عصاره‌های طبیعی از منابع مختلف بعنوان ضد میکروب، ویژگی‌های ماتریکس بیوپلیمرها را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، این روش پایداری اکسیداتیو محصولات غذایی را افزایش داده و تشکیل پاتوژن‌های منتقله از غذا را محدود می‌کنند. این فناوری حتی در مواردی که ذخیره‌سازی سرد، بسته‌بندی اتمسفر کنترل‌شده یا بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده در دسترس نیستند، اقدامات ایمنی اضافی برای مواد غذایی فراهم می‌کند.

استفاده بی‌رویه از پلیمرهای مصنوعی منجر به تجمع ضایعات پلاستیکی و نگرانی‌های زیست‌محیطی شده است که سهم قابل‌توجهی از آن مربوط به بسته‌بندی مواد غذایی است. مشکلات فزاینده در دفع ضایعات و اثرات منفی پلیمرهای مصنوعی بر اکولوژی و سلامت عمومی، نگرانی جهانی برای توسعه مواد جایگزین سازگار با محیط‌زیست را برانگیخته است. پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر می‌توانند جایگزین مناسبی برای پلیمرهای مصنوعی در بسیاری از کاربردهای صنعتی از جمله بسته‌بندی مواد غذایی باشند. انجمن آمریکایی آزمون و مواد پلاستیک زیست‌تخریب‌پذیر را بعنوان پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیری که "بر اثر فعالیت میکروارگانیسم‌های طبیعی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و جلبک‌ها تجزیه می‌شوند" معرفی می‌کنند. در صنعت غذا، بیوپلیمرهایی مانند پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها و لیپیدها بطور متداول برای تولید فیلم‌های بسته‌بندی زیست‌تخریب‌پذیر و سازگار با محیط‌زیست استفاده می‌شوند.

ترکیب بیوپلیمرها با عصاره‌های طبیعی یکی از موفق‌ترین روش‌ها برای ایجاد مواد جدید با ویژگی‌های مطلوب است. این ترکیبات علاوه بر این، دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی، ضدقارچی و ضدویروسی هستند. در مقایسه با فیلم‌های حاوی اجزای منفرد، فیلم‌های بسته‌بندی

منابع ضد میکروبی طبیعی

ترجیحات مصرف کنندگان در طول زمان تغییر می کند و آنها نسبت به پارامترهای ایمنی و محتوای تغذیه ای آگاه تر شده اند. در دهه های اخیر، نگرانی های درباره کیفیت و ایمنی مواد غذایی به دلیل افزایش شیوع بیماری های ناشی از عوامل بیماریزا ایجاد شده است. بنابراین، نیاز به جستجوی روش های جایگزین برای نگهداری مواد غذایی به جای روش های شیمیایی و ضد میکروبی مصنوعی احساس می شود. بسیاری از محصولات تازه حاوی ترکیبات طبیعی با فعالیت ضد میکروبی هستند. اخیراً تقاضای مصرف کنندگان برای مواد غذایی با کیفیت بالا و ارزش تغذیه ای افزایش یافته است. امروزه نیاز به استفاده از سیستم های نگهداری طبیعی یا مواد نگهدارنده برای حذف یا نابودی ارگانیسم های بیماریزا یک ضرورت اصلی است، جایکه مواد نگهدارنده مصنوعی تاکنون غالب بوده اند. به همین دلایل، مواد نگهدارنده حاصل از منابع طبیعی مانند گیاهان، حیوانات و میکروفلورا اکنون مورد توجه قرار گرفته اند. مواد فعال در بسته بندی می توانند نقش حیاتی در افزایش ماندگاری مواد غذایی هنگام استفاده در ماتریکس بیوپلیمری ایفا کنند. عوامل ضد میکروبی از منابع طبیعی توجه قابل ملاحظه ای را به خود جلب کرده اند؛ جستجوی تعامل ترکیبی دو یا چند عامل می تواند برای کنترل رشد میکروبی در

مواد غذایی مفید باشد. ادویه جات و گیاهان دارویی بعنوان منابعی از اثرات ضد میکروبی علیه پاتوژن های گرم مثبت مانند لیستریا مونوسیتوزنر شناخته می شوند. ترکیبات فعال استخراج شده از ادویه ها و گیاهان دارویی مانند پیاز، سیر و دارچین - شامل آلدهیدها، کتون ها، استرها و هیدروکربن ها - می توانند با اثرات سینرژیستیک ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی خود، مدت زمان نگهداری محصولات غذایی را به طور معناداری افزایش دهند. اولین شواهد علمی درباره خواص نگهدارندگی ادویه ها به دهه ۱۸۸۰ بازمی گردد، زمانی که محققان اثر ضد میکروبی روغن دارچین را علیه هاگ های باسیلوس آنتراسیس (عامل سیاه زخم) شناسایی کردند مطالعات بعدی نشان داد که بسیاری از گیاهان دارویی و ادویه ها اثر بازدارندگی قابل توجهی بر رشد باکتری ها، کپک ها و مخمرها دارند. بطور خاص، عصاره هیدروسول فلفل دلمه ای و رزماری توانایی قابل توجهی در مهار رشد سلول های رویشی (غیرهاگزا) عوامل بیماریزا از خود نشان داده اند.



مکانیسم ضد میکروبی ترکیبات طبیعی

تکثیر میکروبی موجب کاهش کیفیت و ایمنی محصولات غذایی می‌گردد. افزایش جمعیت میکروبی نه تنها تسریع کننده ایجاد بوهای نامطبوع است، بلکه می‌تواند منجر به تغییرات نامطلوب در عطر، رنگ و بافت محصول نیز شود. علاوه بر این، برخی باکتری‌های بیماری‌زای ثانویه و توکسین‌های تولیدی توسط آنها قادرند موجب بروز شیوع شدید مسمومیت‌های غذایی گردند. به منظور کاهش فساد مواد غذایی و افزایش طول عمر نگهداری محصولات، امروزه از اقدامات پیشگیرانه مؤثر و فناوری‌های هوشمند نگهداری استفاده می‌شود که شامل روش‌های مختلفی می‌گردد. این ترکیبات طبیعی از طریق مکانیسم‌های مختلفی همچون تخریب دیواره سلولی، اختلال در متابولیسم و مهار سنتز پروتئین‌های ضروری، رشد میکروارگانیسم‌ها را مهار می‌کنند. استفاده از این ترکیبات علاوه بر مزایای متعددی مانند ایمنی بالاتر نسبت به نگهدارنده‌های شیمیایی، حفظ ارزش تغذیه‌ای محصول و سازگاری زیستی، می‌تواند به حفظ ویژگی‌های حسی مطلوب محصول نیز کمک شایانی نماید. مواد بسته‌بندی زیست‌تخریب‌پذیر، فیلم‌های خوراکی و پوشش‌ها می‌توانند با ترکیبات طبیعی طی دوره نگهداری ترکیب شوند. عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بر نفوذ مواد ضد میکروبی از طریق مواد بسته‌بندی تأثیر می‌گذارند.

در تحقیقات جدیدتر، عصاره‌های اتانولی و هگزانولی گیاهان مختلف فعالیت ضد میکروبی امیدوارکننده‌ای علیه لیستریا اینوکوا، استافیلوکوک اورئوس و سودوموناس فلورسنس نشان داده‌اند. هرچند عصاره‌گیری با حلال‌های آبی در مقایسه با روش‌های دیگر، فعالیت ضد میکروبی کمتری علیه باکتری‌هایی مانند باسیلوس فاستیدیوس، سالمونلا کلر/سوییس، کلبسیلا پنومونیه و سودوموناس آئروژینوزا در نسبت‌های رقیق‌سازی مختلف (۱:۱، ۱:۵ و ۱:۲۰) داشته است. جالب توجه اینکه ترکیبات چای سبز اثر ضدباکتریایی قابل توجهی علیه باسیلوس سرئوس و لیستریا مونوسیژنوزا دارند، در حالیکه رزماری بطور خاص در محیط کشت سوی براث، مهار قوی رشد باسیلوس سرئوس را نشان داده است. یکی از جالب‌ترین یافته‌ها مربوط به ترکیب عصاره دارچین، رزماری و روغن میخک است که در شرایط بسته‌بندی تحت خلأ، موجب کاهش ۸۱/۱ تا ۳۲/۲ لگاریتمی بار میکروبی گوشت خوک تازه در مقایسه با نمونه‌های شاهد شده است. کیفیت و ایمنی مواد غذایی تحت تأثیر عوامل فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژیکی قرار دارد. از آنجا که عوامل میکروبی مسئول بیشتر تغییرات فیزیکوشیمیایی در مواد غذایی هستند، حفاظت محصولات در برابر تهاجم میکروارگانیسم‌ها ضروری است.

اشباع شده باشد. اندازه گروه آلکیل یا آلکنیل نیز بر فعالیت ضد میکروبی ترکیب تأثیر می‌گذارد. گروه‌های آلکیل مرتبط با پیوند دوگانه بین دو اتم کربن که الکترونگاتیویته بالایی دارند، در انتقال الکترون تداخل ایجاد کرده و با پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک واکنش می‌دهند و بدین ترتیب فعالیت ضد میکروبی را بهبود می‌بخشند. ساختار فنولی در اسانس‌های گیاهی نقش مهمی در فعالیت ضد میکروبی ایفا می‌کند. گروه‌های فعال در اسانس‌ها مانند گروه OH - و زنجیره‌های اسید آللیک برای فعالیت ضد میکروبی آن‌ها حیاتی هستند و اثربخشی ضد میکروبی اسانس‌ها را افزایش می‌دهند (شکل ۱).

فعالیت ضد میکروبی ترکیبات طبیعی ممکن است بسته به نوع میکروارگانیسم، روش استخراج، محیط کشت، اندازه مایه تلقیح و روش سنجش متفاوت باشد. اثربخشی و کارایی عوامل ضد میکروبی به غلظت آن‌ها بستگی دارد. در غلظت‌های پایین، پلی‌فنول‌ها فعالیت آنزیم‌های مرتبط با تولید انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، در حالیکه در غلظت‌های بالاتر باعث تخریب پروتئین‌ها می‌شوند. توانایی ترکیبات ضد میکروبی در تغییر نفوذپذیری سلولی، منجر به اختلال در عملکرد غشای سلولی (از جمله انتقال الکترون، جذب مواد غذایی، تولید پروتئین و DNA) و فعالیت آنزیمی شده و در نهایت ساختار و عملکرد سلول را تغییر می‌دهد (شکل ۱).

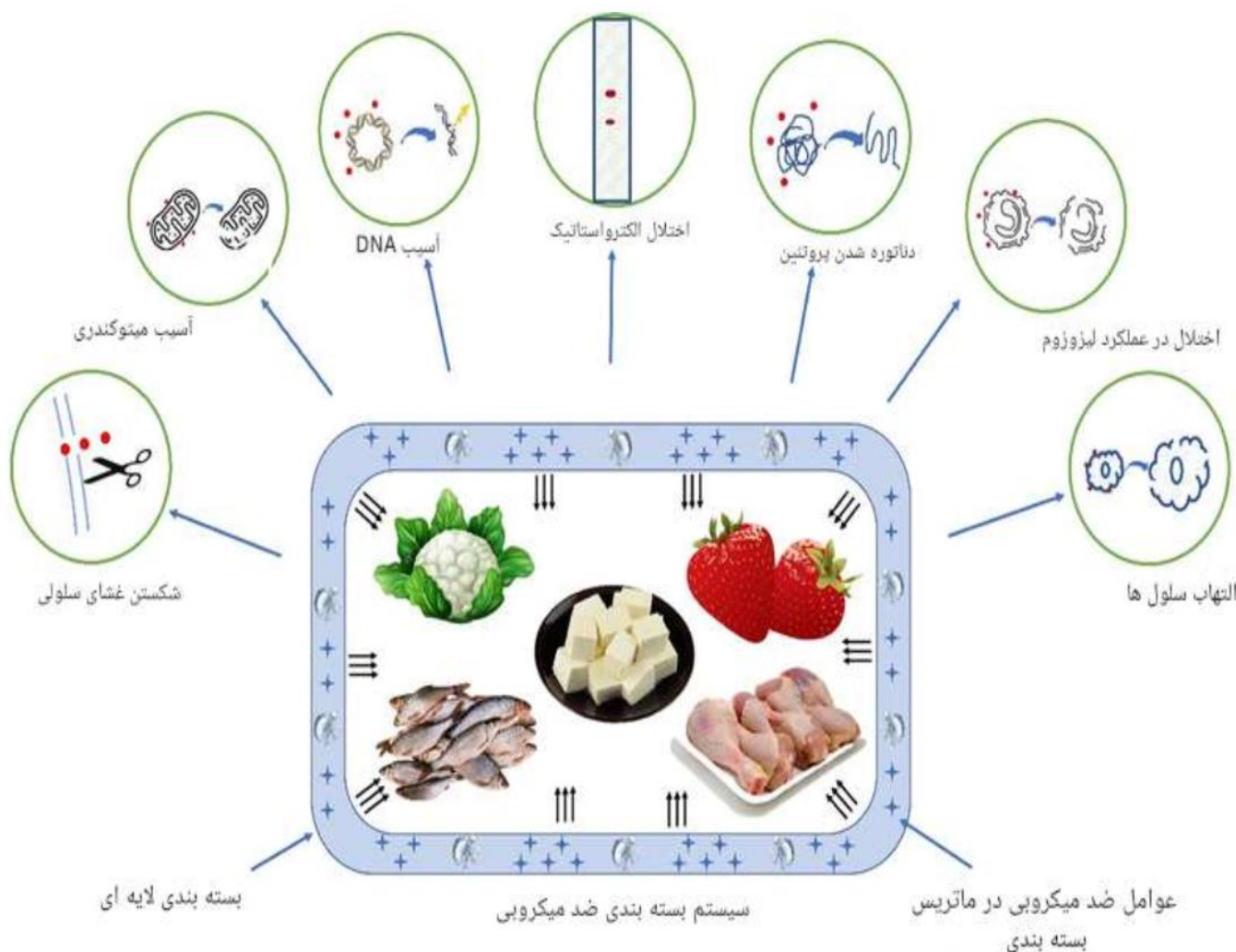
عملکرد بسته‌بندی ضد میکروبی مبتنی بر افزایش فاز تأخیر و کاهش تعداد سلول‌های زنده باکتری‌های هدف است. این نوع بسته‌بندی در برابر عفونت‌های باکتریایی، قارچ‌ها، مخمرها و هاگ‌زایی در محصولات گوشتی، لبنی، میوه‌ها و سبزیجات تازه محافظت ایجاد می‌کند. البته اثر بازدارنده ممکن است بسته به گونه میکروارگانیسم و تفاوت‌های مکانیسم عمل و فیزیولوژی آن‌ها متفاوت باشد. درک نحوه عمل این عوامل می‌تواند در تعیین اثربخشی ضد میکروبی و اثرات بازدارنده آن‌ها کمک کند. مکانیسم دقیق فعالیت ضد میکروبی هنوز بطور کامل شناخته نشده است. ترکیبات طبیعی دارای ساختارهای متنوعی هستند و فعالیت ضد میکروبی آن‌ها در برابر میکروارگانیسم‌ها به پیکربندی ساختاری آن‌ها بستگی دارد. گروه‌های فنولی حاوی گروه‌های هیدروکسیل در واحدهای ساختاری خود هستند که با ایجاد تداخل در غشای سلولی باکتری‌های هدف، ساختار غشا را مختل کرده و موجب نشت اجزای سلولی می‌شوند (شکل ۱).

یک مکانیسم خاص ترکیبات ضد میکروبی گیاهی، بی‌ثبات کردن غشای سیتوپلاسمی توسط گروه‌های OH - است که بعنوان مبادله‌کننده پروتون عمل کرده و منجر به کاهش گرادیان pH در عرض غشای سیتوپلاسمی و مرگ سلولی می‌شود. توضیح دیگر برای عملکرد ضد میکروبی این ترکیبات می‌تواند موقعیت جایگزینی گروه OH - در حلقه آروماتیک و طول زنجیره

اسانس گیاهی بعنوان ترکیبات ضد میکروبی

اسانس‌های گیاهی متابولیت‌های ثانویه فراری هستند که از گیاهان مختلفی مانند ادویه‌جات و گیاهان دارویی از طریق فرآیندهای استخراج گوناگون بدست می‌آیند. این ترکیبات، مشابه بسیاری از متابولیت‌های دیگر، دارای طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های زیستی هستند که قرن‌ها توسط بشر مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

اسانس‌ها مولکول‌های پیچیده‌ای هستند که عمدتاً برای مصارف دارویی، عطری، آرایشی و بهداشتی به کار می‌روند. از قرن نوزدهم به دلیل فعالیت زیستی بالا بعنوان آنتی‌اکسیدان، ضد میکروب، ضد قارچ و ضد ویروس، در علوم غذایی و تغذیه نیز استفاده شده‌اند. در گذشته از این ترکیبات به عنوان طعم‌دهنده و مواد معطر و همچنین بعنوان نگهدارنده در برخی مواد غذایی استفاده می‌شد.



شکل ۱- تصویر شماتیک مکانیسم ضد میکروبی مواد بسته‌بندی حاوی ترکیبات ضد میکروبی طبیعی برای کاربردهای غذایی

باکتریایی که باکتریوسین نامیده می‌شوند، به دلیل تحمل دمای بالا و محیط‌های اسیدی، محبوبیت فزاینده‌ای پیدا کرده‌اند. این ترکیبات صرفاً محصولات جانبی متابولیک مانند پپتیدهای ضد میکروبی هستند که توسط سیستم دفاعی باکتری از سلول باکتریایی تولید می‌شوند. باکتریوسین‌ها می‌توانند رشد میکروارگانیسم‌ها، به ویژه باکتری‌های گرم مثبت را مهار کنند؛ آن‌ها با تماس با سطح سلول، غشای سیتوپلاسمی باکتری را ناپایدار می‌کنند. باکتریوسین‌های مشتق از باکتری‌های اسید لاکتیک به دلیل کاربرد در فرآورده‌های تخمیر برای تولید محصولات لبنی پذیرش بیشتری دارند. نایسین که توسط باکتری لاکتوکوکوس لاکتیس (معمولاً در شیر یافت می‌شود) تولید می‌شود، توسط FDA و GRAS تأیید شده است. با این حال، مطالعاتی وجود دارد که نشان می‌دهد بسیاری از باکتریوسین‌های دیگر مانند لاکتیسین‌ها، پدیوسین و پروپیونیسین‌ها بعنوان عوامل ضد میکروبی در کاربردهای غذایی مختلف بررسی شده‌اند.



امروزه، پتانسیل اسانس‌ها بعنوان یک جزء فعال در توسعه سیستم‌های بسته‌بندی مورد توجه قرار گرفته است، چرا که حاوی ترکیبات زیست‌فعال طبیعی هستند و خطرات ایمنی مواد غذایی مرتبط با افزودنی‌های شیمیایی یا مصنوعی را کاهش می‌دهند. کاربرد بسته‌بندی‌های غذایی در حال حاضر، استفاده از اسانس‌ها در توسعه فیلم‌ها یا پوشش‌های بسته‌بندی غذایی، به طور مستقیم با کاربرد آن‌ها در فیلم‌های خوراکی یا زیست‌تخریب‌پذیر در ترکیب با سیستم‌های چندجزئی پروتئین- پلی‌ساکارید-لیپید مرتبط است. به همین دلیل، استفاده از اسانس‌ها در این زمینه رونق یافته است، زیرا این ترکیبات نه تنها فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی را افزایش می‌دهند، بلکه نفوذپذیری فیلم‌های بسته‌بندی نسبت به آب را نیز کاهش می‌دهند. اسانس‌های گیاهی با خاصیت ضد میکروبی قوی شامل: سیترونلا، ترکیبات چای، پونه کوهی، دارچین، میخک، نعنا، رزماری و علف لیمو. این ترکیبات گیاهی توانایی مهار طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌های فاسدکننده مواد غذایی را دارند. تحقیقات نشان داده‌اند که این اسانس‌ها می‌توانند بعنوان عوامل ضد میکروب طبیعی در سیستم‌های بسته‌بندی فعال مورد استفاده قرار گیرند.

ترکیبات ضد میکروبی حاصل از میکروارگانیسم‌ها

باکتریوسین‌ها و نایسین: عوامل ضد میکروبی تولیدشده از سلول‌های

پنیسیلیوم را به میزان قابل توجهی (بیش از دو چرخه لگاریتمی) کاهش داد. مکانیسم ضد میکروبی روترین بطور کامل بررسی نشده است. شواهد نشان می‌دهند که محتوای آلدئیدی روترین می‌تواند با گروه سولفیدریلی مولکول‌های زیستی ضروری میکروارگانیسم‌ها واکنش دهد. توضیح دیگر این است که فرم دیمری روترین با مهار سنتز DNA، موجب مرگ میکروارگانیسم‌ها می‌شود. تناقضاتی بین مطالعات موجود درباره تأثیر مواد فعال در فیلم یا پوشش بسته‌بندی وجود دارد. برخی یافته‌ها اثر منفی بر ظاهر فیزیکی محصولات تازه‌برش‌شده مانند کاهو نشان داده‌اند، در حالیکه مطالعات دیگر بیان می‌کنند روترین همراه با اسانس، تأثیری بر ظاهر کاهو ندارد. با این حال، روترین به دلیل مکانیسم عمل گسترده، مقاومت به دمای بالا، حلالیت در آب و طیف وسیع pH، می‌تواند بعنوان نگهدارنده غذایی و عامل ضد میکروبی بالقوه مورد استفاده قرار گیرد.

کاربردهای عوامل ضد میکروبی در بسته‌بندی مواد غذایی

عوامل ضد میکروبی در کاربردهای مختلف مرتبط با غذا، از جمله توسعه بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شوند. پیشتر، عوامل ضد میکروبی عمده در غذاها برای مهار میکروارگانیسم‌ها (کپک‌ها، باکتری‌ها و مخمرها) به کار می‌رفتند.

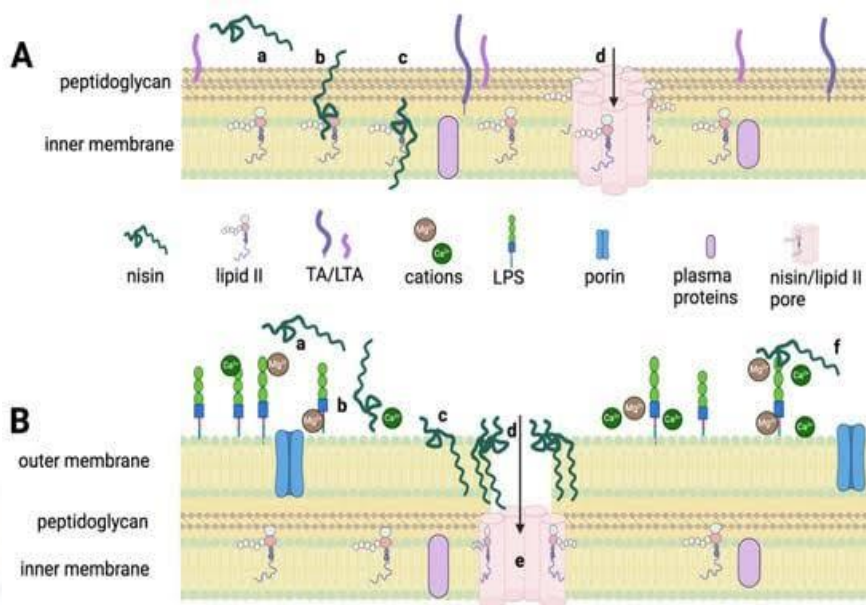
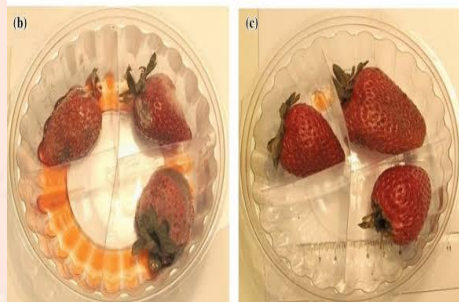
پدیوسین: پدیوسین عمدتاً از دو ناحیه تشکیل شده است: یک ناحیه کاتیونی هیدروفیل در انتهای N و یک ناحیه آبگریز/آمفیفیلک در انتهای C ساختار پدیوسین ارتباط نزدیکی با عملکرد ضد میکروبی آن دارد که شامل ایجاد اسپور در غشای هدف است. این فرآیند منجر به خروج جزئی مواد، کاهش ATP سیتوپلاسمی، جدایی نیروی پروتونی و در نهایت مرگ سلولی می‌شود. استفاده از پدیوسین در مواد بسته‌بندی سلولزی، اثر ضد میکروبی علیه لیستریا/اینوکوا و لیستریا مونوسییتوزنر نشان داده است. در مطالعه دیگری، نانوکامپوزیت ساخته‌شده از متیل سلولز حاوی پدیوسین و نانوذرات اکسید روی، پایداری ضد/استافیلوکوکوس/اورئوس و لیستریا مونوسییتوزنر را همراه با بهبود خواص فیزیکوشیمیایی فیلم نشان داد.

روترین: روترین توسط گونه‌های لاکتوباسیلوس تولید می‌شود که در اسیدهای چرب با کمک گلیسرول سنتز می‌شود. این ترکیب علیه چندین عامل بیماری‌زا و فاسدکننده مؤثر است. روترین اثر باکتریواستاتیک علیه لیستریا مونوسییتوزنر، کمپیلوباکتر ژژونی، استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیا کلی دارد. پکتین بعنوان پوشش خوراکی با اسانس لیمو، فعالیت ضد میکروبی بالایی برای نگهداری توت‌فرنگی در دمای سرد نشان داد. این روش در مقایسه با نمونه شاهد، اسپوره‌های

ادغام مستقیم عوامل ضد میکروبی در مواد غذایی مقایسه می‌شود. دلیل این امر، اتصال عوامل ضد میکروبی به فیلم یا لایه پلیمری و غیرفعال شدن تدریجی آن‌ها در طول زمان است. نرخ انتشار عوامل ضد میکروبی از ماتریس ادغام شده به غذا نیز پدیده‌ای حیاتی است. غلظت ترکیبات زیست فعال در مواد بسته‌بندی بر ویژگی‌های فیزیکی و عملکردی مواد توسعه یافته تأثیر می‌گذارد و همچنین رنگ و کدوری را به پلیمرها منتقل می‌کند. مطالعات متعددی درباره ادغام ترکیبات ضد میکروبی در مواد بسته‌بندی گزارش شده که اثربخشی این ترکیبات در مهار میکروارگانیسم‌های فاسدکننده و به تأخیر انداختن تغییرات رنگی، طعم و کهنگی محصولات تازه را نشان می‌دهد (جدول ۱).

عوامل ضد میکروبی در بسته‌بندی سه نقش کلیدی در محافظت و حفظ مواد غذایی ایفا می‌کنند: (۱) افزایش ماندگاری از طریق مهار رشد همه انواع میکروارگانیسم‌ها با تماس مستقیم یا غیرمستقیم با غذا، (۲) استریل‌سازی فیلم یا لایه‌های بسته‌بندی برای کاهش آلودگی‌های احتمالی در غذاهای تازه و فرآوری‌شده، (۳) محافظت از تجهیزات (مانند ماشین‌های بسته‌بندی) در برابر میکروارگانیسم‌ها.

انتخاب عوامل ضد میکروبی در بسته‌بندی مواد غذایی بر اساس معیارهایی مانند فعالیت ترکیبات، منبع استخراج، ترکیبات فعال، نرخ رشد میکروارگانیسم‌ها، مکانیزم عمل، شرایط نگهداری و شرایط فیزیولوژیکی میکروب‌ها انجام می‌شود. اثربخشی بسته‌بندی ضد میکروبی معمولاً با



جدول ۱- خلاصه‌ای از عوامل ضد میکروبی طبیعی گنجانده شده برای کاربرد بسته‌بندی مواد غذایی بیوپلیمری ضد میکروبی

ماتریکس بیو پلیمری	عامل ضد میکروبی	یافته های کلیدی
پلی لاکتیک اسید	پدیوسین	کاهش رشد لیستریا مونوسیتوژنز در گوشت خام خوک بسته بندی شده
پکتین و پلی لاکتیک اسید	نایسین	کاهش رشد لیستریا مونوسیتوژنز در محیط کشت و محصولات غذایی
سلولز باکتریایی زیست تخریب پذیر	اسید سوربیک	اثر ضد میکروبی علیه /شرشیا کلی
آلژینات	نایسین	مهار رشد استافیلوکوکوس اورئوس در گوشت گاو
پروتئین زئین	اسید سوربیک	کنترل جمعیت لیستریا مونوسیتوژنز در ذرت شیرین به مدت 8 روز
کامپوزیت پروتئین _ پلی ساکارید	نایسین	مهار رشد سالمونلا در پوست مرغ تازه
کاراگینان	نایسین	اثر ضد پاتوژن و باکتری های فاسد کننده غذا
پلی لاکتیک اسید / پلی هیدروکسی بوتیرات	عصاره پوست مرکبات	اثر ضد میکروبی عالی علیه استافیلوکوکوس اورئوس
کیتوزان	پروسیانیدین ها	اثر ضد میکروبی علیه پاتوژن های منتقله از غذا
پولولان و سلولز کربوکسیله شده	پلی فنول های چای	خواص آنتی اکسیدانی ، ضد میکروبی و محافظت در برابر UV
سلولز اکسید شده	نیسین	فعالیت ضد میکروبی خوب علیه آلیسیلواسیلوس اسیدوترسترستریس
کازئینات سدیم	اسانس بابونه	فعالیت ضد میکروبی بالقوه علیه /استافیلوکوکوس اورئوس و /شرشیا کلی
آلژینات	اسانس میخک ، دارچین و مرزنجوش	مهار میکروبی علیه /شرشیا کلی ، /استافیلوکوکوس اورئوس و لیستریا مونوسیتوژنز
زئین زیست پایه	اسانس دارچین	کاهش رشد /شرشیا کلی و /استافیلوکوکوس اورئوس
نانو کامپوزیت کیتوزان / نانو رس	اسانس رزماری	کاهش 2.1 تا 1.2 لگاریتمی واحد تشکیل کلنی در گوشت مرغ تازه
پلی وینیل الکل / پلی اتیلن گلیکل	اسانس آویشن	اثر ضد باکتریایی علیه /شرشیا کلی و /استافیلوکوکوس اورئوس

نتیجه‌گیری

پایدارتر برای صنعت فرآوری مواد غذایی ارائه می‌دهند. ترکیبات زیست فعال طبیعی با تخریب سلولی، تخلیه ATP و در نهایت مرگ سلولی عمل می‌کنند.

در عین حال، منابع جدید گیاهی یا جانوری می‌توانند به مخزنی غنی از ترکیبات فعال برای توسعه بسته‌بندی فعال تبدیل شوند. در نتیجه، این ترکیبات طبیعی فرصتی عالی برای توسعه پیشرفته‌تر بسته‌بندی فعال مواد غذایی فراهم می‌کنند که عاری از مواد شیمیایی، سازگار با محیط زیست و با حداقل یا بدون عوارض جانبی برای سلامت انسان هستند. اگرچه نوآوری‌های قابل توجهی برای حفظ کیفیت مواد غذایی و افزایش ماندگاری آن‌ها انجام شده، اما هنوز کارهای زیادی برای ایجاد یک استاندارد جدید برای نسل‌های آینده باقیمانده است.

بسته‌بندی فعال در کاربردهای غذایی به دلیل نوآوری‌های اخیر در طراحی بسته‌بندی، عملکرد مواد، علم مواد، مهندسی، ترمودینامیک و تقاضای مصرف‌کنندگان، اعتماد زیادی ایجاد کرده است. این فناوری‌های نوظهور می‌توانند کیفیت، پایداری و ایمنی مواد غذایی را بهبود بخشند، مداخله شیمیایی در مواد غذایی را کاهش دهند و با ادغام ترکیبات زیست فعالی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها و عوامل ضد میکروبی، اطمینان قابل توجهی به مصرف‌کنندگان بدهند. در این مقاله، ترکیبات ضد میکروبی مشتق‌شده از منابع طبیعی مورد تأکید قرار گرفتند. منابع ترکیبات فعال و مکانیسم‌های ضد میکروبی آن‌ها بطور کامل بررسی شدند. منابع طبیعی این ترکیبات، رویکردی ایمن‌تر و



تبدیل آب پنیر به ترکیبات ضد میکروبی و تنظیم کننده ایمنی از طریق فرآیند تخمیر

فاطمه محمدی^۱

۱- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی

چکیده

این محصولات جانبی فرآوری لبنیات، شامل شیر دلمه شده، شیرهای ریخته شده یا فاسد شده، ضایعات بستنی و آب پنیر، به دلیل سطح بالای اکسیژن خواهی شیمیایی، یک چالش زیست محیطی جدی محسوب می شوند. تولید ۱ کیلوگرم پنیر حداقل ۹۱.۶٪ آب پنیر شیرین و تولید ۱ کیلوگرم ماست یونانی حدود ۲-۳ کیلوگرم آب پنیر اسیدی ایجاد می کند.

ترکیبات اصلی آب پنیر آب، لاکتوز، پروتئین و مواد معدنی هستند. پروتئین های آب پنیر حدود ۲۰٪ از پروتئین شیر گاو را تشکیل می دهند و شامل: حدود ۵۰٪ بتا-لاکتوگلوبولین، ۲۰٪ آلفا-لاکتوبومین، ۱۶٪ ایمونو گلوبولین، ۸٪ آلبومین سرم و بقیه پروتئین های فرعی همچون لاکتوفرین هستند. بخشی از آب پنیر به محصولات باارزش تر مانند کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC)، پودر آب پنیر و پرمیت های آب پنیر تبدیل می شود، اما حجم زیادی از آب پنیر مایع تولید شده در فرآیندهای پنیر و ماست، دور ریخته یا بعنوان خوراک دام استفاده می شود.

تخمیر توسط باکتری های اسید لاکتیک (LAB) برای سالیان متمادی، به منظور حفظ کیفیت مواد غذایی و بهبود قابلیت مصرف آنها استفاده شده است. این میکروارگانیسم ها همچنین قادر به تولید ترکیبات زیست فعالی هستند که می توانند بعنوان اجزای بسته بندی خوراکی فعال یا عوامل درمانی جایگزین مورد استفاده قرار گیرند. ضایعات لبنی، به ویژه آب پنیر، بعنوان بستری برای رشد این باکتری ها عمل می کنند و می توانند در فرمولاسیون های بسته بندی خوراکی گنجانده شوند. این بررسی کوتاه به بررسی استفاده از ضایعات لبنی برای کشت باکتری های اسید لاکتیک به منظور تولید ترکیبات زیست فعال، به ویژه پپتیدهای ضد میکروبی و مولکول های ایمنی تنظیم کننده، و کاربردهای بالقوه آنها در صنایع غذایی و درمانی می پردازد.

مقدمه

حدود ۱۸٪ از شیر تولیدی به دلایل مختلف بعنوان ضایعات دور ریخته می شود.

اسیدهای آمینه ضروری برای رشد آنها و همچنین آزادسازی پپتیدهای زیست فعال می شود. فعالیت پروتئولیتیک سویه های لاکتوباسیلوس بطور گسترده ای مطالعه شده است، و چندین پپتید ضد میکروبی جدید از تجزیه کازئین شناسایی شده اند. علاوه بر این، برخی از سویه های LAB بطور طبیعی پپتیدهای ضد میکروبی به نام باکتریوسین ها تولید می کنند.

باکتریوسین ها

آب پنیر و سایر ضایعات لبنی بعنوان منابع کم هزینه برای تولید پپتیدهای ضد میکروبی، به ویژه باکتریوسین ها، مورد بررسی قرار گرفته اند. باکتریوسین ها که بصورت ریبوزومی سنتز می شوند، بر اساس ویژگی هایشان به ۳ یا ۴ دسته و چندین زیرمجموعه تقسیم بندی می شوند. باکتریوسین ها ترکیباتی هستند که به راحتی تولید می شوند، حساسیت بالایی به پروتئازها دارند، و نه تنها برای سلول های یوکاریوت غیر سمی محسوب می شوند بلکه بر ویژگی های حسی مواد غذایی نیز تاثیری نمی گذارند.

باکتریوسین های تولید شده توسط LAB، علیه باکتری های گرم مثبتی مانند *Listeria monocytogenes* و *Staphylococcus aureus* گونه های *Clostridium* اثر ضد میکروبی از خود نشان می دهند.

تبدیل ضایعات لبنی به محصولات جدید با ارزش از طریق تخمیر توسط باکتری های اسید لاکتیک (LAB) یک راه حل اقتصادی و زیست محیطی است. فرآیند تخمیر توسط باکتری های اسید لاکتیک (LAB) یکی از راه های تولید محصول از این ضایعات است. LAB ها باکتری های گرم مثبت و بدون اسپوری هستند که کربوهیدرات ها را به اسید لاکتیک و سایر ترکیبات مفید متابولیزه می کنند. محصولات لبنی تخمیر شده به دلیل متابولیت های میکروبی، خواصی مانند؛ ضد سرطانی، ضد میکروبی، آنتی اکسیدانی، کاهنده کلسترول، تنظیم کننده سیستم ایمنی دارند.

لاکتوز، (کربوهیدرات اصلی آب پنیر) معمولاً با گلوکز تکمیل می شود، زیرا LAB گلوکز را سریع تر هیدرولیز می کند. پروتئین آب پنیر، پپتیدها، و اسیدهای آمینه بعنوان منابع نیتروژن عمل می کنند که ممکن است با افزودن پپتون و عصاره مخمر بهبود یابند. منیزیم، منگنز، و سایر مواد معدنی، بعنوان عوامل بافری که سطح PH مناسب را تنظیم میکند و سورفکتانت ها برای جذب بهتر مواد مغذی اضافه می شوند.

ترکیبات ضد میکروبی

باکتری های اسید لاکتیک از انواع پروتئازها و پپتیدازها برای هیدرولیز پروتئین ها استفاده می کنند که منجر به تولید

باکتریوسین‌های LAB، از جمله لاکتیکین ۳،۱۴۷، دورانسین D۴۱ و ترموفیلین ۱۱۰، در حال حاضر بعنوان جایگزین‌های ضد لیستریا مورد بررسی قرار می‌گیرند. بسیاری از باکتریوسین‌های دیگر شناسایی شده‌اند و در حال حاضر برای کاربردهای بالقوه و تأیید توسط سازمان غذا و دارو در حال مطالعه هستند.

روش‌های آزمایشگاهی برای جداسازی و خالصسازی باکتریوسین‌ها سال‌هاست که ایجاد شده‌اند، اما این تکنیک‌ها در مقیاس صنعتی مقرون به صرفه نیستند. اما می‌توان با استفاده از تخمیرهای حاوی باکتریوسین از این مشکلات جلوگیری کرد. تعداد زیادی از شرکت‌های تجاری نایسین خالص شده به بازار عرضه می‌کنند و چندین شرکت دیگر LAB را بعنوان محیط کشت‌های محافظتی زیستی به منظور تولید مستقیم باکتریوسین‌ها در غذا، می‌فروشند.

استفاده از محصولات لبنی جانبی که غنی از کربوهیدرات‌ها و پروتئین هستند، میزان تولید ضایعات در حین تولید را کاهش داده، و منابع کربن و نیتروژن کم هزینه را برای LAB فراهم می‌کنند. آب پنیر به دلیل وجود لاکتوز در ساختارش انتخاب مناسبی برای این کاربرد است. باکتریوسین‌های آب پنیر معمولاً با کشت شبانه LAB، سانتریفیوژ کردن و تنظیم PH بدست می‌آیند. پروتئین برای فرآیندهای متابولیک طبیعی مورد نیاز است اما می‌تواند از طریق پروتئولیز بعنوان منبعی از پپتیدهای زیست فعال نیز عمل کند.

اکثر باکتریوسین‌های LAB با تشکیل منافذی در غشای سلولی باکتری‌های حساس که منجر به تخریب دیواره سلولی می‌شود یا با تخریب دیواره‌های سلولی باکتری‌ها عمل می‌کنند. تمایل به بررسی کاربردهای باکتریوسین‌های LAB به دلیل تقاضای مصرف کنندگان برای کاهش تعداد نگهدارنده‌های شیمیایی در مواد غذایی و نگرانی در مورد ظهور میکروارگانیسم‌های مقاوم به آنتی بیوتیک زیاد است.

نایسین تنها باکتریوسین LAB است که توسط سازمان غذا و داروی ایالات متحده با عنوان "بطور کلی ایمن" شناخته شده است. در حالیکه *Pediococcus spp* تولید کننده پدیوسین‌ها توسط سازمان غذا و ایمنی اروپا "فرض ایمنی واجد شرایط" را دریافت کرده‌اند. بنابراین هر دو باکتریوسین بصورت تجاری بعنوان نگهدارنده غذا استفاده می‌شوند. نایسین، باکتریوسین کلاس I یا لانتی‌بیوتیک است که بیشترین مطالعه روی آن انجام شده است و با وجود اسید آمینه لانتیونین مشخص می‌شود و تحت تغییرات پس از ترجمه قرار می‌گیرد؛ در حالیکه پدیوسین یک باکتریوسین کلاس IIa است که بعنوان یک پپتید کوچک و مقاوم به حرارت تعریف می‌شود که تحت تغییرات پس از ترجمه قرار نمی‌گیرد. هم نایسین و هم پدیوسین برای جلوگیری از رشد *L. monocytogenes* استفاده می‌شوند، در حالیکه سایر

زیست‌فعالی تولید می‌کند که با فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی، ضد فشار خون، ضد دیابت، ضد سرطان، اپیوئیدها و تعدیل‌کننده ایمنی همراه با سنتز پروتئین عضلان، مرتبط بوده‌اند. باکتریوسین‌ها مسئول سایر استفاده‌های درمانی و مزایای سلامتی هستند.

Macedocin که از *Streptococcus macedonicus* تولید می‌شود، پاتوژن‌های دهانی را از بین می‌برد و می‌تواند در خمیردندان و دهانشویه گنجانده شود.

در یک مطالعه، تولید باکتریوسین در یک فرمانتور افقی، زمانیکه عصاره مخمر به آب پنیر حاوی *Bifidobacterium animalis subsp lactis* اضافه شد، به حداکثر رسید که علیه *L. monocytogenes* موثر بود. در مطالعه دیگری با استفاده از آب پنیر بز غنی شده با پری بیوتیک اینولین و *Lactococcus lactis*، باکتریوسینی تولید شد که مشخص شد که در برابر *L. Monocytogenes* موثر است.

کاربردهای درمانی

تخمیر میکروبی آب پنیر، پپتیدهای

Attempt to optimize

- Cost
- Fermentation time
- Growth medium
- pH
- Yield

Whey deficiencies

- Low nitrogen
- Lacking some essential minerals
- Variations between batches

Possible factors

- Some LAB cannot break down proteins effectively; peptides must be added
- Adding ethanol and NaCl stimulates growth in some systems and inhibits it in others

عوامل دخیل در تولید باکتریوسین‌ها از تخمیر آب پنیر

ترویج اقتصاد چرخشی از طریق بازیافت یک ماده زائد باشد.

فناوری DNA نو ترکیب ممکن است برای تغییر ژنوم سویه‌های خاصی از LAB با هدف افزایش بازده ترکیبات زیست‌فعال در شیر و تولید ترکیبات جدید به کار گرفته شود. پیشرفت‌ها در این زمینه امکان قرار دادن یا حذف آمینو اسیدها را فراهم می‌کند که می‌تواند کارایی و پایداری ترکیبات تولید شده را افزایش دهد.

گنجاندن در پوشش‌های خوراکی

پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی برای جلوگیری از واکنش‌های اکسیداسیونی که می‌توانند بر کیفیت غذا و ماندگاری آن تأثیر منفی بگذارند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، نشان داده شده است که مواد زیست‌فعال، مانند باکتریوسین‌ها، می‌توانند در این مواد بسته‌بندی گنجانده شوند که منجر به فیلم‌ها و پوشش‌های فعالی می‌شود که می‌توانند برای جلوگیری بیشتر از رشد میکروارگانیسم‌های فاسدکننده و پاتوژن‌ها استفاده شوند. باکتریوسین‌ها ممکن است بصورت نانوذرات، نانوالیاف یا لیپوزوم‌ها کپسوله شوند. تحقیقات زیادی در مورد فیلم‌های مبتنی بر پروتئین آب پنیر و حاوی باکتریوسین‌ها، به ویژه نایسین، یا لیزوزیم‌ها گزارش شده است.

PINCS، یک باکتریوسین تولید شده توسط *Lactiplantibacillus plantarum* با فسفولیپیدهای موجود در غشای سلولی *Helicobacter pylori*، که در زخم‌ها و سایر بیماری‌های معده نقش دارد، تعامل می‌کند. اخیراً گزارش شده است که ترموفیلین ۱۱۰ که توسط کشت استارتر لبنی *S. thermophilus* تولید می‌شود، می‌تواند رشد *Streptococcus mutans* و *Cutibacterium acnes* را مهار کند که نشان دهنده کاربردهای بالقوه آن در مراقبت از دهان و پوست است. این باکتریوسین‌ها احتمالاً می‌توانند در مقیاس صنعتی با استفاده از آب پنیر بعنوان سوبسترا تولید شوند.

برای تولید مقادیر بالای ترکیبات زیست‌فعال، اغلب از محیط‌های کشت پیچیده‌ای استفاده می‌شود که شامل مخلوط‌های غنی از مواد مغذی مانند تزریق مغز و قلب، عصاره گلوکز و آبگوشت سویا هستند، اما هزینه بالا و احتمال سمیت آن‌ها، کاربردشان را محدود می‌سازد. ترکیبات زیست‌فعال که با استفاده از این محیط‌ها تولید می‌شوند نیاز به تصفیه بیشتر دارند، که این امر هزینه تولید را بطور چشمگیری افزایش می‌دهد. ماتریس پروتئینی موجود در آب پنیر بعنوان بستر مناسبی برای تولید پپتیدهای زیست‌فعال شناخته شده است و می‌تواند روشی برای

میکروارگانیسم‌ها و شرایط تخمیر، این فرآیند می‌تواند ترکیباتی مانند پپتیدهای زیست‌فعال، آنزیم‌ها و ویتامین‌ها را تولید کند. این بخش ترکیبات ناشی از تخمیر حاوی مولکول‌های زیست‌فعال غیر از باکتریوسین‌ها، می‌پردازد.

اثر ضد باکتریایی

تخمیرهای حاوی سلول‌های LAB، زنده یا غیرفعال، همراه با متابولیت‌های رشد هستند و می‌توانند بعنوان جایگزینی برای عوامل ضد میکروبی مانند بنزوات‌ها، پروپیونات‌ها و سوربات‌ها استفاده شوند. علاوه بر باکتریوسین‌ها، تخمیرها ممکن است حاوی استوئین، پپتیدهای ضد قارچ، دی‌استیل، اتانول، پراکسید هیدروژن و اسیدهای آلی باشند که همگی بعنوان ضد میکروب عمل می‌کنند. لاکتوفرین گاوی، یکی از پروتئین‌های فرعی آب پنیر است که با جدا کردن آهن از پاتوژن‌های باکتریایی، بعنوان یک عامل ضد میکروبی عمل می‌کند و دو پپتید تولید شده توسط هضم آن، لاکتوفرین‌سین و لاکتوفرامپین، خواص ضد باکتری و ضد قارچی نشان می‌دهند. عوامل ضد میکروبی جدیدی از گونه‌های LAB جدا شده از شیر خام شناسایی شده‌اند، از جمله سویه *Lactocaseibacillus paracasei* که از یک پنیر دلمه شده اسیدی محبوب در منطقه بالتیک جدا شده است. این سویه فعالیت ضد قارچی نشان می‌دهد و می‌تواند با استفاده از آب پنیر و پنیر ضایعاتی رشد کند.

برای استفاده از خواص متفاوت، ممکن است از مواد مرسوم برای بسته‌بندی بیرونی با فیلم‌های پروتئینی حاوی ترکیبات زیست‌فعال برای بسته‌بندی داخلی استفاده شود. فیلم‌های چندلایه حاوی مواد ضد میکروبی، معمولاً لایه‌های کنترل‌کننده، ماتریس، حفاظتی و بیرونی دارند. باکتریوسین‌ها در لایه ماتریس تعبیه شده‌اند و لایه کنترل، آزادسازی آن‌ها را به محصول تنظیم می‌کند. استفاده از فیلم‌های مبتنی بر پروتئین بعنوان بسته‌بندی داخلی ممکن است در برخی موارد به برخی نواقص و کاستی‌ها در خواص فنی منجر شود اما سطوح تماس غذایی پایدار و به اصطلاح عاری از مواد شیمیایی را فراهم می‌کند. بهبود خواص محافظتی، ازدیاد طول در نقطه شکست و استحکام کششی پوشش‌های خوراکی مبتنی بر پروتئین آب پنیر در پذیرش این محصول مفید خواهد بود. مطالعات کمی در مورد گنجاندن مواد ضد میکروبی تولید شده از تخمیر در بسته‌بندی خوراکی گزارش شده است. بنابراین توسعه بیشتر در این زمینه به صنعت لبنیات کمک می‌کند تا ضمن افزایش محافظت از مواد غذایی، به اهداف پایداری دست یابد.

تخمیر

فرآیند تخمیر بعنوان محصولی از تخمیر میکروبی تعریف می‌شود. تخمیر برای قرن‌ها برای حفظ و بهبود طعم غذا استفاده شده است. با بهینه‌سازی انواع

پاسخ ایمنی

تحقیقات نشان داده‌اند که مصرف برخی غذاهای فراسودمند خاص می‌تواند فعالیت سلول‌های ایمنی را تحریک کرده و در برابر سرطان، ویروس‌ها و باکتری‌ها محافظت ایجاد کند.

مقابله با بیماری التهابی روده

نمونه‌ای از بیماری که در آن مدیریت پزشکی مرسوم با محصولات لبنی تخمیر شده تکمیل می‌شود، بیماری التهابی روده (IBD) است که در درجه اول شامل کولیت اولسراتیو و بیماری کرون است. علت IBD هنوز ناشناخته است. کولیت اولسراتیو نوعی از IBD است که به صورت التهاب مزمن غیر اختصاصی مخاط روده بزرگ با چرخه‌های متناوب بهبودی و تشدید بروز می‌کند. تخمین زده می‌شود که حدود ۰.۴ درصد از جمعیت ایالات متحده به IBD مبتلا هستند.

عوامل ژنتیکی، افزایش سن، سبک زندگی و عوامل محیطی می‌توانند بر عملکرد سیستم ایمنی تأثیر بگذارند. نشان داده شده است که برخی از ترکیبات زیست فعال در تخمیرهای LAB تأثیر مثبتی بر پاسخ ایمنی دارند و نقش مهمی در تعدیل آن ایفا می‌کنند. پروبیوتیک‌ها و LAB به دلیل خواص تنظیم‌کننده سیستم ایمنی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، زیرا می‌توانند سلول‌های ایمنی را تحریک کرده و میکروبیوتای روده را تعدیل کنند. ویژگی‌های تنظیم‌کننده سیستم ایمنی محصولات لبنی تخمیری وابسته به سویه باکتریایی هستند. مطالعات فراوانی ویژگی‌های تنظیم‌کننده سیستم ایمنی محصولات لبنی تخمیری مانند ماست، کفیر، شیر و پنیر را بررسی کرده‌اند.

Bioactive peptides

- Found in whey and buttermilk
- Can be used in functional foods
- Various bacterial species utilized
- Antibacterial, antiviral, fungicidal properties

Exopolysaccharides

- Secreted from bacteria to provide adhesion
- Used in food industry for gelling and thickening
- *Lactobacillus* spp. utilized
- Antibacterial, anticancer, antioxidative properties

Other products

- Organic acids
- Fatty acids
- Bioplastics
- Biofuels

سایر کاربردهای تخمیر آب پنیر

موش‌ها، آب‌پنیر شیرین تخمیر شده با سویه‌ای از *Lactacaseibacillus rhamnosus* نیز تولید سیتوکین را افزایش داده و سیستم ایمنی روده را تحریک کرد.

کاهش فشار خون

آنزیم مبدل آنژیوتانسین (ACE) جزئی از سیستمی است که فشار خون را در بدن کنترل می‌کند. ACE هورمون آنژیوتانسین را به یک منقبض کننده عروق تبدیل می‌کند که فشار خون را افزایش می‌دهد. مهارکننده‌های ACE با سرکوب این تبدیل و افزایش تولید یک گشادکننده عروق، برای درمان فشار خون بالا استفاده می‌شوند. مهارکننده‌های ACE مشتق شده از غذا ایمن و اختصاصی هستند و عوارض جانبی نشان نداده‌اند، که این یک مزیت نسبت به مهارکننده‌های مصنوعی است. یک مطالعه آزمایشگاهی روی آب پنیر اسیدی و شیرین از شیر گاو، گوسفند و بز نشان داد که خواص مهارکنندگی ACE در تخمیرها به طور قابل توجهی بالاتر از آب پنیر هضم نشده است. مطالعه‌ای روی کنسانتره پروتئین آب پنیر تخمیر شده توسط *Lactacaseibacillus paracasei* و *Saccharomyces cerevisiae* نشان داد که پپتیدهایی با خواص آنتی‌اکسیدانی و مهارکننده ACE تولید شدند.

التهاب روده بزرگ، بهبود و عود بیماری همچنین در بیماران مبتلا به بیماری کرون مشاهده می‌شود که ۰.۲ درصد از جمعیت ایالات متحده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تحقیقات نشان می‌دهند که عدم تعادل در فلور روده، همراه با عوامل ژنتیکی و محیطی، عملکرد سد اپی‌تلیال روده را مختل کرده و باعث بروز پاسخ‌های ایمنی بیش از حد می‌شود که در نهایت منجر به IBD می‌گردد. درمان فعلی IBD بر استفاده از داروهای ضدالتهاب و سرکوب‌کننده سیستم ایمنی یا انجام عمل جراحی متکی است.

استفاده از غذاهای تخمیری حاوی پروبیوتیک‌ها ممکن است ترکیب و فعالیت فلور روده را بهبود بخشد، که این حالت می‌تواند پاسخ ایمنی روده‌ای را تنظیم کرده و از چسبیدن باکتری‌های بیماری‌زا به سلول‌های اپی‌تلیال روده جلوگیری کند. چندین جنس از LAB بعنوان پروبیوتیک‌های بالقوه برای درمان IBD مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مشخص شد که آب پنیر شیرین غنی‌شده با کنسانتره پروتئین آب پنیر و تخمیر شده با سویه‌ای از *Limosilactobacillus fermentum* با افزایش تولید سیتوکین ضدالتهابی و در عین حال سرکوب ترشح واسطه‌های التهابی، کولیت اولسراتیو را در موش‌ها کاهش می‌دهد. در مطالعه‌ای دیگر روی

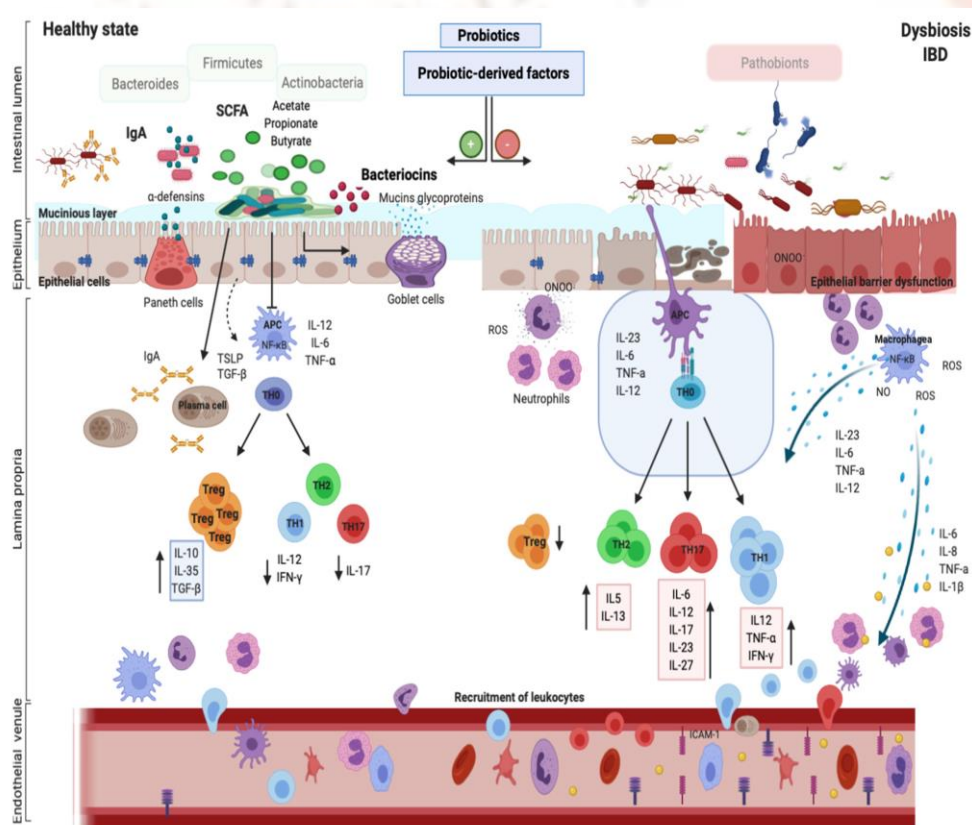
زمینه‌های تحقیقات آینده

- تحقیقات بیشتری برای کاهش ناکارآمدی در افزایش تولید ترکیبات زیست‌فعال مفید حاصل از ضایعات لبنی مورد نیاز است. معمولاً از آب پنیر بعنوان سوبسترای برای این منظور استفاده می‌شود و سایر ضایعات لبنی مانند شیر مانده، دوغ و بستنی نیز باید مورد هدف قرار گیرند.
- کشف پپتیدهای ضد میکروبی بیشتر در شیر و نحوه تأثیر آن‌ها بر بدن انسان، از دیگر زمینه‌هایی است که نیاز به بررسی دارد.
- گنجاندن ترکیبات زیست‌فعال حاصل از شیر در پوشش‌های خوراکی،

حوزه‌ای است که باید مورد بررسی قرار گیرد.

مقاومت ضد میکروبی یک مشکل روبه‌رشد است و تحقیقات بیشتری باید در خصوص پتانسیل پپتیدهای ضد میکروبی بعنوان درمان‌های جایگزین برای جلوگیری از توسعه مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های بالینی صورت گیرد.

تحقیق در مورد شناسایی LABهایی که قادر به تولید متابولیت‌های تنظیم‌کننده ایمنی هستند، بهینه‌سازی تولید آن‌ها و بررسی کاربردهای آنها برای پیشگیری یا درمان بیماری‌ها باید ادامه یابد.



نقش پروبیوتیک‌ها و متابولیت‌های آن‌ها در بیماری‌های التهابی روده (IBDs)

متابولیت‌های ثانویه حاصل از پروبیوتیک‌های *Bacillus spp.* بعنوان درمان‌های بالقوه برای پاتوژن‌های مقاوم به چند دارو

کوثر رستمی^۱

۱- دانشجوی کارشناسی علوم ومهندسی صنایع غذایی

چکیده

بعنوان درمان توصیه می‌کند، در حالیکه دستوره‌های غذایی آنگلوساکسون که قدمت آن‌ها به هزاران سال پیش برمی‌گردد، توانایی آن را در ریشه‌کن کردن *Staphylococcus aureus* مقاوم به متی‌سیلین نشان داده‌اند.

در سال ۱۸۹۳، پزشک ایتالیایی، اسید میکوفنولیک، اولین آنتی‌بیوتیک طبیعی حاصل از *Penicillium glaucum* را برای مبارزه با *Bacillus anthracis*، پاتوژن مسئول سیاه‌زخم، کشف کرد. در حال حاضر، آنتی‌بیوتیک‌های مشتق‌شده از باکتری‌های گرم مثبت *Streptomyces spp.* مختلف، بر صنعت داروسازی تسلط دارند و بیش از ۵۰ درصد از آنتی‌بیوتیک‌های طبیعی تولید شده با اهمیت بالینی را تشکیل می‌دهند. این میکروب‌های خاک به دلیل نقششان بعنوان عوامل شیمیایی، مولکول‌های سیگنال‌دهنده و واسطه‌های تعامل با میزبان‌های یوکاریوتی، نانوذرات زیست‌فعال متعددی تولید می‌کنند.

کشف آنتی‌بیوتیک‌ها یک پیشرفت پزشکی قابل توجه است که جان میلیون‌ها نفر را نجات می‌دهد. با این حال، سوء استفاده گسترده و استفاده بیش از حد از آنتی‌بیوتیک‌ها منجر به ایجاد مقاومت ضد میکروبی شده است. پروبیوتیک‌های اسپورساز از *Bacillus spp.* بعنوان عوامل ضد میکروبی از طریق تولید متابولیت‌های ثانویه زیست فعال مختص سویه، علاقه زیادی نشان می‌دهند. این بررسی، فعالیت‌های ضد میکروبی طیف گسترده گروه‌های متابولیت ثانویه *Bacillus spp.* و مکانیسم‌های عمل گزارش شده آن‌ها را خلاصه می‌کند و بر ضرورت توسعه داروهای ضد میکروبی جدید تأکید می‌کند.

مقدمه

آنتی‌بیوتیک‌ها متابولیت‌های ثانویه زیست فعال تولید شده توسط میکروارگانیسم‌هایی هستند که بیش از ۲۰۰۰ سال است که با مبارزه با بیماری‌های عفونی، مراقبت‌های بهداشتی را متحول کرده‌اند. قدیمی‌ترین سند پزشکی شناخته‌شده، پاپیروس ابر، استفاده از خاک دارویی و نان کپک‌زده را

سال ۲۰۲۲ نیز نرخ‌های نگران‌کننده‌ای از پاتوژن‌های مقاوم به چند دارو، از جمله MRSA و *Escherichia coli* مقاوم به سفالوسپورین، را در ۷۶ کشور گزارش کرد که درمان عفونت‌های رایج را پیچیده کرده و مقاومت در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها را افزایش می‌دهد.

در پاسخ به این تهدید، محققان درمان‌های جایگزینی را برای ریشه‌کن کردن این عوامل بیماری‌زا توسعه داده‌اند که یکی از آن‌ها استفاده از پروبیوتیک‌ها است. پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که با از بین بردن عوامل بیماری‌زا دستگاه گوارش، تقویت پاسخ‌های ایمنی و تقویت لایه مخاطی روده، سلامت انسان و حیوان را بهبود می‌بخشند. آن‌ها را می‌توان به گونه‌های غیراسپورزا و اسپورزا طبقه‌بندی کرد. گونه‌های غیر اسپورزا شامل *Lactobacillus* spp. و *Streptococcus* spp. و *Bifidobacterium* spp. هستند که معمولاً در غذاها یا نوشیدنی‌های تخمیر شده یافت می‌شوند.

پروبیوتیک‌های هاگ‌ساز

پروبیوتیک‌های هاگ‌ساز که بطور طبیعی در خاک و آب یافت می‌شوند، به دلیل توانایی‌شان در زنده ماندن در روده و تشکیل کلونی در دستگاه گوارش، مزایای بی‌شماری نسبت به سویه‌های پروبیوتیک غیر هاگ‌ساز ارائه می‌دهند.

آن‌ها همچنین محصولات طبیعی مختلفی از جمله گلیکوپتیدها، آمینوگلیکوزیدها، ترپن‌ها و ماکرولیدها تولید می‌کنند که خواص ضد میکروبی، ضد ویروسی، سیتوتوکسیک، ضد تومور، ضد فشار خون، سرکوب‌کننده سیستم ایمنی، حشره‌کشی، آنتی‌اکسیدانی و علف‌کشی مختلفی از خود نشان می‌دهند. مقاومت ضد میکروبی بطور ناخواسته در نتیجه استفاده بیش از حد از آنتی‌بیوتیک‌ها پدیدار شده و جان میلیون‌ها نفر را در سراسر جهان به خطر انداخته است. این باکتری‌های مقاوم به چند دارو از مکانیسم‌های خروج برای فرار از آنتی‌بیوتیک‌ها استفاده می‌کنند و از طریق انتقال ژن جانبی و جهش‌های ژنتیکی گسترش می‌یابند تا باعث غیرفعال شدن دارو، تغییر مسیر بیوسنتزی یا تغییر محل هدف شوند. در عین حال، برخی از گونه‌های باکتریایی ممکن است به دلیل ژن‌های خاصی که به آن‌ها اجازه می‌دهد در حضور آنتی‌بیوتیک‌ها رشد کنند، بطور طبیعی دارای مقاومت ضد میکروبی باشند. در سال ۲۰۱۹، مراکز کنترل و پیشگیری از بیماری‌ها ۲.۸ میلیون مورد ابتلا و ۳۵۰۰۰ مرگ و میر مرتبط با مقاومت ضد میکروبی را در ایالات متحده گزارش کردند که *Enterococcus* spp. مقاوم به ونکومايسين و MRSA به ترتیب ۴۱٪ و ۲۹٪ را تشکیل می‌دادند. متعاقباً، سیستم جهانی نظارت بر مقاومت و استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های سازمان بهداشت جهانی در

Lactobacillus sporogenes شناخته می‌شد، شرایط رشد، ویژگی‌های مورفولوژیکی و مکانیسم‌های استفاده از منبع کربن خاصی را نشان می‌دهد و در دمای بین ۳۵ تا ۵۰ درجه سانتیگراد و pH حدود ۶ رشد می‌کند. بقای باکتری‌های مفید، تولید اسیدهای چرب زنجیره کوتاه و سنتز آنزیم‌های گوارشی را در دستگاه گوارش افزایش می‌دهد. این پروبیوتیک واکنش‌های احیا-اکسیداسیون را کاهش و اکسیژن اضافی را در روده جذب می‌کند و یک محیط اسیدی و بیهوایی بهینه برای رشد گونه‌های لاکتوباسیلوس و گونه‌های بیفیدوباکتریوم ایجاد می‌کند. در عین حال، فعالیت ضد میکروبی قابل توجهی را علیه اکثر پاتوژن‌های گرم مثبت و گرم منفی در شرایط آزمایشگاهی و درون تنی ایجاد می‌کند.

Shouchella clausii: یک باکتری گرم مثبت، میله‌ای شکل و اسپورزا است که برای درمان دیس‌بیوز، اسهال حاد یا مزمن و یبوست استفاده می‌شود. برخلاف پروبیوتیک‌های معمولی، این گونه از پروبیوتیک اسپورزا می‌تواند در برابر اسید، صفرا و گرما مقاومت کند و در محیط‌های بیهوایی جوانه بزند. طبق گفته محققان ژنوم‌های *S. clausii* حاوی توالی‌هایی هستند که مربوط به تولید ترکیبات زیست فعال هستند و فعالیت‌های ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی قابل توجهی ایجاد می‌کنند.

رشد و جداسازی آن‌ها آسان است، که آن‌ها را برای کاربردهای تجاری و دارویی ایده‌آل می‌کند. در حال حاضر، پروبیوتیک‌های هاگ‌ساز متعددی، از جمله *Bacillus subtilis*، *Heyndrickxia coagulans* و *Shouchella clausii* ترکیبات زیست‌فعال متنوعی را برای سویه‌های مختلف نشان می‌دهند.

***Bacillus subtilis*: B. Subtilis** یک باکتری گرم مثبت میله‌ای شکل و اسپورزا است که در ابتدا با عفونت‌های بیمارستانی مرتبط بود. این باکتری بیهوایی اختیاری، رشد و کلونیزاسیون باکتری‌های مفید در روده انسان را از طریق تولید آنزیم‌های گوارشی، ریزمغذی‌ها و پپتیدهای ضد میکروبی تقویت می‌کند. *B. Subtilis* مورفولوژی روده را بهبود می‌بخشد و به بهبودی از انتریت نکروتیک ناشی از *Clostridium perfringens* کمک می‌کند. این پروبیوتیک همچنین اسیدهای چرب زنجیره کوتاه روده را افزایش می‌دهد، از اختلالات مرتبط با نقص ایمنی جلوگیری می‌کند و عوامل خطر مرتبط با افزایش سطح کلسترول را کاهش می‌دهد.

Heyndrickxia coagulans باکتری گرم مثبت، اسپورزا و بیهوایی اختیاری است که برای پیشگیری و درمان اختلالات گوارشی مرتبط با دیس‌بیوز، واژینوز باکتریایی و چاقی استفاده می‌شود. این باکتری تولیدکننده اسید لاکتیک که قبلاً با نام

تقسیم کرد: پپتیدهای سنتز شده ریبوزومی، پپتیدهای غیر ریبوزومی و پلی کتیدها.

پپتیدهای سنتز شده ریبوزومی

پپتیدهای سنتز شده ریبوزومی، متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که از پیش‌سازهای کوتاه تولید شده و از طریق تغییرات پس از ترجمه به ترکیبات کامل تبدیل می‌شوند، حاوی وزن مولکولی کمتر از ده کیلو دالتون (kDa) هستند و خواص مهار رشد را در برابر باکتری‌های نزدیک به سویه مولد نشان می‌دهند. این پپتیدها که در ابتدا بعنوان باکتریوسین‌ها شناخته می‌شدند، آنزیم‌های آنتاگونیستی با عملکردهای متابولیکی مانند سنجش حد نصاب، لیز سلولی و القای شایستگی ژنتیکی تولید می‌کنند.

متعاقباً، از طریق افزایش بیان سیتوکین‌های پیش‌التهابی اینترلوکین-۸ و اینترفرون- β و کاهش تولید سیتوکین‌های ضدالتهابی اینترلوکین-۴ و اینترلوکین-۵، فعالیت‌های تعدیل‌کننده سیستم ایمنی را هم در شرایط آزمایشگاهی و هم در شرایط درون‌تنی از خود نشان می‌دهد.

متابولیت‌های ثانویه ضد میکروبی در پروبیوتیک‌های اسپورساز

پروبیوتیک‌های اسپورساز همچنین عملکردهای متابولیکی حیاتی در هیدرولیز پروتئین، سنتز اگزوپلی ساکارید و سرکوب باکتری‌ها دارند. آن‌ها متابولیت‌های ثانویه تولید می‌کنند، مولکول‌های کوچکی که توسط فرآیندهای بیوشیمیایی تولید می‌شوند و بلوک‌های ساختمانی ساده درون سلولی را در نزدیکی پایان فاز ثابت چرخه رشد باکتری به ساختارهای پیچیده تبدیل می‌کنند. برخلاف متابولیت‌های اولیه، متابولیت‌های ثانویه در رشد، توسعه یا تولید مثل سلول‌های باکتریایی دخیل نیستند. در عوض، این متابولیت‌ها با تولید مواد ضد میکروبی برای محافظت از مواد مغذی و افزایش رقابت‌پذیری، نقش مهمی در محافظت از سویه مولد در برابر میکروب‌های خارجی در طول اسپورزایی ایفا می‌کنند. در پروبیوتیک‌های تشکیل‌دهنده اسپور، متابولیت‌های ثانویه زیست‌فعال را می‌توان به چهار گروه اصلی



استفاده می‌شود. تولید توسط فاز رشد تعیین می‌شود که در فاز میانی نمایی شروع می‌شود و در فاز سکون طول عمر باکتری به اوج خود می‌رسد.

کواگولین: کواگولین که اولین بار توسط *H. coagulans* I4 تولید شد، یک لانتی‌بیوتیک حاوی توالی‌های اسید آمینه است که با پدیوسین‌های تولید شده توسط *Pediococcus acidilactici* چندین سویه قابل مقایسه است و تنها در یک اسید آمینه در انتهای C متفاوت است. این ماده فعالیت ضد میکروبی با طیف گسترده در برابر باکتری‌های گرم مثبت، از جمله سویه‌های مقاوم به چندین دارو، نشان می‌دهد. کواگولین استخراج شده از *H. coagulans* BDU3 فعالیت ضد میکروبی قابل توجهی بر روی *Bacillus cereus* MTCC 430، *Enterococcus* sp. MTCC 9728، *M. luteus* MTCC 106 و *S. aureus* MTCC 3160 با حداقل غلظت مهاری ۰.۵ تا ۲.۵ میکروگرم در میلی لیتر نشان داد. MTCC 9728 متعاقباً، کواگولین از *H. coagulans* LI208 همچنین رشد *E. B. subtilis*، *S. aureus*، *P. aeruginosa*، *coli*، *Shewanella* و *putrefaciens* را مهار کرد. این لانتی‌بیوتیک از لایه پتیدوگلیکان دیواره سلولی باکتری عبور می‌کند و به اسیدهای آمینه و نمک‌های معدنی اجازه می‌دهد تا پخش شوند و رشد بیماری‌زا را مهار کنند.

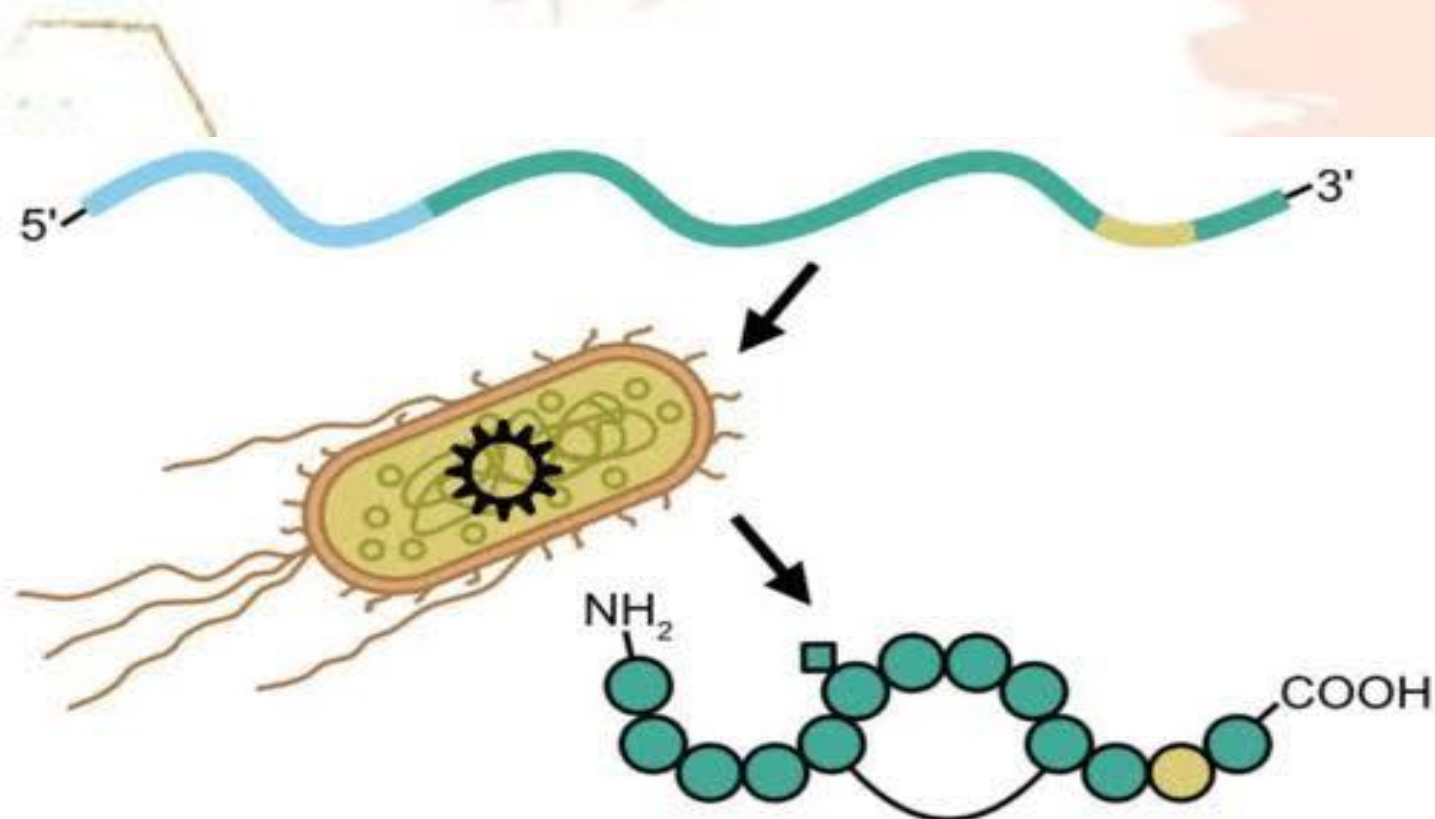
باکتریوسین‌ها را می‌توان به کلاس‌های I، II و III تقسیم کرد. کلاس I شامل پپتیدهای اصلاح‌شده پس از ترجمه و لانتی‌بیوتیک‌ها، کلاس II شامل پپتیدهای اصلاح‌نشده و کلاس III شامل باکتریوسین‌های بزرگتر از ده کیلو دالتون است. متابولیت‌های ثانویه پروبیوتیک‌های گونه‌های باسیلوس حاوی انواع باکتریوسین‌ها یا لانتی‌بیوتیک‌های تخصصی کلاس I هستند. این متابولیت‌ها شامل سوبتیلین، کواگولین و کلاوزین هستند که به ترتیب توسط *H. B. subtilis*، *S. clausii* و *Coagulans* تولید می‌شوند.

سوبتیلین: سوبتیلین یک لانتی‌بیوتیک است که اولین بار توسط *B. subtilis* ATCC 6633 تولید شد و فعالیت ضد میکروبی علیه باکتری‌های گرم مثبت مختلف، از جمله گونه‌های باسیلوس، گونه‌های لاکتوکوکوس و میکروکوکوس لوتوس نشان می‌دهد. این خانواده از اسیدهای آمینه شامل لانتیونین، دهیدروآلانین و دهیدروبوترین است. سوبتیلین با اتصال به لیپید II از رشد باکتری‌ها جلوگیری می‌کند و بطور بالقوه باعث لیز سلولی می‌شود. این لانتی‌بیوتیک شباهت‌های ساختاری با نایسین، یک لانتی‌بیوتیک پرکاربرد در صنایع غذایی، دارد. برای تولید سوبتیلین، از یک خوشه ژنی حداقل ده ژنی (spBTCSIFEGRK)، که بعنوان جایگاه اسپا نیز شناخته می‌شود، برای بیوسنتز

پپتیدهای غیر ریبوزومی

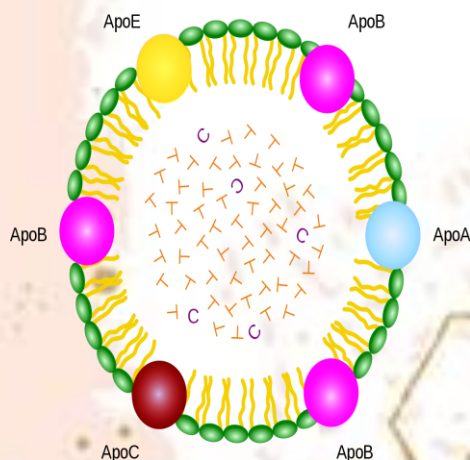
پپتیدهای غیرریبوزومی شامل اسیدهای آمینه و چرب هستند که می‌توانند از طریق آسیلاسیون، متیلاسیون یا گلیکوزیلاسیون تغییر کنند. این پپتیدها توسط سنتتازهای پپتید غیر ریبوزومی، کمپلکس‌های آنزیمی بزرگ با ساختار مدولار، سنتز می‌شوند. هر ماژول شامل یک اسیدآمینه خاص است و فسفوپانتتینیل ترانسفراز بیوسنتز آن‌ها را کاتالیز می‌کند. این دسته از آنتی‌بیوتیک‌ها شامل باسیتراسین، پپتیدهای غیر ریبوزومی تولید شده توسط *B. licheniformis* و *B. subtilis* است که اثرات ضد گرم مثبت قوی نشان می‌دهند. علاوه بر این، لیپوپپتیدها و سیدروفورها، گروه‌های وسیع‌الطیف از عوامل ضد میکروبی را نیز سنتز می‌کند.

کلاوزین: کلاوزین، یک لانتی‌بیوتیک شبه‌اپیدرمین تولید شده توسط *S. clausii* با هدف قرار دادن واسطه لیپیدی C55-PP-GlcNAc در بیوسنتز پپتیدوگلیکان باکتریایی، بیوسنتز دیواره سلولی را مهار می‌کند. برخلاف کوآگولین، این آنتی‌بیوتیک فقط در برابر باکتری‌های گرم مثبت نزدیک به هم مؤثر است. تجویز کلاوزین حاصل از *S. clausii* UBBC-07 در سویه‌های گرم مثبت *M. luteus*، *Listeria monocytogenes*، *Enterobacter faecium*، *Clostridium*، *Streptococcus faecalis*، *S. aureus*، *difficile* و MRSA هاله عدم رشد بیش از ۱۰ میلی‌متر ایجاد کرد. در عین حال، هیچ فعالیت ضد میکروبی در پاتوژن‌های گرم منفی *E. coli* و *P. aeruginosa* مشاهده نشد.



فعالیت‌های ضد میکروبی و ضد قارچی علیه قارچ‌های رشته‌ای است. این ماده با تک لایه‌های لیپیدی در سطح مشترک هوا-آب تعامل دارد و بر اساس تجمع و ترکیب لیپیدی سلول هدف، باعث آسیب به غشاهای سلولی می‌شود. علاوه بر این، این لیپوپتیدها فعالیت سنجش حد نصاب باکتری‌های متعدد را مختل می‌کنند و رشد، تشکیل بیوفیلم و فاکتورهای بیماری‌زایی آنها را مهار می‌کنند.

ایتورین‌ها: ایتورین‌ها لیپوپتیدهای کوچکی با جرم مولکولی ۱.۱ کیلو دالتون هستند که از یک دم آبگریز و هفت باقیمانده اسید آمینه تشکیل شده‌اند که غشاهای سلولی را هدف قرار می‌دهند و باعث لیز شدن آنها می‌شوند. این لیپوپتیدهای حلقوی توسط سنتتازهای پتیدی غیر ریبوزومی تولید می‌شوند که به زنجیره‌ای از اسیدهای چرب با کربن‌هایی از C-14 تا C-17 متصل هستند که خواص بیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی مختلفی از خود نشان می‌دهند و آنها را برای کاربردهای غذایی، روغنی و دارویی ایده‌آل می‌کنند.



لیپوپتیدها: لیپوپتیدها گروهی از متابولیت‌های ثانویه حاوی مولکول‌های آمفی‌فیلک با بخش‌های قطبی و غیرقطبی هستند. این عوامل ضد میکروبی که عمدتاً از باکتری‌های گرم مثبت جدا شده‌اند، دارای خواص امولسیون‌کنندگی هستند که بطور گسترده در صنایع بیوتکنولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سال ۲۰۰۳، سازمان غذا و داروی آمریکا کوبیسین®، اولین آنتی‌بیوتیک لیپوپتید حلقوی مبتنی بر داپتوماکسین را در درمان عفونت‌های شدید پوستی و خونی ناشی از پاتوژن‌های گرم مثبت خاص، از جمله MRSA، تأیید کرد. در حال حاضر، آنتی‌بیوتیک‌های مبتنی بر لیپوپتید در بیش از ۷۰ کشور تأیید شده‌اند و درآمد سالانه پیش‌بینی‌شده برای آنها در ایالات متحده ۱ میلیارد دلار است. در بخش‌های بیوتکنولوژیکی، لیپوپتیدهای گونه‌های باسیلوس، از جمله فنگیسین‌ها، ایتورین‌ها و سورفکتین‌ها، به دلیل اینکه کارخانه‌های میکروبی مؤثری در فرآیندهای تولید مولکول‌های زیست‌فعال در مقیاس بزرگ هستند، مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. این لیپوپتیدها به راحتی جدا می‌شوند و فعالیت‌های آنتاگونیستی قابل توجهی را بر روی سویه‌های مختلف گرم مثبت و گرم منفی نشان می‌دهند، همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است.

فنگیسین‌ها: فنگیسین‌ها لیپوپتیدهای زیست‌فعال با طیف گسترده‌ای از

جدول ۱- اثرات آنتاگونیستی لیپوپتیدهای *Bacillus spp.* بر روی پاتوژن‌های متعدد.

لیپوپتید	ارائه در	فعالیت‌های گزارش شده
فنگیسین	<i>B. subtilis</i>	مهار تنظیم‌کننده‌ی سنجش حد نصاب (agr) در <i>S. aureus</i> . این امر بیان فاکتورهای بیماری‌زایی، رشد بیماری‌زا و تشکیل بیوفیلم را کاهش می‌دهد.
فنگیسین	<i>B. amyloliquefaciens</i> JFL21	حداقل غلظت مهارکنندگی به ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۲۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر بر روی <i>L. C. gloeosporioides</i> . و <i>A. hydrophila monocytogenes</i>
ایتورین	<i>B. subtilis</i>	مناطق مهار قابل توجه روی <i>E. coli</i> ATCC 25922 و <i>S. aureus</i> ATCC 29213.
ایتورین	<i>B. velezensis</i> FB2	فعالیت ضد میکروبی بر روی پاتوژن‌های رایج انسانی و کشاورزی <i>Erwinia Pseudomonas syringae carotovora subsp. brasiliensis</i> LMG21371
سورفکتین	<i>B. halotolerans</i>	<i>B. cereus</i> ATCC14579. و <i>E. coli</i> WA321 pv. tomato DC300
سورفکتین	<i>B. velezensis</i> YA215	طیف وسیعی از فعالیت مهاری روی <i>P.aeruginosa</i> , <i>S. aureus</i> , and <i>B. subtilis</i> . افزودن اسیدهای آمینه به لیپوپتیدها، اثربخشی ضدباکتریایی بیشتری را در برابر <i>S. aureus</i> و <i>E. coli</i> نشان می‌دهد.

برهمکنش‌های آبگریز به غشا نفوذ می‌کند و بر آرایش زنجیره هیدروکربنی و ضخامت غشا تأثیر می‌گذارد. در شرایط آزمایشگاهی، آن‌ها خواص سد غشایی را مختل می‌کنند، گروه سر قطبی فسفولیپید را آبگیری می‌کنند و بر پایداری لایه‌های دولایه تأثیر می‌گذارند.

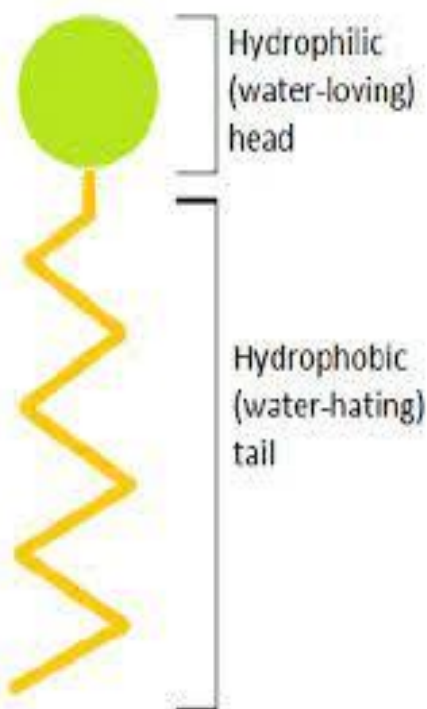
سورفکتین‌ها: سورفکتین‌ها لیپوپتیدهای حلقوی آمفی‌پاتیک هستند که به اسیدهای چرب بتا-هیدروکسی متصل هستند. آنها خواص ضد باکتریایی از خود نشان می‌دهند و از طریق ورود به لایه‌های لیپیدی، شلاته کردن کاتیون‌ها یا تغییر نفوذپذیری غشا از طریق تشکیل کانال، تشکیل بیوفیلم را مهار می‌کنند. سورفکتین از طریق

سالانه‌ای بالغ بر ۲۰ میلیارد دلار در سال ایجاد می‌کنند، و توسعه دارو به شدت به پلی‌کتیدهای ماکروسیکلک مانند ریفامایسین، آزیترومایسین و اریترومایسین برای آنتی‌بیوتیک‌ها و راپامایسین برای سرکوب سیستم ایمنی وابسته است. مانند باکتریوسین‌ها، پلی‌کتیدها را نیز می‌توان به انواع I، II و III تقسیم کرد. پلی‌کتیدهای نوع I آنزیم‌های چند دامنه‌ای بزرگی با دامنه‌های کاتالیزوری هستند که آسیل-CoA را شناسایی، فعال و متراکم می‌کنند، در حالیکه پلی‌کتیدهای نوع II و III بصورت پروتئین‌های مجزا مرتب می‌شوند در حال حاضر نشان داده شده است که *Bacillus spp.* پلی‌کتیدهای مختلفی تولید می‌کنند که فواید بی‌شماری دارند از جمله باسیلین، دیفیسیدین و ماکرولاکتین.

این لیپوپپتیدها می‌توانند کاتیون‌های دو ظرفیتی و تک ظرفیتی را از طریق موانع آلی در سطح مشترک هوا/آب عبور دهند و باقیمانده‌های اسید گلوتامیک-۱ و اسید آسپارتیک-۵ را از طریق یون‌های سدیم و پتاسیم تا حدی خنثی کنند. یون‌های کلسیم باعث خنثی‌سازی کامل می‌شوند و به طور بالقوه مانع از نفوذ عمیق‌تر فعالیت فسفودی‌استراز حلقوی به غشای سلولی می‌شوند. این واکنش‌ها با خنثی کردن بارهای سورفکتین و لیپید، اثرات ضد میکروبی را افزایش می‌دهند تا نسبت ۱:۱ کمپلکس سورفکتین-کلسیم حفظ شود.

پلی‌کتیدها

پلی‌کتیدها محصولات طبیعی با فواید درمانی متعدد، از جمله تنظیم کننده سیستم ایمنی، ضد سرطان و اثرات ضد میکروبی طیف گسترده هستند. آن‌ها از گروه‌های عاملی متعدد بتا-هیدروکسی‌کتون یا بتا-هیدروکسی‌آلدهید مشتق شده‌اند که توسط کمپلکس‌های آنزیمی با استفاده از استرهای چرب کوآنزیم-A از اسیدهای چرب زنجیره کوتاه تولید می‌شوند. آنها با استفاده از انواع مختلف مونومر برای ایجاد زنجیره‌های آروماتیک یا کاهش یافته با طول‌های مختلف از ۶ تا ۸ کربن تا ۱۶۴ اتم کربن ایجاد می‌شوند. در حال حاضر، داروهای ضد میکروبی مشتق شده از پلی‌کتیدها درآمد



باسیترا سین: باسیترا سین یک آنتی‌بیوتیک پلی‌پتیدی مورد تایید FDA است که از متابولیت‌های ثانویه *B. subtilis* و *B. licheniformis* مشتق شده و برای درمان بیماران بزرگسال مبتلا به عفونت‌های سطحی باکتریایی پوست استفاده می‌شود. این ماده ضد میکروبی قوی که بطور گسترده استفاده می‌شود، سنتز دیواره سلولی باکتریایی پاتوژن‌های متعدد، از جمله *S. mutans* را بطور قابل توجهی مهار می‌کند. باسیترا سین از تشکیل واسطه‌های پتیدوگلیکان مرحله آخر که برای رشد سپتوم و محیطی لازم است، از طریق مهار لیپید فسفوریلاز جلوگیری می‌کند. در سال ۲۰۱۷، بازار باسیترا سین درآمدی معادل ۳۱۲ میلیون دلار ایجاد کرد که بیشترین سهم آن مربوط به محصول باسیترا سین متیلن سالیسیلیک اسید بود. با وجود این، ممکن است مقاومت در برابر باسیترا سین ایجاد شود که بر ضرورت توسعه آنتی‌بیوتیک‌های جدید تأکید دارد.

کاربردهای پروبیوتیک‌های گونه‌های باسیلوس ضد میکروبی

در حال حاضر، سویه‌های متعددی از *Bacillus spp.* توسط سازمان غذا و داروی آمریکا تأیید شده و به عنوان محصولات تجاری فروخته می‌شوند. این پروبیوتیک‌ها عموماً بعنوان ایمن و غیرسمی شناخته می‌شوند و در درمان و پیشگیری از بیماری‌های التهابی روده، دیسبیوز میکروبی روده و عفونت‌های مرتبط با مقاومت ضد میکروبی کمک می‌کنند. با توجه به وجود متابولیت‌های ثانویه ضد میکروبی مختلف، پروبیوتیک‌های *Bacillus spp.* عوامل امیدوارکننده‌ای برای از بین بردن پاتوژن‌های رایج، از جمله سویه‌های مقاوم به چند دارو، چه در شرایط آزمایشگاهی و چه در شرایط درون‌تنی هستند.

در دهه‌های گذشته، پتیدهای ضد میکروبی تولید شده توسط متابولیت‌های ثانویه پروبیوتیک به دلیل خطرات احتمالی عوامل ضد میکروبی شیمیایی در محصولات غذایی و مراقبت شخصی و افزایش سریع مقاومت میکروبی در برابر آنتی‌بیوتیک‌های مرسوم، توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. در حال حاضر، محصولات ضد میکروبی مشتق شده از متابولیت‌های ثانویه *Bacillus spp.* شامل باسیترا سین پرکاربرد و محصول جدید لاکتوسپورین[®] می‌شوند.



نتیجه گیری

متابولیت‌های ثانویه زیست فعال تولید شده توسط پروبیوتیک‌های گونه‌های باسیلوس فعالیت ضد میکروبی قابل توجهی را بر روی بسیاری از پاتوژن‌های گرم مثبت و گرم منفی مقاوم به چند دارو نشان می‌دهند و پتانسیل بالایی را بعنوان عوامل باکتری‌درمانی نشان می‌دهند. با این حال، تحقیقات محدودی مکانیسم‌های عملکرد این متابولیت‌های ثانویه پروبیوتیکی مختص سویه را بررسی کرده‌اند. تجزیه و تحلیل بیشتر این مکانیسم‌ها به کشف سیستم‌های دارورسانی متعدد برای ایجاد عوامل درمانی جدید و کاهش اثرات بیماری‌های مرتبط با مقاومت چند دارویی کمک خواهد کرد.

در حال حاضر، باسیتراسین دارویی با دوزهای کمی از پلی‌میکسین B، یکی دیگر از آنتی‌بیوتیک‌های مشتق‌شده از متابولیت‌های ثانویه تولید شده توسط باسیلوس پلی‌میکسا، اضافه می‌شود. پلی‌میکسین B از طریق برهمکنش‌های لیپوپلی‌ساکارید غشای خارجی، فعالیت ضد میکروبی قوی در برابر بسیاری از پاتوژن‌های گرم منفی مقاوم به چند دارو، از جمله *K. Pneumoniae* *A. baumannii* و *P. aeruginosa* نشان می‌دهد و باعث تغییرات نفوذپذیری، ترک‌های گذرا و مرگ سلولی می‌شود.

لاکتوسپورین®

لاکتوسپورین® یک عصاره متابولیت ثانویه خالص تولید شده توسط *H. coagulans* MTCC 5856 است که فعالیت ضد میکروبی گسترده‌ای را بر روی گونه‌های *S. P. aeruginosa* *E. coli* *C. acnes* *aureus* و *S. mutans* نشان می‌دهد. این ماده غشاهای سیتوپلاسمی باکتری را هدف قرار می‌دهد و منافذ موقت ایجاد می‌کند که باعث نشت یون‌های کوچک و اتلاف نیروی محرکه پروتون می‌شود. علاوه بر این، این کرم موضعی اثر محافظتی در برابر اشعه ماوراء بنفش و آلاینده‌های محیطی ایجاد می‌کند، تشکیل بیوفیلم‌های میکروبی را مهار می‌کند، رشد مو را تحریک می‌کند و پیری زودرس پوست را به تأخیر می‌اندازد.



معرفی کتاب

چشم‌اندازی نوین بر کاربردهای هوش مصنوعی در علوم صنایع غذایی

چشم‌اندازی نوین بر کاربردهای هوش مصنوعی در علوم صنایع غذایی

تألیف:

مهندس سمیه محمدخانی

(کارشناس ارشد زیست فناوری مواد غذایی دانشگاه تبریز)

دکتر آرش جوانمرد

(عضو هیئت علمی دانشگاه تبریز)

دکتر صمد بدبدک

(عضو هیئت علمی دانشگاه تبریز)

چشم‌اندازی نوین بر کاربردهای هوش مصنوعی در علوم صنایع غذایی

سمیه محمدخانی، آرش جوانمرد، صمد بدبدک

A new perspective on the
applications of artificial intelligence
in food industry science

Authors:

Somayeh Mohammadkhani

Arash Javanmard

Samad bodbodak

AI

FOOD
TECH

\$

- معرفی کتاب «چشم‌اندازی نوین بر کاربردهای هوش مصنوعی در علوم صنایع غذایی» غذا، از نخستین جرقه‌های تمدن تا امروز، همواره آینه‌ای از خرد، فرهنگ و فناوری بشر بوده است. اما اکنون، در آستانه عصری نو، پیوندی شگفت‌انگیز میان علوم غذایی و هوش مصنوعی در حال شکل‌گیری است؛ پیوندی که نه تنها شیوه تولید، توزیع و مصرف غذا را متحول می‌کند، بلکه نویدبخش آینده‌ای پایدارتر، هوشمندتر و انسانی‌تر است. این کتاب، با نگاهی جامع و الهام‌بخش، به بررسی نقش فزاینده هوش مصنوعی در پاسخ به چالش‌های جهانی غذا می‌پردازد: از رشد جمعیت و تغییرات اقلیمی گرفته تا ایمنی غذایی و تغذیه شخصی‌سازی‌شده. نویسندگان با زبانی روان و در عین حال علمی، نشان می‌دهند که چگونه الگوریتم‌ها، یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی در حال بازتعریف تمام حلقه‌های زنجیره غذایی هستند؛ از خاک تا سفره، از آزمایشگاه تا قفسه فروشگاه‌ها. در این مسیر، با بیش از ۳۷ نمونه واقعی و کاربردی از سراسر جهان آشنا می‌شویم:
 - در کشاورزی، الگوریتم‌ها به کشاورزان کمک می‌کنند تا با دقت میلی‌متری، منابع را بهینه مصرف کنند و بازدهی را افزایش دهند؛
 - در خطوط تولید، شبکه‌های عصبی با دقتی فراتر از چشم انسان، کیفیت محصولات را پایش می‌کنند؛
 - در ایمنی غذا، پلتفرم‌هایی مانند IBM Food Trust با ترکیب بلاکچین و هوش مصنوعی، منشأ آلودگی‌ها را در چند ثانیه شناسایی می‌کنند؛
 - در تغذیه شخصی‌سازی‌شده، داده‌های ژنتیکی و سبک زندگی افراد به رژیم‌هایی منحصربه‌فرد و درمان‌محور تبدیل می‌شوند؛
 - - و در آینده‌ای نزدیک، آشپزخانه‌های هوشمند، چاپگرهای سه‌بعدی غذا و مزارع عمودی، چهره شهرها و سبک زندگی ما را دگرگون خواهند کرد.
- اما این تحول، تنها فنی نیست؛ فرصتی است برای بازاندیشی در رابطه انسان با طبیعت، برای گفت‌وگویی نو میان علم و اخلاق، و برای ساختن جهانی که در آن غذا نه کالایی لوکس، بلکه حقی بنیادین و اخلاقی باشد.
- «چشم‌اندازی نوین بر کاربردهای هوش مصنوعی در علوم صنایع غذایی» چراغی است بر این مسیر ناشناخته؛ سفری میان داده و ذائقه، میان الگوریتم و انسان. این کتاب، مخاطب را نه صرفاً به تماشای آینده، بلکه به مشارکت در ساختن آن دعوت می‌کند.



سینا مساحی

هیئت تحریریه
این شماره



مهدیه نظامی



سمیه محمدخانی



محمودرضا مدرس



زهرا صابری



سانیا کتابفروشزاده



ویدا احمدی



حنانه نریمانی



مهتا کمالی



سینا سلیم النفس



الهه زارع



مجتبی حسن زاده



محمد رضا دخیلی



فاطمه محمدی



محمد فتحی



مریم معصومی



نرگس محمد حسینی



الهه مشایخی



آیلین هدایتی



کوثر رستمی



صبا یداله‌ی



انجمن ژنتیک ایران
Iranian Genetics Society

محرم دیر خانم زینب عزاسی
ییزی سسلیر حسین کربلاسی

یولی باغلی قالب دوشمن الینده
داها زواری نین یوخ سس صداسی

بو گون کرب و بلا ویران اولودی
حسین اوز قانی نه غلطان اولودی



KULSUM NAQVI