

بیوتکنولوژی و کاربرد های آن در صنایع غذایی

بهزاد محمدی^{*۱}

گروه آموزشی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، موسسه آموزش عالی آفاق، ارومیه، ایران

مریم حیدری^۲

دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین پیشوا، ورامین، تهران

چکیده

اکتشافات اساسی در زیست شناسی مولکولی در دو دهه گذشته، انقلاب علمی را آغاز کرد که تأثیر عمیقی بر سیستم های غذایی و کشاورزی در دهه آینده خواهد داشت. ابزارهای بیوتکنولوژی، از جمله مهندسی ژنتیک، پروب DNA و فناوری آنتی بادی مونوکلونال، تخمیر و پردازش زیستی، و کشت بافت سلولی گیاهی و پستانداران، کاربردهای متعددی در سراسر زنجیره غذایی خواهند داشت از بذر کاشته شده تا کارخانه فرآوری مواد غذایی. بیو تکنولوژی به مفهوم به کارگیری سامانه های زیستی و جانداران برای توسعه یا تولید محصولات یا هر گونه کاربرد فناورانه که از سامانه های زیستی، جانداران یا مشتقات آن استفاده می کند تا محصولات یا فرایندهای خاصی را ایجاد یا اصلاح نمایند. بیوتکنولوژی غذایی، استفاده از تکنیک های زیستی برای تولید، بهبود کیفیت، کمیت، سلامت، اقتصاد و سهولت پردازش محصولات غذایی از گیاهان، جانوران و میکروارگانیسم ها تعریف میشود. جمعیت جهان تا اواسط قرن حاضر، دو برابر خواهد شد و این در حالی است که اکنون نیمی از کودکان جهان از غذای کافی محروم هستند. همچنین فشار از طرف مصرف کنندگان، خصوصاً در کشورهای صنعتی، باعث شده است که تولید محصولات غذایی به طرف استفاده از مواد افزودنی طبیعی و بکارگیری روش های فرآوری نزدیکتر به روش های طبیعی، جهت پیدا کند. یکی از این روش ها بیوتکنولوژی در صنایع غذایی هست که عبارت است از استفاده از سلول های زنده یا قسمتی از آنها، به منظور تولید یا اصلاح محصولات غذایی یا مواد افزودنی به غذا. بیوتکنولوژی در صنایع غذایی می تواند در تولید محصولات غذایی اصلاح ژنتیکی شده به کمک مهندسی ژنتیک، تولید پروبیوتیک ها و پریبیوتیک ها، تولید استارترها، تولید آنزیم های صنعتی، تولید پوشش های مواد غذایی، افزایش کیفیت و حجم مواد غذایی استفاده شود.

واژگان کلیدی: بیوتکنولوژی، بیوتکنولوژی نوین، فرآوری مواد غذایی، مهندسی ژنتیک، ایمنی غذایی

مقدمه

بیوتکنولوژی شاخه ای از علوم کاربردی است که از موجودات زنده و مشتقات آنها برای تولید محصولات و فرآورده‌ها استفاده می‌کند. در واقع بیوتکنولوژی حوزه ای از زیست شناسی است که از ارگانیسم ها یا سیستم ها و فرایندهای زنده استفاده میکند تا محصولات یا فناوری هایی را تولید کند که برای بهبود کیفیت زندگی انسان ها استفاده شوند. بسته به فناوری، ابزارها و کاربردهای مورد استفاده، بیوتکنولوژی میتواند با زیست شناسی مولکولی، بیونیک، مهندسی زیستی، مهندسی ژنتیک و نانوتکنولوژی همپوشانی داشته باشد. با رشد بی رویه جمعیت و افزایش آن در نتیجه افزایش تقاضای غذا، بیوتکنولوژی در جهت تأمین امنیت غذایی و تأمین خودکفایی نقش بسزایی دارد. جمعیت جهان از ۳ میلیارد نفر در سال ۱۹۵۹، به ۶/۷ میلیارد نفر در سال ۲۰۰۹ رسیده است. با این سرعت رشد، پیش بینی میشود که در سال ۲۰۳۰، دو میلیارد انسان گرسنه در جهان خواهند بود. در این شرایط، جهان نیازمند محصولات غذایی با افزایش رشد سالانه ۲/۵ درصد برای ۱۰ سال آینده خواهد بود (Curtis and Wilkinson, 2001). علاوه برآن، از دست رفتن مواد غذایی دغدغه ای است که بسیاری از تولیدکنندگان را مشغول خود ساخته است. در سال ۲۰۰۷، ارزش محصولات غذایی که در اثر خشکسالی از بین رفت، حدود ۳ میلیارد دلار بود و برآورد کرده اند که در سال ۲۰۲۵ از هر سه نفر، دو نفر در شرایط خشکی زندگی خواهند کرد. اما با وجود این مشکلات، امروزه بیشتر زمین های کشاورزی به درستی استفاده نمیشوند؛ به طوریکه در روسیه و اوکراین که ناحیه حاصلخیز اروپا هستند؛ تنها ۱۰٪ زمین ها، به طور بهینه زراعت میشود. با در نظر گرفتن این شرایط، ذهن بسیاری از پژوهشگران جهان به فناوری های نوین و از جمله زیست فناوری معطوف شده است که تولید مواد غذایی را در جهان بهبود بخشند. از سوی دیگر، افزایش سطح توقع عموم برای بهبود کیفیت، طعم و رنگ غذاهای کنونی و اشتیاق آنها برای خرید مواد غذایی جدید؛ زمینه را برای فعالیت در عرصه فناوری غذا فراهم کرده است و فعالیت های زیستی، بزرگترین نقش را در پیشرفت این فناوری داشته اند. بیوتکنولوژی غذایی، شاخه ای از زیست فناوری است که به منظور بهبود کیفیت، کمیت، ایمنی مواد غذایی و سهولت فرآیند تولید استفاده میشود. این فناوری از ده هزار سال پیش، زمانی که بشر اولیه از حیوانات یا گیاهان پربازده و مقاوم به بیماری استفاده می کرد، پایه گذاری شده است. در واقع، آنها با تولید محصولاتی مانند نان، آبجو و نوشیدنی های الکلی، سرکه، پنیر و ماست، نقش مهمی را در شروع زیست فناوری سنتی داشته اند و اما امروزه با پیدایش روشهای نوین و از جمله مهندسی ژنتیک، این فناوری پیشرفت شایانی داشته است (Gavrilescu and Chisti, 2005).

انواع بیوتکنولوژی (زیست فناوری)

• زیست فناوری سنتی

این فناوری، از دیرباز در جوامع بشری مورد استفاده بوده است. از محصولاتی مانند نان که از ورآمدن آرد توسط مایه خمیر تولید میشود تا تبدیل شدن انگور به شراب، تولید آبجو از جوانه جو و ذخیره سازی شیر در کیسه های از جنس شکم شتر و تبدیل آن به پنیر؛ مواردی هستند که انسان در طول سال ها، پی به راز تولید آن برده است. در طول این آزمون و خطاها، این فناوری پیشرفت کرده تا امروزه که امکان کنترل فرآورده ها و تولید محصول موردنظر، به خوبی فراهم شده است. پیشرفت علم، این امکان را فراهم کرده است که این روش قدیمی به روش صنعتی امروزی تغییر یابد و یک فناوری نوین را ایجاد کند. یکی از مهمترین روشهای مورد استفاده در این فناوری، تخمیر است. تخمیر یک تغییر بیوشیمیایی است که طی آن کربوهیدرات به الکل یا اسید تبدیل میشود. مسیرهای شیمیایی مختلفی برای تخمیر وجود دارد و میکروارگانیسم های گوناگونی قادر به انجام آن هستند. تخمیر یکی از قدیمی ترین روش های تولید مواد غذایی است. تولید سرکه، هشت هزار سال پیش در گرجستان، نقطه ی شروع استفاده از این فرآیند است. امروزه محصولات تخمیری مانند پنیر، نان، ماست، زیتون، سرکه و نوشیدنی های الکلی و غیرالکلی استفاده جهانی دارد. این محصولات فرآوری شده تنوع زیادی دارند، اما متأسفانه در کشور ما به درستی استفاده نمیشوند. محصولات تخمیری محلی نیز وجود دارد که خواستگاه آنها، کشور خاصی است و در آنجا رواج دارد. البته

برخی از این محصولات، مانند کفیر، به واسطه فواید بی شمار و طعم خاصشان، امروزه تجارت جهانی یافته اند (Xu et al, 2010).

• زیست فناوری نوین

این روش شامل دستکاری ژن ها، سلول ها و بافت زنده در حالت کنترل شده و هدفمند، برای تغییر در آرایش ژنتیکی موجود زنده و تولید موجود یا محصول و خدمات جدید میباشد. روش های مهندسی ژنتیک و ایجاد DNA نو ترکیب کشت سلول و بافت، نشانگرهای مولکولی و جهش زایی، نمونه هایی از روش های زیست فناوری نوین هستند. محصولات حاصل از مهندسی ژنتیک و ایجاد DNA نو ترکیب را GM و موجود تغییر ژن یافته را GMO میگویند و امروزه، یکی از زمینه های مهم پژوهش در حوزه علوم زیستی است. تولید این قبیل محصولات در گیاهان، حیوانات و میکروارگانیسم ها انجام شده است. محصولات غذایی حاصل از زیست فناوری نوین را میتوان به صورت زیر دسته بندی کرد:

غذاهایی که خود، GMO هستند؛ مثل دانه ذرت

غذاهایی که از GMOs مشتق میشوند؛ مانند تولید پروتئینهای غذایی و یا روغن از دانه سویا تغییر ژن یافته

غذاهایی که حاوی مواد افزودنی هستند که به وسیله GMOs تولید میشود.

غذاهایی که در فرآیند تولید آنها، از آنزیمهایی که از GMOs گرفته شده، استفاده میشود (Rizwan et al, 2018).

نقش بیوتکنولوژی در فرآوری مواد غذایی

بیوتکنولوژی مواد غذایی در واقع کاربرد تکنیک های بیوتکنولوژی مدرن برای ساخت و فرآوری محصولات غذایی و همچنین مواد تشکیل دهنده و افزودنی های غذایی است. باید توجه داشت که بخش هایی از بیوتکنولوژی کشاورزی، مانند اصلاح محصولات زراعی و تولید حیوانات، عموماً می توانند به عنوان بیوتکنولوژی غذایی نیز در نظر گرفته شوند، انتظار می رود که این شاخه ی بیوتکنولوژی تأثیر زیادی بر صنعت کشاورزی و مواد غذایی داشته باشد. صنعت مواد غذایی در سال های اخیر تغییرات عمده ای را پشت سر گذاشته است. این تغییرات در پاسخ به تقاضای مصرف کنندگان برای محصولات غذایی کم کالری می باشد که ساخته شده با مواد طبیعی بوده و افزودنی ها به جای مواد مصنوعی در آن به کار برده می شود. در حال حاضر تلاش های زیادی برای توسعه رویکردهای جدید به کار برده شده است تا تولید محصولات غذایی سالم برای رفع تقاضای مصرف کنندگان برآورده گردد. در این راستا افزایش چشمگیری در استفاده از آنزیم ها به عنوان ابزارهای مفید در صنایع غذایی به وجود آمده است. به کار گیری این آنزیم ها در طیف گسترده ای از کاربردهای بیوتکنولوژیکی و همچنین تولید مواد غذایی، فرآوری مواد غذایی و نگهداری مواد غذایی ممکن می باشد. در حال حاضر پیشرفت های فراوانی در تخمیر، فناوری آنزیم، مهندسی ژنتیک، مهندسی زیستی و پردازش مواد غذایی وجود دارد. اگرچه بیوتکنولوژی ممکن است شامل استفاده از یک یا چندین نوع از موجودات زنده باشد، اما میکروارگانیسم ها به دلیل تولید سریع مقادیر زیادی از زیست توده، نقش مهم و قابل توجهی در توسعه آن دارند. با استفاده از میکروارگانیسم ها و نوآوری های شکل گرفته در مهندسی ژنتیک پیشرفت های زیادی در توسعه بسیاری از آنزیم های مطلوب برای صنایع غذایی صورت گرفته است. بیشتر آنزیم های مورد علاقه در صنایع غذایی اغلب خارج سلولی هستند. به طور کلی، تحقیقات در بیوتکنولوژی مواد غذایی عمدتاً بر بهبود آنزیم هایی متمرکز است که در حال حاضر توسط صنعت استفاده میشوند. این آنزیم ها از نظر پایداری و ویژگی های آنها در مراحل مختلف فرآیندها مورد بررسی و تغییر قرار می گیرند. علاوه بر این، توسعه آنزیم های جدید و منحصر به فرد و همچنین کاربردهای صنعتی آنها حوزه ی بسیار فعالی می باشد. با توجه به نگرانی های محیطی و اقتصادی در مورد پسماندها صنعتی و پسماندهای کشاورزی، علاقه فزاینده ای به توسعه رویکردهای جدید با استفاده از یک سیستم آنزیمی یا چند آنزیمی به وجود آمده است. (Estrada et al, 2017)

پروبیوتیک و بیوتکنولوژی غذا

پروبیوتیک ها میکروارگانیسم های زنده ای هستند که در صورت مصرف یا استفاده در بدن برای سلامتی مفید هستند. آنها را می توان در ماست و سایر غذاهای تخمیری، مکمل های غذایی و محصولات زیبایی یافت. پروبیوتیک ها در صورت مصرف برای سلامتی مفید بوده و تعادل میکروبی روده را حفظ می کنند. پروبیوتیک ها میکروارگانیسم های زنده ای هستند که مصرف کافی آنها سبب نمایان شدن اثرات سلامتی بخش در بدن میزبان میشود. استفاده از پروبیوتیک ها می تواند باعث افزایش کیفیت محصولات غذایی گردد. برای مثال از آنها می توان برای تولید پنیرهای نرم تر و مغذی تر استفاده کرد. علاوه بر آن پروبیوتیک ها به عنوان افزودنی غذایی نیز به انواع محصولات غذایی اضافه می شود و مصرف این غذاها می تواند موجب اثرات درمانی گردد. در حال حاضر، چندین سویه از باکتری های لاکتوباسیل و بیفیدو برای استفاده انسان در دسترس هستند تا عفونت های دستگاه گوارش را کاهش دهند یا درمان کنند. برخی از اثرات مفید مصرف پروبیوتیک شامل بهبود سلامت روده، تحریک و توسعه سیستم ایمنی بدن، سنتز و تقویت مواد مغذی، کاهش علائم عدم تحمل لاکتوز و کاهش خطر ابتال به برخی بیماری های دیگر است (Agrawal, 2005). تغییرات میکروبیوتای روده با افزایش خطر بیماری های خاص همراه است. میکروبیوتا مجموعه ای از میکروارگانیسم ها است که در قسمت های مختلفی از بدن از جمله دستگاه گوارش زندگی میکنند. ۳۰۰ تا ۵۰۰ نوع باکتری مختلف در روده انسان زندگی میکند که به طور تقریبی دارای دو میلیون ژن هستند. این باکتریها به همراه سایر میکروارگانیسم ها مانند قارچ، ویروس و انگل ها میکروبیوتا یا میکروبیوم را تشکیل میدهند که در گذشته به آن فلور میکروبی روده گفته میشد. هدف استفاده از پروبیوتیک ها، تعدیل میکروبیوتای نامتعادل است. میکروبیوتا یک اصطلاح جمعی برای میکروارگانیسم هایی است که در قسمت های مختلف بدن یا روی بدن انسان زندگی می کنند. با افزایش دانش و اطلاعات در مورد میکروبیوتای روده، تغذیه، ایمنی و ژنتیک در سلامت و بیماری ها، تولید سویه های جدید پروبیوتیک با عملکردهای خاص ممکن گردیده است و درک زمان استفاده از پروبیوتیک ها و چگونگی اثر آنها روی حالت های خاص بیماری زایی را تسهیل کرده است. با این حال، سویه های پروبیوتیک برای استفاده انسانی باید تحت آزمایش های حیوانی و به دنبال آن آزمایش های بالینی انسانی قرار بگیرند تا مناسب بودن، ایمنی و مزایای آنها تأیید شود. برای داشتن حداکثر فعالیت، سویه باید توانایی تکثیر داشته باشد. علاوه بر این، باید توسط سیستم ایمنی بدن نیز تحمل شود و نباید بیماری زا، آلرژی زا، جهش زا یا سرطان زا باشد. ارگانیسمهای پروبیوتیک ترجیحاً باید منشأ انسانی در محل موردنظر زنده بمانند و رشد کنند، بنابراین باید قادر به تحمل داشته باشند؛ باید بتوانند در شرایط درونتنی pH پایین و غلظت زیاد اسیدهای صفراوی باشند (Toma, and Pokrotnieks, 2006).

اصلاح ژنتیکی مواد غذایی

غذاهای اصلاح شده ژنتیکی با حذف یا افزودن یک یا چند ژن به گیاهان یا میکروارگانیسم ها از جمله باکتری ها ایجاد می شوند. غذاهای اصلاح شده ژنتیکی را به اختصار (GMF) و و ارگانیسم های اصلاح شده ژنتیکی را به اختصار (GMO) می نامند. گیاهان اصلاح شده ژنتیکی، گیاهان تراریخته نامیده میشوند ساختار ژنتیکی این گیاهان با استفاده از روش های مهندسی ژنتیک به منظور کسب خصوصیات جدید از جمله مقاومت به خشکی، مقاومت به برخی بیماری های گیاهی یا آفات تغییر یافته است. مهمترین هدف تولید گیاهان تراریخته ایجاد یک ویژگی جدید میباشد. ژن این ویژگی جدید معمولاً از گیاهان غیر هم خانواده یا حتی موجود زنده دیگر مانند یک گونه باکتری به دست می آید. (Creamer et al, 1988) غذاهای اصلاح شده ژنتیکی با دو روش مستقیم و غیرمستقیم ایجاد می شوند. در ادامه روش مستقیم و غیر مستقیم توضیح داده میشود. روش مستقیم: این روش که تراریختی مستقیم نامیده میشود با استفاده از تفنگ ژنی قابل انجام میباشد. برای انجام این روش ابتدا ذراتی از جنس طلا یا تنگستن با ژن مورد نظر پوشش داده می شوند انتقال این ذرات به داخل بافت هدف با استفاده از گاز هلیوم با سرعت زیاد انتقال می یابد. فاکتور های مهم در موفق آمیز بودن انتقال، شرایط فیزیکی بمباران، شکل و ترکیب ذرات می باشند. میزان موفقیت آمیز بودن این روش در آزمایش های مختلف متفاوت بود. در روش غیرمستقیم انتقال ژن به داخل باکتری اگر باکتریوم و سپس انتقال این باکتری به داخل سلول موردنظر صورت میگیرد. در این روش از دو

باکتری آگروباکتریوم تومی فاسینس و آگروباکتریوم ریزوئرز استفاده میشود و کتوری که برای انتقال ژن ها به درون سلول های گیاهی به کار می رود پلاسمیدی است که از آگروباکتریوم تومی فاسینس که باکتری خاکزی و گرم منفی استخراج میشود و DNA T نام دارد. انتقال DNA-T با ورود باکتریها به یک زخم گیاهی شروع میشود. در طبیعت، این باکتری گیاهان را آلوده می کند و تومورهایی را به نام گل های تاجی در آن ها ایجاد میکند. از مزایای این سیستم انتقال DNA T-، کیفیت و ترانسفر ماسیون بالا میباشد. علیرغم رایج بودن روش مستقیم، در محصولاتی مانند ذرت و برنج تغییر ژن با روش آگروباکتریوم تومی فاسینس موفق میباشد. از محصولات موفق دیگر در انتقال ژن گوجه فرنگی، سیبزمینی، ذرت، لوبیا، پنبه، توتون و کلزا میباشد (Kramkowska et al, 2013).

تاثیر بیوتکنولوژی بر روی کیفیت تغذیه ای گیاهان غذایی

بسیاری از فاکتورهای استرس تغذیه ای به شکل ترکیب ماده غذایی یا بافت حیوانی می باشند و بقیه اغلب در طی فرایند، فساد مواد غذایی و یا از طریق عوامل طبیعی مانند خاک، آب و هوا بوجود می آیند. فرایندهای بسیاری برای بهبود ارزش تغذیه ای گیاهان غذایی وجود دارد که بطور کلی آنها را به سه گروه تقسیم بندی می کنند: روش غنی سازی یا تکمیل مواد غذایی، روش های فرایند مرسوم، و بیوتکنولوژی. روش غنی سازی برای جبران مواد مغذی از دست رفته در طی فرایند یا عمل آوری مواد غذایی است. بطور نمونه می توان به افزودن اسید آمینه میتونین در محصولات سویادار اشاره کرد. روش دوم توام با بالا بردن مطبوعیت غذا، قابلیت هضم، و یا افزایش مواد مغذی بوسیله نابود کردن فاکتورهای سمی و یا کم کردن اثرات آنها می باشد. عمل فرایند می تواند با خراب کردن یا جدا کردن مواد مغذی ضروری و غیرقابل دسترس کردن آنها و یا کم کردن قابلیت هضم این مواد، باعث ایجاد فاکتورهای استرس شود. روش سوم بیوتکنولوژی است که می توان به چند دسته تقسیم کرد: استفاده آنزیمی، تخمیر، رویش (سواکردن، فرمول بندی، آماده سازی) و کشت بافت گیاهی. ایمنی غذایی یکی از مهمترین جنبه های بیوتکنولوژی مواد غذایی، حاصله از میکروارگانیسم ها است. ممکن است محصولی از نظر جنبه های حسی و غیره از درجه بالایی برخوردار باشد ولی در سوخت و ساز بدن ایجاد اختلال کند. به عنوان مثال گیاهانی که مقاوم به آفت کش شده اند، در ساختار آنها مواد حاصل از بی اثر کردن آفت کش باقی بماند و ایجاد حساسیت و بیماری کند. به همین خاطر نباید به بیوتکنولوژی مواد غذایی فقط از دید تولید بالا، خواص حسی و بهتر نگاه کرد. بلکه مراحل سوخت و سازی مواد غذایی در بدن باید مورد مطالعه قرار گیرد و ایمنی آنها تایید شود. با توجه به گستره و حیطه عمل بیوتکنولوژی ذکر تمام قابلیت ها و توانایی های بیوتکنولوژی در بخش کشاورزی و صنایع غذایی محدود به مقاله ها و کتابها نمی شود. تغییرات و تحولات چشمگیر و روزمره بیوتکنولوژی همگام با دانش سریع روز، تاثیر عمیقی بر فرایندها، محصولات و کالاهای غذایی، دارویی و بهداشتی می گذارد و همگامی این پیشرفتهای باعث توسعه و بهبود کالاهای و خدمات صنعتی می شود. با این حال تولید مواد غذایی شامل طعم دهنده ها، آنزیمها، سورفکتانت ها، شیرین کننده های غیرمغذی، جانشین چربی ها، آنتی اکسیدان ها، نگهدارنده های طبیعی، پروتئین های سلولی SCP، بهبود خواص کیفی مواد غذایی، از نظر جنبه های حسی و فرایندهای بهبود روش های فرایندی، کاهش هزینه های تولید، تبدیل مواد زاید، افزایش راندمان تولید همگام با افزایش بی رویه جمعیت، و غیره از کاربردهای بالقوه رایج بیوتکنولوژی است (Uncu et al, 2013).

بیوتکنولوژی در اصلاح و تولید مستقیم مواد غذایی

○ روش های مهندسی پروتئین

مواد خام غذایی را می توان یا مستقیماً و یا بعد از اصلاح میکربی یا آنزیمی استفاده کرد. مواد خام غذایی اصلی دارای خاصیت کارکردی (functionality) در محصولات غذایی مثل امولسیون سازی، پیوند با آب، ایجاد ژل، پایداری کف در نوشابه ها، دسر ها و محصولات گوشتی (که عبارتند از پروتئین ها، چربی ها و کربوهیدرات ها) می باشند. رابطه دقیق بین ساختمان این مواد و خواص کارکردی که در غذا ایجاد می کنند، ولی نتایج تحقیقات گسترده سال های اخیر می تواند در جهت انتخاب نوع اصلاح این مواد

خام استفاده شود. به عنوان مثال، یک رابطه مستقیم بین ساختار پروتئین‌ها (یعنی اندازه مولکول پروتئینی و ترکیب اسیدهای آمینه آن) و خواص کارکردی آنها بدست آمده است. می‌توان با تغییر مناسب در اندازه و ترکیب اسیدهای آمینه در یک پروتئین، به خواص کارکردی مورد نیاز برای یک کاربرد بخصوص دست یافت. اندازه پروتئین‌ها را می‌توان توسط آبکافت اسیدی یا آنزیمی کاهش داد. اما ایجاد تغییرات در ترکیب اسیدهای آمینه یک پروتئین، مشکل‌تر است. برای ایجاد تغییرات در ترکیب اسیدهای آمینه یک پروتئین، از روش‌هایی تحت عنوان مهندسی پروتئین استفاده می‌شود که از طریق تغییر در کدهای ژنتیکی با استفاده از روش‌های مهندسی ژنتیک، ترتیب اسیدهای آمینه پروتئین عوض می‌شود. از روش‌های مهندسی پروتئین، برای افزایش پایداری پروتئین‌های آنزیمی که در مقیاس صنعتی نقش کاتالیزور را دارند نیز استفاده شده است. به عنوان مثال، گلوکز ایزومراز، آنزیمی است که در فرآیند تولید HFCS از اهمیت فراوان برخوردار است. این آنزیم در بیوراکتورهای صنعتی توسط یک واکنش شیمیایی بین گلوکز (سوبسترات واکنش) و گروه‌های آمین ثانویه لیزین موجود در ساختار آنزیم، غیرفعال می‌گردد. محققین در شرکت Gist-Brocade روشی را جهت اصلاح ژن گلوکز ایزومراز ایجاد کردند که در آن قسمتی از مولکول آنزیم (جزء لیزین) که گلوکز به آن حمله می‌کند، به گروه‌هایی (جزء آرژینین) که مورد حمله گلوکز واقع نشده ولی قادر هستند که ساختار آنزیم را حفظ کنند تبدیل می‌شود. با استفاده از این روش، زمان استفاده مفید از آنزیم گلوکز ایزومراز در شرایط صنعتی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته و این موضوع باعث افزایش ظرفیت تولید و کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌شود (Wrenbeck et al, 2017).

استفاده از آنزیم لیپاز در بهبود کیفیت روغن‌ها و چربی‌ها

کیفیت‌های تغذیه‌ای و خواص بافتی روغن‌ها و چربی‌ها، به ترکیب اسیدهای چرب آنها بستگی دارد. به عنوان مثال، اگر تنها اسید چرب سازنده یک روغن یا چربی، اسید استئاریک (اسید چرب اشباع) باشد، این چربی در دمای اطاق و دمای بدن جامد خواهد بود. ولی اگر اسیدهای چرب اشباع به این روغن و چربی اضافه گردند، دمای ذوب آن کاهش پیدا خواهد کرد. طول زنجیره اسیدهای چرب نیز بر روی دمای ذوب یک روغن و یا چربی تاثیر گذار است و باید ترکیب اسیدهای چرب در تری‌گلیسیریدهای آن را تغییر داد. برای اینکار می‌توان از آنزیم‌های لیپاز استفاده کرد. مزیت بکارگیری آنزیم‌های لیپاز، اختصاصی عمل کردن آنها می‌باشد. به عنوان یک مثال از بکارگیری آنزیم‌های لیپاز برای تغییر خواص روغن‌ها که در سطح تجارتی استفاده شده است، می‌توان به فرآیندی جهت تولید یک آنزیم لیپاز توسط کپک *Mucor meihi* جهت تبدیل جزء میانی روغن پالم به یک روغن با ارزش مورد استفاده در قنادی اشاره کرد (Morcillo et al, 2013).

استفاده از آنزیم آمیلاز در صنایع نشاسته

مهمترین پلی‌ساکاریدی که در صنایع غذایی استفاده می‌شود، نشاسته است. تولید آنزیمی گلوکز با استفاده از آنزیم آمیلاز بدست آمده از باسیلوس سویتیلیس و آمیلوگلوکزیداز حاصل از اسپرژیلوس، جایگزین روش‌های قدیمی هیدرولیز اسیدی شده است. سرعت عمل، عدم آلودگی و امکان تولید دکستروز در مقیاس صنعتی از مزایای عمده روش آنزیمی، می‌باشد. البته با پیشرفت فناوری DNA نو ترکیب، امکان تولید آنزیم‌های میکروبی پایدار در دمای بالا جهت هیدرولیز آنزیمی و بالطبع تولید صنعتی و گسترده گلوکز فراهم شده است. همچنین با استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز می‌توان نشاسته را به شربت‌هایی با معادل دکستروز (DE) پایین تبدیل کرد. اگر علاوه بر این آنزیم از آنزیم‌های گلوکو آمیلاز و گلوکز ایزومراز نیز استفاده گردد، می‌توان محصولی با شیرینی معادل ساکارز به نام HFCS تولید کرد. تولید HFCS، یکی از بهترین مثال‌های بکارگیری آنزیم در یک فرایند تجارتی می‌باشد. گزارش شده است که معرفی این محصول در ایالات متحده امریکا باعث صرفه‌جویی معادل ۱.۳ میلیارد دلار در واردات شکر در سال ۱۹۸۰ شد. تولید این محصول بدلائل سیاسی و اقتصادی در اروپا موفقیت‌آمیز نبوده است. فروکتوز نیز یک ماده شیرین‌کننده می‌باشد که در بسیاری از محصولات غذایی عمدتاً به عنوان جایگزین ساکارز (شکر معمولی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از دلایل افزایش محبوبیت فروکتوز در کارخانه‌های ساخت مواد غذایی، در دسترس بودن

مقدار زیاد نشاسته غلات است که با روش آنزیمی، در مقیاس صنعتی به فروکتوز تبدیل می‌شود. یک منبع ارزانتر و جایگزین فروکتوز ممکن است فروکتان باشد که کربوهیدرات ذخیره‌ای در بسیاری از گیاهان است. فروکتان ها، پلیمرهای مولتی فروکتوز (پلی فروکتوز) هستند که می‌توانند به صورت آنزیمی یا شیمیایی هیدرولیز شوند تا فروکتوز بدست آید. فروکتان‌های گیاهی، شیرین هستند؛ اما آنزیم‌هایی که بتوانند زنجیره‌های گلیکوزیدی آن‌ها را از بین ببرند در دستگاه گوارش انسان وجود ندارند. در نتیجه، فروکتان‌ها اجزای غذایی کم‌کالری هستند. از این خاصیت برای تولید شیرین‌کننده‌های کم‌کالری طبیعی در صنایع غذایی - بهداشتی به خصوص در ژاپن استفاده می‌شود که آن را به صورت آنزیمی در بیوراکتورها تولید می‌کنند. در میان باسیل‌ها، پسودوموناس و استرپتوکوک با کمک آنزیم‌های خارج سلولی، شکر را به فروکتان‌های باکتریایی که غالباً لوآن (Levan) نامیده می‌شوند، تبدیل می‌کنند. در گیاهان تنباکویی که حاوی ژن تغییر یافته " Sac B" یا Bacillus subtilis levansucrase هستند، یک فروکتان پایدار، شبیه نوع میکروبی تولید می‌شود. از روش‌های اصلاح آنزیمی پلیمرهای نشاسته، جهت بهبود خواص هیدروکلوئیدی آنها جهت تولید جایگزین‌های چربی، نشاسته مقاوم، امولسیفایرها و عوامل ایجاد ژل و همچنین جهت تولید نشاسته‌های با منافذ ریز برای استفاده در سیستم‌های رهایش کنترل شده نیز استفاده شده است (Souza et al, 2010).

حذف آب از محیط‌های کشت آنزیمی با استفاده از آنزیم‌ها

یکی از مشکلات اصلاح آنزیمی پلی‌ساکاریدها، نیاز به خارج کردن آب پس از عملیات اصلاح آنزیمی است که باعث می‌شود که این عملیات توجیه اقتصادی نداشته باشد. برای مواجهه با این مشکل، فرآیندهای انجام عملیات اصلاح آنزیمی در محیط‌های نیمه‌جامد ایجاد شده است. به عنوان مثال، می‌توان به فرآیند اصلاح آنزیمی صمغ guar توسط آنزیم آلفاگالاکتوسیداز جهت تولید محصولی با خواص شبیه به صمغ locust bean در محیطی حاوی وزن مساوی آرد guar و آب اشاره کرد. حذف آب از محیط‌های کشت آنزیمی باعث متحول شدن استفاده از آنزیم‌ها در صنایع غذایی شده است. این امکان، برعکس کردن عمل آنزیم‌های هیدرولیزی را فراهم می‌کند. به عبارتی در این شرایط و در عدم حضور انرژی متابولیسی می‌توان آنزیم‌های هیدرولیزی را وادار ساخت که همان بیومولکول‌هایی را سنتز کنند که در حضور آب تجزیه می‌کنند. همچنین میزان اختصاصی عمل کردن آنزیم‌های هیدرولیزی در عدم حضور آب کاهش می‌یابد؛ بطوریکه این آنزیم‌ها قادر به تسریع واکنش هیدرولیز بر روی سوبستراهای غیرمعارف می‌گردند. به عنوان مثال از ماده سابتیلیزین (Subtilisin) که نقش طبیعی آن هیدرولیز پروتئین‌ها می‌باشد، می‌توان در محیط حاوی حلال‌های آلی جهت کاتالیز واکنش آسیلاسیون قندها برای تولید فعال‌کننده‌های سطحی (بعنوان امولسیفایر در مصارف غذایی) استفاده کرد. نیاز به حذف کامل حلال‌ها از واکنش‌های سازگار با غذا منجر به یک کشف بسیار جالب شده است آنزیم‌ها حتی می‌توانند تحت شرایطی که حلال وجود ندارد، فقط با استفاده از سوبسترا و محصول به عنوان محیط واکنش، عمل کنند. استرهای کربوهیدرات و پلی‌گلیسرول (امولسیفایرها)، استرهای کایرالی (طعم دهنده) و الیگوپپتیدها، لیپیدهای ضروری و پلیمرهای ساختاری از ترکیبات مرتبط با مواد غذایی هستند که بطور موفقیت‌آمیزی با استفاده از آنزیم‌ها در این شرایط تولید شده‌اند.

▪ چند مثال دیگر از اصلاح آنزیمی افزودنی‌های غذایی

- استفاده از آنزیم انورتاز جهت تبدیل ساکارز به قند معلق در محصولات نظیر شیرینی‌جات، مرباجات و بستنی.
- استفاده از آنزیم آلفاگالاکتوزیداز در صنایع تولید شکر از چغندر قند جهت تبدیل رافینوز موجود در شیر چغندر قند به گالاکتوز و ساکارز. با توجه به اینکه رافینوز اثر بازدارندگی بر روی کریستالیزاسیون ساکارز دارد، اگر این تبدیل صورت نگیرد، در فرآیند بازیابی شکر از ملاس باید قسمتی از ملاس را همیشه دور ریخت. استفاده از فرآیند آنزیمی، امکان بازیابی شکر از کل ملاس را فراهم می‌کند.

- از آنزیم لاکتاز جهت اصلاح خواص آب پنیر استفاده شده است. لاکتوز در آب، شیرینی و حالیت کمی دارد و همچنین هضم آن برای بعضی انسانها بخاطر کمبود آنزیم بتا-گالاکتوزیداز در سیستم گوارشی آنها امکان پذیر نمی‌باشد. لاکتوز با استفاده از

این آنزیم به گلوکز و گالاکتوز تبدیل می‌شود که معایب فوق را ندارد. همچنین گزارش شده است که پیش‌آبکافت لاکتوز در شیر می‌تواند زمان فرآوری برای تولید ماست و پنیر را تا ۲۰ درصد کاهش دهد.

- از آنزیمهای میکروبی مثل پکتیناز، سلولاز، همی سلولاز و آمیلاز برای شفاف کردن آب میوه و حذف پکتین و لیاف سلولزی استفاده می‌شود. این آنزیمها بیشتر از باکتری‌ها و قارچها استخراج می‌شوند (Naghdi et al, 2018).

تولید مواد کمک فرآوری

ریزسازواره‌ها به‌عنوان کشت آغازگر در فرآوری مواد غذایی جهت بهبود و تولید طعم، افزایش قابلیت نگهداری مواد غذایی و تولید اسید و گازها تولید می‌گردند. به‌عنوان مثال از ریزسازواره‌ها در تولید محصولات لبنی، محصولات گوشتی و تولید نان استفاده می‌گردد. مثال دیگر مواد کمک فرآوری مورد استفاده در صنایع غذایی، آنزیم‌ها می‌باشند که بطور گسترده‌ای از آنها در فرآوری انواع مواد غذایی استفاده می‌شود (Awulachew, 2021).

• کاربردهای تشخیصی برای تایید ایمنی و سلامت محصولات غذایی

از دقت بسیار زیادی که مولکول‌های زیستی در شناسایی برخوردارند، جهت توسعه فناوری‌هایی برای شناسایی حضور ریزسازواره‌های بیماری‌زا، سموم و پروتئین‌های خارجی در مواد غذایی استفاده می‌شود. در این فناوری‌ها از مولکول‌های مخصوص حس‌گر استفاده می‌گردد. به‌عنوان مثال در DNA کروموزمی و RNA باکتری‌ها، ترتیب‌های بازی مشخص کوتاهی وجود دارد که از آنها می‌توان جهت شناسایی و ردیابی آنها استفاده کرد. از این حس‌گرهای ژنتیکی می‌توان جهت شناسایی سریع ریزسازواره‌ها در سطح خانواده، گونه یا زیرگونه استفاده کرد. در حال حاضر، چنین حس‌گرهایی برای لیستریا، سالمونلا، کلاستریدیوم، یرسینیا، کمپیلوباکتر ساخته شده‌است. از آنتی‌بادی‌های نو ترکیب چنددودمانی و تک‌دودمانی جهت توسعه روش‌های سریع و ساده برای شناسایی میکروب‌های بیماری‌زا با منشأ غذایی مثل سالمونلا، لیستریا و سم‌های قارچی (مثل آفلاتوکسین و تری‌توتین)، آفت‌کش‌ها و سم‌های طبیعی (مثل گلیکوالکالونید سیب‌زمینی) استفاده شده است. سم‌های تولیدی برخی قارچ‌ها در انواع مواد غذایی (بخصوص غلات و میوه‌های مغزدار که در شرایط نامناسب نگهداری می‌شوند) را می‌توان با استفاده از کیت‌هایی مبتنی بر آنزیم ELISA شناسایی کرد و ایمنی و سلامت محصولات را تضمین نمود. به‌عنوان مثال، می‌توان از آزمون‌های ELISA برای شناسایی Salmonella در مواد غذایی استفاده نمود و نتیجه آزمایش در عرض یک روز مشخص می‌شود؛ در حالی که توسط روش‌های مرسوم میکروبیولوژی تا شش روز طول می‌کشد. روش‌های بیوتکنولوژی برای تایید غیرتقلبی بودن یک محصول غذایی نیز بکار می‌روند. به‌عنوان مثال برای شناسایی پروتئین‌های شیر، آنتی‌بادی‌هایی وجود دارد که می‌توان از آنها در ساخت کیت‌های ELISA استفاده کرد. این کیت‌ها قادر هستند، استفاده غیرمجاز از شیر گاو در تولید پنیرهایی که ادعا می‌گردد از شیر گوسفند تهیه شده است را تشخیص دهند (Narsaiah et al, 2012).

بیوتکنولوژی در تولید توده میکروبی و پروتئین تک‌یاخته به‌عنوان غذا (SCP)

پروتئین‌های تک‌یاخته (SCP) یا پروتئین‌های میکروبی به میکروب‌های تک‌سلولی خوراکی اشاره دارند. زیست‌توده یا پروتئین استخراج‌شده از کشت خالص یا مخلوط جلبک‌ها، مخمرها، قارچ‌ها و یا باکتری‌ها ممکن است به‌عنوان یک جزء یا جایگزین غذاهای سرشار از پروتئین استفاده شود و برای مصرف انسان یا به‌عنوان خوراک دام مناسب است. چون پروتئین به لحاظ کمی بخش مهمی از سلول‌های میکروبی را تشکیل می‌دهد، پس این میکروارگانیسم‌ها پروتئین تک‌یاخته‌ای بصورت کنسانتره پروتئین طبیعی نیز نامیده می‌شوند. میکروارگانیسم‌ها و بسترهای مختلفی برای تولید پروتئین‌های تک‌یاخته استفاده می‌شوند. مخمر به دلیل داشتن کیفیت غذایی برتر برای تولید پروتئین تک‌یاخته‌ای مناسب است. غلات مکمل همراه با پروتئین‌های تک‌یاخته، خصوصاً مخمر، آنها را به خوبی پروتئین‌های حیوانی می‌کند. فاکتور مدنظر لازم برای استفاده از SCP، اثبات عدم وجود ترکیبات سمی و سرطان‌زا نشأت گرفته از بسترها، بیوسنتز شده با میکروارگانیسم‌ها یا تشکیل‌شده در طی فرآوری است. میزان بالای نوکلئیک اسید و هضم‌پذیری پایین دیواره سلولی دو مورد از مهمترین عوامل کاهنده ارزش غذایی و سمی مخمر برای مصارف حیوانی یا انسانی هستند. همانند اجزای تشکیل دهنده نوکلئیک اسید، ترکیبات پورین در رژیم

غذایی انسان عمدتاً برای تولید اسید اوریک متابولیزه می‌شوند که غلظت بالای آن ممکن است سبب نقرس یا سنگ‌های کلیوی شود. با این حال، نوکلئیک اسید جزء سمی نیست و فقط سبب اثرات فیزیولوژیکی در سطوح بالاتر همانند سایر مواد غذایی ضروری مصرف‌شده در مقادیر بیشتر می‌شود. محاسبه شده که مصرف ۱۰۰ پوند مخمر در عرض ۲۴ ساعت سبب تولید ۲۵۰ تن پروتئین خواهد شد. جلبک‌های رشدیافته در حوضچه‌ها می‌توانند ۲۰ تن (وزن خشک) پروتئین در هر هکتار در سال تولید کنند. باکتری‌ها معمولاً از پروتئین بالایی (۵۰ تا ۸۰ درصد) و نیز سرعت رشد سریع برخوردارند. معایب اصلی به شرح زیر هستند:

- سلول‌های باکتریایی دارای اندازه کوچک و چگالی کم هستند که برداشت از محیط تخمیر شده را دشوار و پرهزینه می‌کند.
 - سلول‌های باکتریایی نسبت به مخمرها و قارچ‌ها دارای محتوی نوکلئیک اسید بالایی هستند. برای کاهش میزان نوکلئیک اسید باید مرحله فرآوری دیگری ارائه شود و این موجب افزایش هزینه می‌شود
 - تفکر عمومی بر این است که همه باکتری‌ها مضر هستند و سبب بیماری می‌شوند. برنامه آموزشی فراگیر برای رفع این تصور اشتباه و پذیرش عمومی پروتئین باکتریایی مورد نیاز است (Bajic et al, 2022).
- مخمرها دارای مزایایی از قبیل اندازه بزرگتر (برداشت آسان‌تر)، میزان نوکلئیک اسید کمتر، میزان لیزین بالا و قابلیت رشد در pH اسیدی هستند. با این حال، مهم‌ترین مزیت آن آشنایی و مقبولیت به دلیل سابقه طولانی استفاده از آن در تخمیرهای سنتی است. معایب آن عبارت از سرعت رشد کمتر، میزان پروتئین کمتر (۴۵ تا ۶۵ درصد) و میزان متیونین کمتر نسبت به باکتری‌ها هستند. قارچ‌های رشته‌ای دارای مزایایی بخاطر سهولت برداشت هستند، ولی آنها محدودیت‌هایی در سرعت رشد کمتر، میزان پروتئین کمتر و مقبولیت نیز دارند. جلبک‌ها بخاطر داشتن دیواره سلولی سلولزی که توسط انسان‌ها هضم نمی‌شود دارای معایبی هستند. دوماً، آنها فلزات سنگین را نیز کنسانتره می‌کنند. در مورد جلبک‌ها باید بر این نکته تأکید کرد که بنا به دلایل فنی و اقتصادی، هدف کلی جداسازی و بهره‌گیری صرفاً از پروتئین نیست، بلکه تکثیر کل زیست توده جلبکی است. بنابراین، اصطلاح SCP کاملاً صحیح نیست، چون مواد ریزجلبکی قطعاً چیزی بیش از فقط پروتئین هستند. امروزه، فناوری‌های پیچیده و مختلفی در سرتاسر جهان برای تولید و فرآوری انبوه ریزجلبک‌های فوتوتوتروف بکار برده می‌شوند. تولید سالانه همه گونه‌های ریزجلبک در جهان به تقریباً ۱۰۰۰۰ تن در سال تخمین زده می‌شود. زیست‌توده جلبکی بصورت خشک شده زیر نور آفتاب یا به شکل فشرده‌شده بصورت پاستیل محصول غالب در زیست‌فناوری ریزجلبک است. پروتئین‌های جلبکی از کیفیت بالایی برخوردارند و قابل مقایسه با پروتئین‌های گیاهی معمولی هستند. با این حال، به دلیل هزینه‌های بالای تولید و نیز مشکلات فنی، کشت جلبک‌ها بصورت پروتئین هنوز در حال ارزیابی است (رسول امینی و همکاران، ۲۰۰۹). دیواره سلولی سلولژی که تقریباً ۱۰ درصد ماده خشک جلبکی را تشکیل می‌دهد، مشکل جدی در هضم بهره‌گیری از زیست توده جلبکی طرح می‌کند، چون برای انسان‌ها و سایر غیرنوشخوارگرها قابل هضم نیست. از این رو، تیمارهای موثر جهت اختلال در دیواره سلولی الزامی هستند تا پروتئین و سایر ترکیبات را برای آنزیم‌های گوارشی در دسترس قرار دهند (Amata, 2013).

بیوتکنولوژیکی در تولید ترکیبات طعم‌زا در مواد غذایی

میکروارگانیسم‌ها در بیوتکنولوژی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردارند. باکتری‌ها و قارچ‌ها را میتوان در مقیاس وسیع در بیوراکتورها که مخازن بزرگ مجهز به سیستم کنترل مقدار مواد مغذی و اکسیژن و دیگر عوامل محیطیاند کشت داد. در ارتباط با صنایع غذایی میکروارگانیسم‌ها را به یکی از چهار دلیل زیر در بیوراکتورها کشت میدهند:

- ۱- برای تولید محصولات مفید به عنوان مواد افزودنی یا به عنوان غذا
- ۲- برای تولید آنزیم جهت استفاده در اصلاح خصوصیات مواد غذایی یا ترکیبات غذایی
- ۳- برای تبدیل ماده غذایی به نوع دیگری از ماده غذایی
- ۴- برای تبدیل پس مانده‌ها و پس آب کارخانجات صنایع غذایی (مثلاً سلولز) به محصولات با خطرات زیست محیطی کمتر (مثلاً CO₂).

❖ دی استیل

دی استیل اساساً به طعم کره مربوط میشود. این ترکیب توسط باکتری های اسید لاکتیک و سایر میکروارگانیسم ها (نظیر: لاکتوکوکوس لاکتیس، استرپتوکوکوس ترموفیلوس، لوکونوستوک مزنتروئیدس) تولید میشود. تولید ترکیبات مولد طعم در لبنیات، از جمله اسید بوتیریک، لاکتیک اسید و دی استیل در کشت های مخلوط باکتری های اسید لاکتیک که در محیط هایی بر پایه نشاسته رشد یافته اند گزارش شده است (Escamilla et al, 2000) دست ورزی ژنتیکی ژن های کد کننده آنزیم های موثر در متابولیسم دی استیل، نظیر دی استیل استوئین ردوکتاز از لاکتوکوکوس لاکتیس جهت افزایش ظرفیت تولید دی استیل توسط باکتری های اسید لاکتیک انجام شده است (Aungpraphapornchai et al, 1999).

❖ لاکتون ها

لاکتون ها استرهای حلقه ای γ , δ ، هیدروکسی اسیدها میباشند که در ایجاد طعم میوه ای، کره ای، خامه ای، شیرین و شبه نارگیلی در مواد غذایی نقش دارند. امکان تولید لاکتون با استفاده از روش های بیوتکنولوژیکی در سال ۱۹۶۰ کشف شد (۹). شیر خام لکتنوهای آزاد ندارد، در حالیکه لکتنوها در شیر حرارت داده شده وجود دارند (۷) با استفاده از کشت قارچ تریکودرما ویریدی و سایر قارچها نظیر *sambucus Tyromyces* و *suaveolens Cladosporium* به ترتیب از اسید ریسینولئیک و لینولئیک طعم نارگیلی تولید می نمایند (Kapfer et al, 1989).

❖ استرها

استرها به عنوان ترکیبات طعم دهنده مورد استفاده قرار میگیرند و در فرآورده هایی با طعم میوه (نظیر نوشیدنی ها، آب نبات، ژل و مربا، فرآورده های لبنی نظیر، ماست، پنیر و خامه ترش) به کار میروند. در تولید پنیر، اتیل یا متیل استر حاصل از اسیدهای چرب کوتاه زنجیر طعم میوه ای ایجاد می نمایند، در حالیکه تیواسترهای مشتق شده از تیول ها به ایجاد آرومای سولفور مربوط میشوند (Okui et al, 1963). باکتری های اسید لاکتیک قادر به سنتز اتیل استر و تیواسترها میباشند.

❖ گلوتامات

گلوتامات اولین اسید آمینه ای است که به دلایل متعددی مورد توجه قرار گرفته است و اولین اسید آمینه ای است که در مقیاس صنعتی از کشت میکروبی به دست آمده است و همراه با آلانین و L والین تنها اسید آمینه ای هستند که بوسیله گونه های وحشی باکتری (تغییر نیافته توسط انسان) به صورت انبوه تولید میشوند. گلوتامات از نظر اقتصادی مهمترین اسید آمینه ای است که در صنعت مواد غذایی به عنوان تقویت کننده طعم و افزودنی طعم دهنده استفاده میشود. باکتریایی که به طور طبیعی گلوتامات را به مقدار زیاد تولید میکنند، از خاک ایزوله شدند و متعلق به گروه کورینه باکتریوم بروی باکتریوم هستند و هنوز هم در تولید گلوتامات در مقیاس صنعتی استفاده میشوند. ایزوله هایی که جهت تولید انبوه گلوتامات استفاده می شوند معمولاً کورینه باکتریوم گلوتامیکوم گفته میشوند.

❖ ترپن ها

ترپن ها به طور گستردهای در طبیعت، به ویژه در گیاهان وجود دارند. ترپن ها از واحدهای ایزوپرون تشکیل شدند که به فرم - های حلقه ای، زنجیری، اشباع، غیر اشباع، اکسید شده و غیره میباشند. بیوترانسفورماسیون این ترکیبات جهت تولید ترکیبات طعم زا در صنایع غذایی مورد توجه میباشد. اکثر ترپن های از کشت میکروبی قارچ هایی نظیر اکتینومیست ها و بازیدیومیست ها به دست می آیند (Paduch et al, 2007).

نتیجه گیری



صنعت فرآوری مواد غذایی قدیمی ترین و بزرگترین صنعتی است که از فرآوردهای بیوتکنولوژیکی استفاده می کند. توسعه بیشتر محصولات غذایی و فرآوردهای مبتنی بر بیوتکنولوژی به بهبود فرآوردهای موجود، مانند تخمیر، فناوری بیوکاتالیست بی حرکت، و تولید مواد افزودنی و کمک های پردازش، و همچنین توسعه فرصت های جدید برای بیوتکنولوژی مواد غذایی بستگی دارد. بیوتکنولوژی در علم صنایع غذایی می تواند به تولید محصولات غذایی اصلاح ژنتیکی شده به کمک مهندسی ژنتیک، تولید پروبیوتیک ها و پریبیوتیک ها، تولید استارترها، تولید آنزیم های صنعتی، تولید پوشش های مواد غذایی، افزایش کیفیت و حجم مواد غذایی اشاره کرد. بهبودهایی در خصوصیات، ایمنی و کنترل کیفیت مواد غذایی، در روش های فرآوری، در فرآوردهای تبدیلی و استفاده از ضایعات، و در سیستم های میکروارگانیسم های غذایی و کشت بافت در حال حاضر مورد نیاز است. همچنین مطالعات اساسی در مورد رابطه ساختار-عملکرد مواد غذایی و فیزیولوژی سلولی و بیوشیمی مواد خام مورد نیاز است.

منابع

- Curtis, A., & Wilkinson, C. (2001). Nantotechniques and approaches in biotechnology. *TRENDS in Biotechnology*, 19(3), 97-101.
- Gavrilescu, M., & Chisti, Y. (2005). Biotechnology—a sustainable alternative for chemical industry. *Biotechnology advances*, 23(7-8), 471-499.
- Xu, Y., Wang, D., Fan, W. L., Mu, X. Q., & Chen, J. (2010). Traditional chinese biotechnology. *Biotechnology in China II: chemicals, energy and environment*, 189-233.
- Rizwan, M., Mujtaba, G., Memon, S. A., Lee, K., & Rashid, N. (2018). Exploring the potential of microalgae for new biotechnology applications and beyond: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 394-404.
- Escamilla, M. L., Valdés, S. E., Soriano, J., & Tomasini, A. (2000). Effect of some nutritional and environmental parameters on the production of diacetyl and on starch consumption by *Pediococcus pentosaceus* and *Lactobacillus acidophilus* in submerged cultures. *Journal of applied microbiology*, 88(1), 142-153.
- Estrada, A. C., Díaz, D. V., & Hernández, C. A. M. (2017). The role of biotechnology in agricultural production and food supply. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 44(1), 1-11.
- Agrawal, R. (2005). Probiotics: An emerging food supplement with health benefits. *Food Biotechnology*, 19(3), 227-246.
- Toma, M. M., & Pokrotnieks, J. (2006). Probiotics as functional food: microbiological and medical aspects. *Acta Universitatis Latviensis*, 710, 117-129.
- Creamer, L. K., Jimenez-Flores, R., & Richardson, T. (1988). Genetic modification of food proteins. *Trends in biotechnology*, 6(7), 163-169.
- Kramkowska, M., Grzelak, T., & Czyzewska, K. (2013). Benefits and risks associated with genetically modified food products. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 20(3).
- Uncu, A. O., Doganlar, S., & Frary, A. (2013). Biotechnology for enhanced nutritional quality in plants. *Critical reviews in plant sciences*, 32(5), 321-343.
- Wrenbeck, E. E., Faber, M. S., & Whitehead, T. A. (2017). Deep sequencing methods for protein engineering and design. *Current opinion in structural biology*, 45, 36-44.
- Naghdi, M., Taheran, M., Brar, S. K., Kermanshahi-Pour, A., Verma, M., & Surampalli, R. Y. (2018). Removal of pharmaceutical compounds in water and wastewater using fungal oxidoreductase enzymes. *Environmental pollution*, 234, 190-213.
- Awulachew, M. T. (2021). Food additives and food processing aids: The role, function and future research need of industrial food biotechnology. *International Journal of Medical Biotechnology & Genetics*, 8(11), 73-82.
- Narsaiah, K., Jha, S. N., Bhardwaj, R., Sharma, R., & Kumar, R. (2012). Optical biosensors for food quality and safety assurance—a review. *Journal of food science and technology*, 49, 383-406.
- Bajić, B., Vučurović, D., Vasić, Đ., Jevtić-Mučibabić, R., & Dodić, S. (2022). Biotechnological production of sustainable microbial proteins from agro-industrial residues and by-products. *Foods*, 12(1), 107.



Amata, I. A. (2013). Yeast a single cell protein: Characteristics and metabolism. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 4(2013), 158-170.

Morcillo, F., Cros, D., Billotte, N., Ngando-Ebongue, G. F., Domonhédó, H., Pizot, M., ... & Arondel, V. (2013). Improving palm oil quality through identification and mapping of the lipase gene causing oil deterioration. *Nature Communications*, 4(1), 2160.

Souza, P. M. D. (2010). Application of microbial α -amylase in industry-A review. *Brazilian journal of microbiology*, 41, 850-861.

Aungraphapornchai, P., Griffin, H. G., & Gasson, M. J. (1999). Cloning, DNA sequence analysis, and deletion of a gene encoding diacetyl-acetoin reductase from *Lactococcus lactis*. *DNA Sequence*, 10(3), 163-172.

Kapfer, G. F., Berger, R. G., & Drawert, F. (1989). Production of 4-decanolide by semicontinuous fermentation of *Tyromyces sambuceus*. *Biotechnology letters*, 11, 561-566.

Paduch, R., Kandefer-Szerszeń, M., Trytek, M., & Fiedurek, J. (2007). Terpenes: substances useful in human healthcare. *Archivum immunologiae et therapiae experimentalis*, 55, 315-327.



Biotechnology and its applications in food industry

Behzad Mohammadi^{1*}

Department of Food Science and Technology, Afagh Higher
Education Institute, Urmia, Iran

Maryam Heydari²

PhD student, Department of Food Science and Industry, Islamic
Azad University, Varamin Pishva branch, Varamin- Iran

Abstract

Fundamental discoveries in molecular biology over the past two decades have ushered in a scientific revolution that will have a profound impact on food and agricultural systems in the next decade. Biotechnological tools, including genetic engineering, DNA probe and monoclonal antibody technology, fermentation and bioprocessing, and plant and mammalian cell tissue culture, will have numerous applications throughout the food chain, from the seed planted to the food processing plant. Biotechnology means the use of biological systems and organisms to develop or produce products or any technological application that uses biological systems, organisms or their derivatives to create or modify certain products or processes. Food biotechnology is defined as the use of biological techniques to produce, improve the quality, quantity, health, economy and ease of processing food products from plants, animals and microorganisms. The world's population will double by the middle of this century, and now half of the world's children are deprived of enough food. Also, the pressure from consumers, especially in industrialized countries, has caused the production of food products to be directed towards the use of natural additives and the use of processing methods closer to natural methods. One of these methods is biotechnology in the food industry, which is the use of living cells or parts of them, in order to produce or modify food products or food additives. Biotechnology in the food industry can be used in the production of genetically modified food products with the help of genetic engineering, the production of probiotics and prebiotics, the production of starters, the production of industrial enzymes, the production of food coatings, increasing the quality and volume of food.

Keywords: biotechnology, modern biotechnology, food processing, genetic engineering, food safety