



تغذیه



گاهنامه علمی **tōranj**

انجمن علمی مهندسی صنایع غذایی

دانشگاه محقق اردبیلی

شماره پنجم، بهار ۱۴۰۰



مصاحبه با دکتر فاطمه قنادی اصل | زباله‌ها و محصولات جانبی: منابع آتی کاروتنوئیدها برای اهداف بیوتکنولوژیکی و برنامه‌های سلامت بخشی |
اثرات اشعه‌های ایکس و گاما بر پاتوزن‌های مواد غذایی | ارزش‌گذاری محصولات جانبی شیلات و چالش‌ها و نگرانی‌های فنی صنایع غذایی | نقش
ویتامین D در سلامتی انسان | ریزپوشانی مواد غذایی و کاربرد آن در صنعت غذا | انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، فرصت‌ها و راهکارها | کاربرد
تصویربرداری فراتطیفی در بررسی کیفیت مواد غذایی

شناسنامه



عنوان: ترنج

زمینه انتشار: علمی

ترتیب انتشار: گاهنامه

شماره انتشار: ۵

تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۰

صاحب امتیاز: انجمن علمی علوم و مهندسی صنایع غذایی

مدیر مسئول: نسترن قربانی

سر دبیر: تینا عالیقدری

مشاور علمی: دکتر رضوان شاددل

ویراستار: محمود ملایوسفی زاده

کارشناس نشریات دانشگاه: مهندس سعید بوداقی

هیئت تحریریه: عارف عرفانی - تینا عالیقدری - سمیرا شاه محمدی - فاطمه بخشی - هانیه عطارد - کوثر آقاعیزی

طراحی و صفحه آرایی: رضا رسولزاده

تاریخ و شماره مجوز: ۹۵/۱۰/۱۵ | ۲۲۳۷ / ف/ م

تاریخ و شماره آخرین تغییرات: ۹۸/۰۹/۱۰ | ۳۴۶۴ / ف/ م

@Foodindustry-uma

لینک کانال تلگرامی:

@Foodindustry-uma

ایدی اینستاگرام:

@uma_foodino

کانال فودینو (مرجع جزوات صنایع غذایی):

Foodindustry@student.uma.ac.ir

ایمیل انجمن:

فهرست مطالب

- سخن مدیرمسئول ۴
- سخن سردبیر ۵
- مصاحبه با دکتر فاطمه قنادی اصل ۶
- زباله‌ها و محصولات جانبی: منابع آتی کاروتنوئیدها برای اهداف بیوتکنولوژیکی و برنامه‌های سلامت
بخشی ۹
- اثرات اشعه‌های ایکس و گاما بر پاتوژن‌های مواد غذایی ۱۸
- ارزش‌گذاری محصولات جانبی شیلات و چالش‌ها و نگرانی‌های فنی صنایع غذایی ۲۴
- نقش ویتامین D در سلامتی انسان ۳۷
- ریزپوشانی مواد غذایی و کاربرد آن در صنعت غذا ۴۶
- انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، فرصت‌ها و راهکارها ۵۲
- کاربرد تصویربرداری فراطیفی در بررسی کیفیت مواد غذایی ۶۶

سخن مدیرمسئول

پروردگارا!

من به ستایش تو افتتاح سخن میکنم و زبان به ثنای تو می‌گشایم، بزرگواری تورا مدح می‌گویم در صورتی که مدح تو را حد و نهایت نیست. تورا سپاس می‌گویم که مارا یاری نمودی تا بتوانیم در راه علم قدمی هر چند کوچک برداریم.

خدمت اساتید، دانشجویان گرانقدر علوم و مهندسی صنایع غذایی عرض سلام، ادب و احترام دارم. با توجه به پیشرفت سریع علم در سال‌های اخیر، فن‌آوری‌های جدید نیازمند منابع به روز و کارآمد هستند که امکان دسترسی و آسان به منابع علمی را فراهم می‌سازد و بی‌شک یکی از مهم‌ترین این منابع نشریات علمی دانشگاهی هستند. این نشریات در سطوح تخصصی علمی، امکان ارتباط میان صاحب‌نظران، دانشمندان و علاقه‌مندان را فراهم کرده و موجب ارتقای علمی رشته‌های مورد نظر می‌شود. هدف ما از انتشار نشریه علمی ترنج، معرفی دستاورد‌های جدید پژوهشی و ایجاد تبادل اندیشه و طرح مسائل علمی تازه در رشته علوم و مهندسی صنایع غذایی است.

از اهداف مهم نشریه ترنج، جمع‌آوری دستاورد‌های جدید علوم صنایع غذایی در یک مجموعه جهت بهره‌برداری مفیدتر این تحقیقات برای پژوهشگران، اساتید و دانشجویان می‌باشد. میبایست در این خصوص پژوهشگران تحقیقات و نتایج خود را از طریق منابع خاص معتبر علمی به اطلاع رسانند تا علاوه بر جلوگیری از تکرار تحقیق، بتوانند از یافته‌های جدید در پیشبرد اهداف علمی بشریت گام بردارند. زندگی صنعتی انسان امروزی، اورا مجاب نموده تا برای بقای بهتر بتواند در علوم پیشرفت نموده و خصوصاً با علوم مرتبط با غذا در حفظ سلامتی خود برای زندگی بهتر برنامه‌ریزی نماید. امید است نشریه ترنج با همکاری اساتید و محققین و دانشجویان سراسر کشور در این امر موثر و تاثیر گذار باشد.

از کلیه صاحب‌نظران محترم دعوت به عمل می‌آوریم که با این نشریه همکاری بفرمایند و با پیشنهادات سازنده خود مارا در هرچه بهتر شدن کیفیت نشریه یاری دهند.

با سپاس بیکران
نسترن قربانی

سخن سردبیر

به نام خداوند توانایی ها
با سلام و درود فراوان
از اینکه دوباره فرصتی دست داد تا به بهانه انتشار پنجمین شماره گاهنامه علمی ترنج در خدمت شما بزرگواران و پژوهندگان باشیم، برخورد می‌بالیم. بی شک تداوم انتشار نشریه بدون مشارکت و همکاری شما امکان پذیر نخواهد بود. استقبال شما با ارسال مقالات نغز و علمی باعث شکوفایی بیشتر نشریه در جمع اندیشمندان حوزه علوم و صنایع غذایی می‌باشد. انتظار داریم مانند روال گذشته با ارسال مقالاتی که حاصل فعالیت های علمی و پژوهشی شما است، بر غنای علمی و آموزشی نشریه بیافزایید و ما را در رسیدن به اهداف نشریه که همانا آموزش و ارتقای تغذیه سالم در سطح جامعه، مخصوصا در این ایام کرونایی است، همراهی نمائید.
بدون تردید همکاری شما باعث ارتقا سطح دانش تخصصی و فراهم نمودن بستر مناسب در جهت تشویق سایر پژوهشگران علوم و صنایع غذایی و باعث آگاهی و ارتقا سطح دانش سایر محققین خواهد بود واز جناب آقای دکتر رضوان شاددل، استاد مشاور انجمن علمی علوم و مهندسی صنایع غذایی. از تمامی دانشجویان تلاشگر انجمن علمی صنایع غذایی که ما را در تهیه این شماره از نشریه یاری نمودند قدردانی کرده و برای آنان از خداوند سلامت و توفیق روز افزون در عرصه علم و دانش آرزو می‌کنیم

سردبیر نشریه ترنج، تینا عالیقدری



مصاحبه با دکتر فاطمه قنادی اصل

مصاحبه‌گر: سمیرا شاه‌محمدی

معرفی مختصر:

دکتر فاطمه قنادی اصل، فارغ التحصیل دکتری علوم تغذیه از دانشگاه علوم پزشکی تبریز می‌باشند. ایشان کارشناسی و کارشناسی ارشد این رشته را در همین دانشگاه با رتبه اول فارغ التحصیل شده‌اند و پس از اتمام طرح نیروی انسانی در دانشگاه محقق اردبیلی استخدام شده و الان دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی و رئیس مرکز بهداشت، درمان و مشاوره دانشگاه می‌باشند.

۱- اگر به گذشته و دوره دانشجویی‌تون برگردید باز هم رشته تغذیه را به عنوان رشته تحصیلی خود انتخاب می‌کنید؟

بله، ۱۰۰ درصد جزو اولین‌های رشته‌های انتخابی من خواهد بود.

۲- از نظر شما از چه راه‌هایی همکاری موثر بین رشته صنایع غذایی و تغذیه امکان‌پذیر است؟

غذای سالم به معنای دریافت غذای کافی، ایمن و مغذی است که همراه با ایجاد، حفظ و ارتقای جنبه‌های مختلف سلامتی در جامعه است. به همین دلیل تولید غذای سالم یکی از اولویت‌های امروزه در کل دنیا محسوب می‌شود. مسلم است که مطالعات میان رشته‌ای در صنایع غذایی و تغذیه منجر به کاهش و بازیافت پسماندها و ضایعات صنعت غذا، سلامت، بهداشت و کنترل کیفیت مواد غذایی، تولید غذاهای فراسودمند، پری‌بیوتیک و پروبیوتیک، امنیت و ایمنی مواد غذایی، توجه به ترکیبات ضد مغذی در مواد غذایی، غنی‌سازی مواد غذایی و فرمولاسیون مواد غذایی جدید خواهد شد و تمامی این موارد در ارتباط نزدیک با سلامت جامعه است.

۳- با توجه به شرایط پیش آمده به دلیل شیوع بیماری کرونا و تعطیلی آموزشهای حضوری، امکانات و آموزشهای مجازی رو چطور ارزیابی می‌کنید؟

آموزش مجازی، شیوه نوین آموزش در دنیاست که علی‌الخصوص در این شرایط شیوع کرونا به جهت جلوگیری از تعطیلی آموزش، بیشتر مورد استقبال قرار گرفته است. ولی بایستی توجه داشت که استفاده مؤثر از فناوری‌های جدید ارتباطات در فرایند آموزش مستلزم آن است که نقش‌های جدید در فرایند یادگیری لحاظ شوند و کارایی این مدل آموزشی، بستگی به توانمندی استاد و دانشجو، امکانات دانشگاه، همچنین تجربه و دانش استاد و دانشجو خواهد داشت. به هر حال ممکن است در این روش آموزشی رقابت تحصیلی کم‌رنگ‌تر شود یا اینکه خستگی در فراگیران ایجاد شود و این موارد بایستی مورد توجه بیشتر قرار گیرند.

۴- از نظر شما یک دانشجو و مهندس صنایع غذایی ایده‌آل باید چه ویژگی‌هایی داشته باشد؟

به نظرم، علاقه به رشته، داشتن دقت و تمرکز، خلاقیت در کار و داشتن روحیه کار گروهی چهار ویژگی ویژه دانشجویان این رشته می‌تواند باشد.

۵- آیا دانشگاه در ارائه مطالبی که یک دانشجوی صنایع غذایی برای ورود به بازار کار و فعالیت در کارخانه به آن نیاز دارد موفق عمل کرده است؟ چه توصیه‌هایی برای بهبود عملکرد این بخش دارید؟

تدریس دروس در این رشته بنا به سرفصل‌های مصوب در دفتر برنامه‌ریزی آموزش عالی کشور است و آخرین بازنگری آن مربوط به سال ۹۴ می‌باشد. به نظر می‌رسد با توجه رشد اخیر در فناوری‌های مواد غذایی، به منظور تربیت نیروهای متخصص و کارآزموده بازنگری در این سرفصلها و تاکید بر دوره‌های کارورزی می‌تواند ضرورت داشته باشد.

۶- عملکرد صنعت غذا را از نظر سطح کیفیت و سلامت غذا، در سال‌های اخیر چطور ارزیابی می‌کنید؟

سیاست‌گذاری مداوم و دقیق، برنامه‌ریزی، نظارت و ارزیابی شاخص‌های ایمنی و سلامت مواد غذایی و آشامیدنی همواره ضروری است و خوشبختانه این امور در سالهای اخیر با تدوین سند ملی شاخص‌های ایمنی و تغذیه‌ای، اعطای نشان ایمنی و سلامت به محصولات غذایی، برچسب‌گذاری تغذیه‌ای و اطلاع‌رسانی به مصرف‌کننده، تعیین میزان باقیمانده سموم در محصولات غذایی، شناسایی خطرات ناشی از مواد غذایی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

۷- از نظر شما چه شکاف‌هایی در صنعت غذا وجود دارد که برای بهبود شرایط، بهتر است بیشتر به آن پرداخته شود؟

صنعت غذایی یکی از قدیمی‌ترین صنایع ایران محسوب می‌شود و همواره از اشتغال‌زایی با ارزش افزوده بالا برخوردار بوده است. طبق اطلاعات در دسترس، ایران جزو کشورهایی است که بیشترین میزان ضایعات مواد غذایی را در جهان دارند و نیاز روزافزون جامعه به غذا، رشد جمعیت و کاهش منابع غذایی ضرورت توجه جدی روی این مساله بیشتر نمایان می‌کند. از طرف دیگر، پیدایش عادات و سبک‌های نوین غذایی نیاز به تنوع محصولات و پیدایش فرآورده‌های جدید غذایی بیشتر کرده است. بنابراین لازم است که به موارد ذکر شده توجه بیشتری صورت گیرد.

۸- آیا اقداماتی برای پیشرفت و بهبود صنعت غذا در سالهای اخیر انجام شده؟ چه پتانسیل هایی در این زمینه وجود دارد؟ و چه اقدام هایی بهتراست انجام گیرد؟

به نظر، تولید مواد غذایی سالم تر، برچسب گذاری مواد غذایی و استفاده از تکنولوژی روز از مهمترین موارد انجام یافته در طی سالهای اخیر بوده باشد.

۹- بازار کار برای صنایع غذایی و در نگاه کلی تر رشته های مرتبط با سلامت و غذا را در آینده چطور ارزیابی می کنید؟

با توجه به نیاز همیشگی جامعه به تامین غذا، جایگاه خاص متخصصین صنایع غذایی در این زنجیره تامین کاملاً مشخص است. فارغ التحصیلان این رشته می توانند در زمینه های مختلف مثل هدایت و نظارت مسئولیت فنی واحدهای تولید فرآورده های غذایی، کنترل کیفیت، طراحی و بهینه سازی خطوط تولید در کارخانه ها، واحدهای تحقیق و توسعه و کارآفرینی در صنایع غذایی فعالیت نمایند.

۱۰- و سخن آخر؟

در روزهای سخت شیوع بیماری کووید ۱۹، آرزوی سلامتی، بهروزی و موفقیت برای همه دانشجویان عزیز را دارم.



زباله‌ها و محصولات جانبی: منابع آبی کاروتنوئیدها برای اهداف بیوتکنولوژیکی و برنامه‌های سلامت بخشی

نویسنده: **تینا عالیقدری** دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

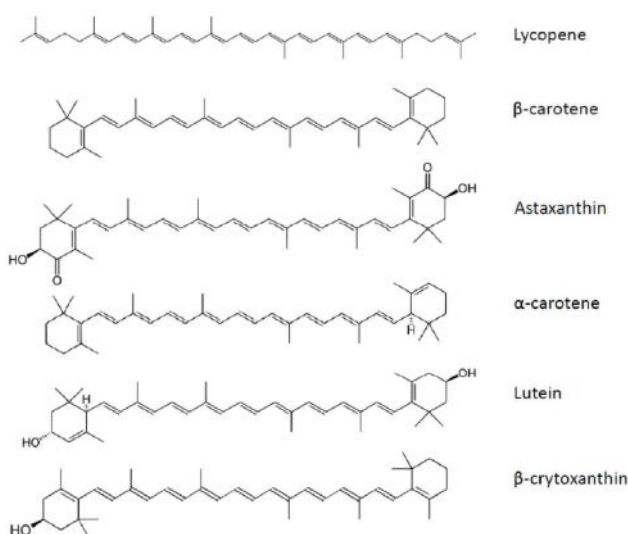
در سال‌های اخیر تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات سالم (مواد غذایی، مواد آرایشی، مکمل، دارو و غیره) و الزام شرکت‌های صنعتی برای انطباق روش‌های تولید خود را با دستورالعمل نظارتی دقیق سبب افزایش توجه به ارزش پسماندهای زیستی شده است. قسمت عمده ترکیبات طبیعی با اینکه سالم‌تر از مواد افزودنی سنتزی هستند ولی گران و کم مقدار نیز هستند. بنابراین بازیافت مواد فعال با ارزش از مواد زائد و محصولات جانبی استراتژی جالب و آینده‌داری باشد. هدف مقاله حاضر ارائه یک رویکرد جامع به ارزش سنجی باقیمانده‌های زیستی با تمرکز بر ترکیب شیمیایی و محتوای کاروتنوئیدی و استفاده آبی از آن‌ها در بیوتکنولوژی استوار است. پسماندهای زیستی تولید شده و جمع شده بصورت روزانه از منابع گیاهی (پوست، دانه‌ها و غلاف‌ها) و حیوانی (فاضلاب، سفالوتوراکس سخت پوستان، پشت لاک، فلس و پوست و دم) غنی‌ترین منابع کاروتنوئیدها (کاروتن و گزانتوفیل‌ها) هستند. از روش‌های مختلفی که معمولاً برای بازیابی کاروتنوئیدها استفاده می‌شود استخراج با حلال‌های آلی رایج‌تر است. استخراج با سیالات فوق بحرانی، مایکروویو و استخراج با کمک آنزیم عمده‌تاً بصورت ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بازیابی ترکیبات ارزشمند از پسماندها فرصت‌های شگفت‌انگیزی برای کشف و طراحی استراتژی‌های جدید برای تولید و جمع‌آوری کاروتنوئیدها و ارزش‌گذاری مواد غذایی ایجاد می‌کند و ترکیبات ارزشمندی را برای بخش‌های مختلف صنعتی فراهم می‌کند.

کلیدواژه‌ها: پسماند، استخراج، ترکیبات زیست فعال، غنی‌سازی.

۱. مقدمه

مواد زیست فعال طبیعی حاصل از گیاهان، میوه‌ها و سبزیجات، از گذشته مورد توجه قرار گرفته اند. این مولکول‌های فعال که معمولاً به عنوان مواد فیتوکمیکال یاد می‌شوند اثرات بیولوژیکی زیادی نشان می‌دهد. اثرات این مولکول‌های زیست فعال نه تنها پیش‌گیری کننده و درمانی می‌باشد بلکه تقویت کننده سلامتی نیز هستند. اخیراً این مولکول‌ها مورد توجه صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی، صنایع غذایی و بیوتکنولوژی قرار گرفته‌اند. صنایع غذایی مدرن بیشتر در تهیه محصولات سالم و ایمن از جمله تهیه محصولات دارای گواهی «غذاهای فوق العاده»، «غذاهای سالم» یا حتی «غذاهای عمل‌گرا» که در حال حاضر تقاضای قابل توجهی در سراسر جهان دارند، تمرکز کرده است. مصرف کنندگان رژیم غذایی حاوی ترکیبات فنلی، کاروتنوئیدها، فیبر، ویتامین‌ها و مواد معدنی از جمله بیش‌ترین موارد هستند. بنابراین این مواد طبیعی به محصولات غذایی اضافه شده و علاوه بر اینکه مولکول‌های فعال زیستی را تقویت می‌کند باعث بهبود عملکردهای غذایی بسیاری از مواد غذایی می‌شود و حتی برای اهداف درمانی، بسته به غلظت مورد استفاده از ترکیبات فنولیک به‌ویژه کاروتنوئیدها، بسیار عالی هستند. رنگ‌های خوراکی طبیعی به تدریج جایگزین رنگ‌های مصنوعی افزودنی در مواد غذایی شده‌اند. کاروتنوئیدها، دسته‌ای از رنگ‌دانه‌های طبیعی و محلول در چربی هستند و به طور عمده‌ای در گیاهان یافت می‌شود، قرن‌ها به طور گسترده‌ای به عنوان افزودنی رنگی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با این حال، در سال‌های گذشته استفاده از آن‌ها به عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مورد توجه قرار گرفته است. از طرف دیگر، با توجه به رژیم غذایی انسان، کاروتنوئیدها از سابقه طولانی در استفاده به عنوان عوامل ضد تومور، مانع مشکلات قلبی و عروقی، پیشگیری کننده بیماری‌های دستگاه گوارش و تعدیل کننده سیستم ایمنی بدن مورد استفاده دارند. لیکوپین فراوان‌ترین و شناخته شده‌ترین کاروتنوئید است که بیش از ۸۵٪ کل کاروتنوئیدها را شامل می‌شود. به عنوان مثال، پوست گوجه‌فرنگی حاوی تقریباً پنج برابر لیکوپین بیشتری از پالپ گوجه‌فرنگی است. ارزیابی محتوای کاروتنوئیدها در بسیاری دیگر از ضایعات و محصولات جانبی به عنوان منابع آینده و سایر مولکول‌های زیست فعال باید انجام شود با در نظر گرفتن مقدار زیادی از پسماندهای زیستی که روزانه تولید می‌شود.

۲. کاروتنوئیدها



شکل ۱: ساختار شیمیایی کاروتنوئیدهای مهم

کاروتنوئیدها گروه بزرگی از ترکیبات فعال زیستی را تشکیل می‌دهند که عمدتاً در سلسله گیاهان وجود دارند البته در جلبک‌ها و برخی از میکروارگانیسم‌ها نیز یافت می‌شوند. بخاطر محلول در آب بودن، حلالیت متوسط در حلال‌های آلی و حلالیت کامل در چربی، کاروتنوئیدها دارای رنگ ویژه‌ای هستند که به دلیل وجود گزانتوفیل‌ها در ساختار شیمیایی آن ایجاد می‌شود. کاروتنوئیدها مهم‌ترین تتراترپن‌های حاوی ۴۰ اتم کربن بوده که از ۸ واحد ایزوپرنی تشکیل شده‌اند. کاروتنوئیدها بیش از ۱۰ پیوند دوگانه دارد و در فرآیندهای شیمیایی می‌تواند اکسیژن یگانه واکنش دهد. رنگ آن زرد و خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی دارد بنابراین، با در نظر گرفتن توانایی آنتی‌اکسیدانی

آن‌ها، کاروتنوئیدها ممکن است در دو گروه مختلف تقسیم شوند. به طور کلی، کاروتن‌ها فاقد اکسیژن در نظر گرفته می‌شوند. کاروتنوئیدها یک فرم هیدروکربنی مشخص دارند درحالی‌که گزانتوفیل‌ها توسط کاروتنوئیدهای اکسیژن‌داری ساخته شده‌اند که در پلاستیدهای گیاهان و جلبک‌ها سنتز می‌شود.

جدول ۱: منابع اصلی و ویژگی‌های عمومی کاروتن‌ها و گزانتوفیل‌ها

کاروتنوئید	رنگ	منابع مغذی	فعالیت بیولوژیکی
بتا کاروتن	زرد، نارنجی	گیاهان سبز رنگ، هویج، سیب زمینی شیرین، کدو، اسفناج، زردآلو، فلفل سبز، انبه، یام	اثرات مثبت بر انواع سرطان و بیماری‌های قلبی و عروقی، تنظیم‌کننده سیستم ایمنی
لیکوپن	قرمز	میوه‌ها و سبزیجات مانند: گوجه‌فرنگی، هویج، فلفل سبز، زردآلو، انگور بنفش، کلم قرمز، بری‌ها، آلو	تاثیرات آنتی‌اکسیدانی (جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها)، بهبود عملکرد سیستم ایمنی، ضد آتروژنیک، ضد التهاب، تنظیم‌کننده سیستم ایمنی
گزانتوفیل آستاگزانتین	قرمز	ریزجلبک‌ها، پلانکتون، کریل، سخت‌پوستان، سالمون، ماهی و سایر غذاهای دریایی	جلوگیری از بیماری‌های ناشی از استرس اکسیداتیو، جلوگیری از رشد تومور، اکسیدان قوی، محافظت در برابر اثرات مخرب نور، کاهش بیماری‌های قلبی و عروقی، تعدیل‌کننده سیستم ایمنی
بتاکریپتوگزانتین	زرد و نارنجی	ذرت، فلفل سبز، پاپایا، لیمو، پرتقال، هلو، آلوخشک، زردآلو، خرمالو	بهبود عملکرد تنفسی، جلوگیری از سرطان شش، استخوان‌سازی و ضد تحلیل استخوان، محافظت از DNA و سلول‌ها در برابر خطرات ناشی از استرس اکسیداتیو، کاهش بیماری‌های قلبی و عروقی، سنتز اکسیدازهای سیتوکروم و پراکسیدازها را بهبود می‌بخشد، محافظت از سلول‌ها و دی‌ان‌ای‌ها در برابر بیماری‌های خودایمنی، کاهش بیماری‌های قلبی و عروقی
کانتاگزانتین	قرمز و نارنجی	قارچ‌ها، سخت‌پوستان، ماهی قزل‌آلا	سنتز اکسیدازهای سیتوکروم و پراکسیدازها را بهبود می‌بخشد، محافظت از سلول‌ها و بافت‌ها در برابر بیماری‌های خودایمنی،
کاپسانتین	قرمز	فلفل قرمز، فلفل تند	محافظت از سلول‌ها و DNA در برابر خطرات ناشی از استرس اکسیداتیو و اتواکسیداسیون، افزایش طول عمر سلول، محافظت از اثران ناشی از اکسیداسیون و فتواکسیداسیون، کاهش بیماری‌های قلبی و عروقی مانند چاقی، دیابت، پرفشاری خون مزمن و کلسترول بالا
فوکوگزانتین	نارنجی	جلبک دریایی قهوه‌ای	محافظت از سلول‌ها و DNA در برابر خطرات ناشی از استرس اکسیداتیو و اتواکسیداسیون، افزایش طول عمر سلول، محافظت از اثرات ناشی از اکسیداسیون و فتواکسیداسیون، کاهش بیماری‌های قلبی و عروقی مانند چاقی، دیابت، پرفشاری خون مزمن و کلسترول بالا
لوتئین	زرد	ذرت زرد، زرده تخم مرغ، پرتقال، هویج، گوجه‌فرنگی، خربزه عسلی و دیگر میوه‌ها، سبزیجات سبز تیره رنگ، شلغم سبز، کلم پیچ، جعفری، اسفناج و کلم بروکلی	جلوگیری از تخریب ماکولا و بیماری‌های قلبی و عروقی مرتبط با افزایش سن، بهبود بینایی، ضد تومور، تنظیم‌کننده سیستم ایمنی، ضد التهاب، محافظت از فتواکسیداسیون، خاصیت آنتی‌اکسیدانی (مانع اکسیداسیون لیپیدها و تشکیل پراکسیدها) و افزایش طول عمر سلول‌ها
زئاگزانتان	زرد	ذرت، تخم مرغ، پرتقال، خربزه عسلی، سبزیجات برگ سبز تیره (کلم پیچ، شلغم سبز، اسفناج و کلم بروکلی)	خواص آنتی‌اکسیدانی مانع جلوگیری از تحلیل رفتن عضلات، آسیب به بافت شبکیه، استرس اکسیداتیو، مانع اکسیداسیون لیپیدها و آسیب به DNA، بهبود سلامتی قلب و عروق و دستگاه تنفسی

۳. باقی مانده های زیستی: منابع فیتوشیمیایی با عملکردهای مواد فعال در آینده

۱-۳. نقش فزاینده کاروتنوئیدهای بازیافت شده از ضایعات در صنایع غذایی

صنایع مدرن غذایی به طور فزاینده‌ای به جلب نظر و اعتماد مصرف‌کنندگان اهمیت می‌دهند. کاروتنوئیدها به علت خاصیت آنتی‌اکسیدانی باعث افزایش ماندگاری مواد غذایی می‌شود. مکانسیم عمل شامل عمل کردن به‌عنوان دهنده الکترون، فرونشاندن اکسیژن یگانه و به دام انداختن رادیکال آزاد به علت داشتن پیوندهای دوگانه مزدوج و گروه‌های هیدروکسیل در ساختار شیمیایی می‌باشد. از طرف دیگر، استفاده از کاروتنوئیدها به عنوان رنگ‌دهنده‌های طبیعی نیز به طور گسترده‌ای رایج است. رنگ‌های مشخصه کاروتنوئیدها، قرمز، زرد و نارنجی هستند که به علت اثرات مطلوب محافظت‌کنندگی از غذا، به فرآورده‌های غذایی اضافه می‌شوند. مقدار کاروتنوئیدها در مواد غذایی طبیعی این محصولات کمتر از مقدار موردنیاز روزانه است و مصرف ویتامین‌های محلول در چربی برای بدن سمی بوده درحالی‌که ویتامین‌های محلول در آب، در صورت اضافه مصرف از بدن دفع می‌شود. در حالی‌که بیشتر ترکیبات زیست‌فعال در میوه‌ها حضور دارند کاروتنوئیدها علاوه بر میوه‌ها در مقادیر بیشتر در سطح بافت‌ها (یعنی غلاف خارجی و پوست) و دانه‌ها، که معمولاً توسط مصرف‌کنندگان مواد غذایی و صنایع بیوتکنولوژی دور انداخته می‌شوند وجود دارد. لذا به نظر می‌رسد بازیافت زباله‌های صنایع غذایی از اهمیت بالایی برخوردار باشند. به عنوان مثال، در رابطه با میوه‌های گرم‌سیری، محتوای کاروتنوئیدها در پوست آووکادو ۲/۶ برابر بیشتر از پالپ و ۲/۴ برابر بیشتر از دانه است. هم‌چنین، پوست موز حاوی ۵/۳ برابر کاروتنوئید بیشتری از پالپ است در حالی‌که مقدار کاروتنوئید در پالپ جک فروت ۲/۴ برابر بیشتر از دانه‌اش است. انبه یک میوه گرمسیری معروف است که ۱۵ الی ۲۰٪ آن پوست (محصول جانبی میوه) است. در بیشتر موارد، فقط پالپ انبه مصرف می‌شود که تقریباً ۴۵۳۰ میکروگرم کاروتنوئید در ۱۰۰ گرم دارد. با این حال محتوای کاروتنوئید در پوست انبه، چه در نمونه‌های تازه و چه پودری، به ترتیب ۳۳۳۷ میکروگرم و ۳۰۹۲ میکروگرم در گرم است. غلظت قابل توجه کاروتنوئیدهای انبه در قسمت خوراکی آن تجمع یافته است. در بین مواد غذایی ماکارونی به علت داشتن کاروتنوئیدها علاوه بر افزایش ارزش غذایی، باعث ماندگاری بیشتر این ماده غذایی نیز می‌شود (به علت خواص آنتی‌اکسیدانی). بعد از افزودن کاروتن به مواد غذایی، نباید ویژگی‌های حسی غذا (مانند رنگ، طعم و بافت) تغییر کند. هم‌چنین پخت و پز نباید به‌گونه‌ای باشد که باعث افت قابل توجهی در مقدار کاروتنوئیدها شود. می‌توان با استفاده مجدد از کاروتنوئیدهای ضایعات و محصولات جانبی، ارزش غذایی ماکارونی را افزایش داد اما نباید تغییری در خواص حسی ایجاد شود. با هدف تولید فیلم‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره لیپیدی غنی از آستاگزانتین (از مواد زائد سفالوتوراکس میگو) و عصاره گوجه‌فرنگی غنی از لیکوپین (از ضایعات پوست گوجه‌فرنگی) به عنوان ماده فعال استفاده شد. بعد از یک ماه نگهداری، ۳۲٪ از لیکوپین و ۱۷٪ از آستاگزانتین، تخریب شدند. علی‌رغم تخریب کاروتنوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی در طول ذخیره‌سازی ثابت ماند، که نشان می‌دهد سایر ترکیبات موجود در عصاره‌ها ممکن است به فعالیت آنتی‌اکسیدانی کمک کرده باشد. در صنعت از کاروتنوئیدها (از جمله لیکوپین) از مواد زائد گوجه‌فرنگی صنعتی (یعنی پوره گوجه‌فرنگی و پوست گوجه‌فرنگی) در غنی‌سازی روغن‌های خوراکی (روغن زیتون تصفیه‌شده، روغن فوق بکر، روغن آفتاب گردان تصفیه شده) استفاده می‌شود که منجر به ثبات حرارتی بهتر روغن زیتون تصفیه شده روغن آفتاب گردان می‌شود. بنابراین از طریق اختلاط کاروتنوئیدهای مشتق شده از ضایعات، می‌توان کیفیت بسیاری از مواد غذایی از جمله پایداری شیمیایی آن‌ها را بهبود بخشید در عین حال که می‌تواند یک روش جایگزین برای فرمولاسیون غذاهای فراسودمند باشد. استفاده از تکنیک‌های ریزپوشانی برای گسترش استفاده از کاروتنوئیدها مورد توجه قرار گرفته است. به عنوان مثال، با هدف دستیابی به یک صمغ بلادر (cashew gum) مناسب برای کوآسرواسیون با

ژلاتین و ریزپوشانی عصاره لیپید (کارایی کپسوله‌سازی آستاگزانتین حاصل از پسماند میگو) بهبود قابل توجهی در پایداری آستاگزانتین به عنوان نتیجه فرآیند کپسوله‌سازی مشاهده شد.

۲-۳. کاروتنوئید در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی

علاوه بر استفاده گسترده از کاروتنوئیدها در صنایع غذایی، صنایع دارویی، بهداشتی و آرایشی نیز مورد توجه زیادی واقع شده است. عموماً کاروتنوئیدها در آماده‌سازی مولتی‌ویتامین نه تنها بعنوان مکمل بلکه بعنوان مواد رنگی برای بهبود خصوصیات ارگانولپتیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. در واقع، کاروتنوئیدها تاثیر قابل توجهی در جلوگیری از اختلالات تحلیل برنده، کاهش خطر تصلب شرائین، بیماری‌های قلب و عروق و به عنوان کاهنده استرس اکسیداتیو نیز عمل می‌کند. کاروتنوئیدهایی مانند آستاگزانتان و لیکوپن امروزه به‌طور گسترده‌ای در سطح جهانی در موارد مختلفی استفاده می‌شوند زیرا دارای خواص تقویت‌کننده سیستم ایمنی، کاهش‌دهنده خطر ابتلا به انواع مختلف سرطان و بیماری‌های قلبی عروقی، آنتی‌اکسیدان‌های قوی و خنثی‌کننده‌های رادیکال‌های آزاد حاصل از فعل و انفعالات بیوشیمیایی ایجاد شده با سایر ترکیبات شیمیایی هستند. اخیراً، فوگوگزانتین نشان داده است که اثر مثبتی بر کاهش وزن، سندرم متابولیک و دیابت دارد. باتوجه به توانایی‌های نگهدارندگی و ارگانولپتیک، کاروتنوئیدها در محصولات آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این نظر، آپوکاروتنوئیدها مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند. آپوکاروتنوئیدها محصولات شیمیایی ناشی از واکنش‌های تجزیه اکسیداتیو کاروتنوئید هستند که منجر به تشکیل ترکیبات فرار می‌شوند. به عنوان مثال، آپوکاروتنوئیدهای مشتق شده از زئاگزانتان (در میان آن‌ها کروسین، گلیکوزیدهای کوکتین، سافرانال و پیکوکروسین) مسئول رنگ قرمز در زعفران است. به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی بالای کاروتنوئیدها حضورشان در ترکیب محصولات آرایشی و بهداشتی به محافظت از پوست در برابر آسیب‌های اکسیداتیو کمک می‌کند در عین حال توانایی تثبیت و بهبود ماندگاری محصولات آرایشی را نیز دارد. علاوه بر این، از کاروتنوئیدها برای تولید ویتامین و اطمینان از حضور آن‌ها در این محصولات آرایشی استفاده می‌شود. یکی از عواملی که باعث افزایش استفاده از کاروتنوئیدها در محصولات آرایشی و دارویی می‌شود به حداقل رساندن حساسیت‌زایی آن‌هاست که آستااکسانتین یک مثال بسیار خوب است. در واقع، آستاگزانتین به عنوان یک مکمل طبیعی استفاده می‌شود، زیرا چندین سال پیش، به دلیل فعالیت بالای آنتی‌اکسیدانی، تقریباً ۱۰ برابر موثرتر از سایر کاروتنوئیدها (به عنوان مثال بتاکاروتن، کانتاگزانتین، لوتئین و زاگزانتین) است و ۵۰۰ برابر از آلفاتوکوفرول قوی‌تر است. آستاگزانتان همچنین توانایی مشخصی در اتصال با مقدار کمی از پروتئین‌های کاهش یافته دارد که منجر به ایجاد رنگ قرمز نارنجی مشخص و پایداری می‌شود.

۴. تکنیک‌های استخراج

۱-۴. استخراج با حلال‌های آلی

استخراج با حلال‌های آلی پرکاربردترین روش بازبازی کاروتنوئیدها و مولکول‌های زیست‌فعال از طیف گسترده‌ای از گیاهان و حتی برخی از داروهای حیوانی می‌باشد. استفاده از حلال‌های آلی برای نمونه‌های گیاهی رایج‌تر از پسماندهای حیوانی است. سفالوتوراکس، کوتیکول، پلئوپود (شناگر)، دم، هپاتوپانکراس، سر و کاراپاس که به‌عنوان باقیمانده تولید صنعتی میگو هستند برای جدا کردن گزانتوفیلی با نام آستاگزانتوفیل استفاده می‌شوند. همچنین می‌توان بتاکریپتوگزانتان، کاروتن‌هایی مانند آلفا و بتاکاروتن و سایر کاروتنوئیدها را استخراج کرد. ماهی قرمز عمدتاً برای استخراج آستاگزانتین‌های استری و آزاد استفاده می‌شود. کل کاروتنوئیدهای موجود در پوست انبه با حلال‌ها استخراج شدند. لیکوپن، لوتئین و بتاکاروتن نیز از پوست تاماتو و دانه‌ها خارج شدند. از

پوست و دانه‌های گوجه‌فرنگی لیکوپن، لوتئین و بتا کاروتن جدا شدند. مخلوطی از حلال‌های آلی در مقایسه با فقط یک حلال بازده استخراج بالاتری دارند. استخراج با حلال آلی ممکن است نیاز به دمای بالا داشته باشد که تاثیر نامطلوبی روی کاروتنوئیدها چه از نظر کیفیت و کمیت خواهد گذاشت. برای مواد حساس به حرارت، می‌توان از سیالات فوق بحرانی مانند دی‌اکسید کربن، نیتروژن، زئون، فلوروکربن‌ها استفاده کرد چون دما و فشار کم‌تر از سایر روش‌ها است. دی‌اکسید کربن برای طیف گسترده‌ای از مواد غذایی قابل استفاده می‌باشد. سیال فوق بحرانی یک روش بی‌خطر (ضد احتراق و انفجار)، غیرسمی و ارزان است و به راحتی جزء مورد نظر را استخراج می‌کند. به علت بازدهی بیشتر، کمترین آسیب به کاروتنوئیدها و همچنین عصاره بدست آمده فاقد حلال است.

۲-۴. استخراج با کمک آنزیم

استخراج با آنزیم به عنوان یک پیش استخراج نه یک استخراج کامل، در نظر گرفته می‌شود. استفاده از تیمارهای آنزیمی قبل از روش‌های استخراج ممکن است مزایای قابل توجهی داشته باشد و حتی می‌تواند به طور قابل توجهی عملکرد استخراج ترکیبات خاص را بهبود بخشد. در حقیقت، آنزیم‌ها قادر به واکنش‌های شیمیایی متعددی هستند یعنی ساختارهای پیچیده گیاهی (دیواره سلولی) را تخریب می‌کنند و به همین علت باعث آزاد شدن مولکول‌های فعال زیستی و ورود آن‌ها به حلال می‌شوند. از مزایای دیگر آنزیم‌ها، بهبود نمونه مورد نظر قبل از استخراج با حلال است که باعث کاهش حلال مصرفی می‌شود. با توجه به اینکه اجزا اصلی دیواره‌های سلولی، سلولز، همی سلولز، پکتین و پروتئین‌ها هستند استفاده از آنزیم‌ها باعث آزادسازی بسیاری از مواد از جمله لیکوپن، بتا کاروتن و بسیاری دیگر از کاروتنوئیدها می‌شود. سلولاز، پکتیناز و همی سلولاز از جمله آنزیم‌هایی هستند که مسئول هیدرولیز اجزای سلولی و به هم خوردن یکپارچگی ساختار یک ماتریکس خاص هستند و مورد استفاده قرار می‌گیرند. علی‌رغم اینکه، آنزیم‌ها یک دمای بهینه برای فعالیت حداکثری دارند اما می‌توانند در طیف گسترده‌ای از دما هم‌چنان به عملکرد خود ادامه دهند، که از نظر هزینه و تضمین کیفیت محصول مفید است. چندین مطالعه مزایای واقعی آنزیم‌های مورد استفاده برای بهبود استخراج را گزارش کرده‌اند. از هیدرولیز آنزیمی برای استخراج پروتئین‌ها، کیتین و آستاگزانتین از میگو استفاده شد. پژوهشگران مشاهده کردند که در میان آنزیم‌های آلکالاز و پانکراتین، آلکالاز باعث می‌شود که پروتئین‌های بیشتری استخراج شود و در عین حال شرایط مناسبی را برای استخراج آستاگزانتین و کیتین مهیا می‌کند. برای استخراج کاروتنوئیدها از مواد زائد میگو از آنزیم‌های تریپسین و پیپسین استفاده شد و بیش‌ترین راندمان استخراج کاروتنوئیدها با کمک پیپسین بود. علی‌رغم اینکه روش‌های آنزیمی تا حد زیادی مورد توجه قرار گرفته است. اما محدودیت‌های مختلفی نیز به همراه دارد. با اینکه این روش منجر به افزایش قابل توجه عملکرد استخراج در مقایسه با روش استخراج با یک حلال می‌شود ولی انتخاب آنزیم‌ها مرحله‌ای حساس بوده و باید با توجه به ترکیب مورد نظر انتخاب شوند، به علاوه استفاده از این روش باعث افزایش قابل توجه استخراج ترکیبات غیرقطبی می‌شود زیرا از طریق پارگی سلول‌های گیاهی، این مولکول‌های غیرقطبی به راحتی در دسترس این حلال‌ها قرار می‌گیرند و برعکس، نفوذ این حلال‌ها به مواد مرطوب به دلیل تخلخل و قطبیت کم دشوار خواهد بود. محدودیت دیگر گران بودن آن‌هاست ضمن اینکه برای تمام ترکیبات هر آنزیمی قابل استفاده نیست. علاوه بر این، آنزیم‌ها نیازمند شرایط مطلوب از قبیل دما، در دسترس بودن مواد مغذی، درصد انحلال اکسیژن و... هستند.

۳-۴. استخراج با اولتراسوند

استخراج با کمک اولتراسوند به علت استخراج تمیز، سبز و استفاده حداقل از حلال‌های آلی تقاضای زیادی دارد. هم‌چنین بازده استخراج با اولتراسوند به طور قابل توجهی بالاتر از روش‌های معمول است. بنابراین، استخراج

با کمک اولتراسوند دارای پتانسیل بالایی بوده که می‌تواند به تدریج توسط صنایع غذایی برای بهبود استخراج برخی از مولکول‌های زیست‌فعال که در برابر حرارت ناپایدار هستند استفاده شود. علاوه بر این با توجه به درجه حرارت مورد استفاده، مقدار حلال مصرفی در استخراج نیز به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

۴-۴. استخراج با کمک مایکروویو

استخراج با مایکروویو یک روش جدید است که در استخراج ترکیبات فنلی، نتایج جالبی نشان داده است. این روش نوظهور مبتنی بر این اصل است که با افزایش فشار داخلی درون سلول‌ها منجر به پارگی دیواره سلولی در نتیجه باعث آزادسازی ترکیبات هدف به حلال می‌شود. افزایش فشار داخلی منجر به تغییرات سلول در آن‌ها می‌شود از ویژگی‌های فیزیکی و بافت‌های بیولوژیکی، یعنی تخریب عمومی ماتریس بیولوژیکی را بهبود می‌بخشد و پس از آن اجازه نفوذ حلال از طریق ماتریکس و افزایش عملکرد ترکیبات هدف را می‌دهد. بنابراین، ماتریکس بدون ایجاد شیب دمایی از داخل و خارج گرم می‌شود و ترکیبات هدف به آسانی و به‌طور کارآمد با هزینه و حلال کمتر استخراج می‌شوند. بنابراین، انرژی مایکروویو برای گرم کردن حلال در تماس با نمونه جامد و سپس مجبور کردن خروج ترکیب موردنظر از نمونه به حلال به‌کار می‌رود. مصرف کم انرژی، کارایی بالا و تخریب کم ترکیبات هدف از مزایای برجسته این روش است. استخراج با مایکروویو فقط برای بازیابی کاروتنوئیدهای قطبی مانند آستاگزانتین از ریزجلبک‌ها و مخمرهای قرمز استفاده شده است. بنابراین، یکی از محدودیت‌های اصلی که در حال حاضر وجود دارد، استخراج کاروتنوئیدها از منابع غیرقطبی است. اخیراً در استخراج لیکوپین از پوست گوجه‌فرنگی نیز مایکروویو نتایج خوبی نشان داده است. علی‌رغم مزایای بسیار جالب توجه استخراج با مایکروویو، زمان‌بر است و در استخراج طولانی مدت باعث متلاشی شدن نمونه‌ها می‌شود. بنابراین یکی از مهم‌ترین استراتژی‌ها برای کاهش هزینه‌ها، کوتاه کردن مدت زمان استخراج است که رنگ عصاره را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. از طرف دیگر، استفاده از دمای پایین، مانع از تخریب و اکسیداسیون ترکیبات ناپایدار و مانع از تشکیل ترکیبات بی‌ارزش می‌شود.

۵. برهمکنش با سایر ترکیبات

کاروتنوئیدها تا حد زیادی به اسیدهای آمینه متصل می‌شوند و منجر به تشکیل کاروتنوپروتئین می‌شوند. کمپلکس‌های پایدار در کاروتنوئیدها به لیوپروتئین‌ها با چگالی بالا متصل می‌شوند. آستاگزانتین نمونه خوبی از این برهمکنش‌های رنگدانه پروتئینی است که باعث ایجاد رنگ‌های آبی متمایل به سبز در سخت پوستان می‌شود. با این وجود، در پوسته‌های پخته شده رنگ آبی-سبز یا سبز یا رنگ قرمز-نارنجی جایگزین می‌شود، زیرا فرآیند پخت منجر به آزادسازی جزئی یا کامل رنگدانه پروتئین‌ها می‌شود. بنابراین کاروتنوپروتئین‌ها باید با دقت از سخت‌پوستان و سایر منابع مثل میگو استخراج شوند تا بازیابی پروتئین و کاروتنوئید به‌صورت بهینه انجام شود.

۱-۵. شرایط استخراج

شرایط استخراج با توجه به حداکثر بازیابی کاروتنوئید انتخاب می‌شود. یکی از رایج‌ترین ارزیابی‌ها، اثر حلال‌های استخراج است. از طرف دیگر، ساختار کاروتنوئیدها (اکسیژن‌دار یا بدون اکسیژن) نیز بازده استخراج را تعیین می‌کند؛ گزانتوفیلها (کاروتن‌های اکسیژنه) آب دوست هستند. کاروتن‌ها (کاروتنوئیدهای بدون اکسیژنه) حلالیت محدودی در آب دارند زیرا ماهیت آب‌گریز دارند و به راحتی در حلال‌های غیرقطبی حل می‌شوند. به عنوان مثال، گزارش شده است که استخراج کاروتنوئیدهای گوجه‌فرنگی با حلال‌های نسبتاً غیرقطبی باعث کاهش استخراج گزانتوفیل‌های قطبی می‌شود درحالی‌که سهم نسبی لیکوپین تقریباً ۱۰٪ (از ۷۶ به ۸۷٪)، از کل کاروتنوئیدها است.

بسیاری از حلال‌های استخراج غیرقطبی با بازده بالا سمی هستند و در استفاده از آن‌ها روزبه‌روز سخت‌گیری بیش‌تری اعمال می‌شود. غلظت کاروتنوئیدها تا حد زیادی به زمان استخراج بستگی دارد. مقدار کاروتنوئیدها در ابتدای استخراج زیاد است اما با گذشت زمان کاهش می‌یابد تا جایی که شرایط تعادل حاصل شود. تأثیر دما بر عملکرد استخراج نیز مهم است. افزایش دمای استخراج باعث افزایش عملکرد استخراج می‌شود ولی احتمال تخریب و بروز فرآیندهای ایزومریزاسیون نیز بیش‌تر می‌شود. علاوه بر این، در دمای بالا، تخریب ساختار سلولی بیش‌تر اتفاق می‌افتد تا جایی که درجه حرارت را می‌توان به عنوان یک عامل محدودکننده در انتخاب پارمترهای استخراج در نظر گرفت. اکسیداسیون خودبه‌خودی بتاکاروتن و سایر کاروتنوئیدها، عمدتاً با تشکیل کوپلیمرهای اکسیژن-کاروتنوئید پیشرفت خواهد کرد که در آن کوپلیمرهای بتاکاروتن فعالیت ایمنونولوژیکی از خود نشان می‌دهند. چندین مطالعه وجود کوپلیمرها را در غذاهای خشک مانند هویج، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی شیرین، پاپریکا، گل‌محمدی، جلبک دریایی و یونجه در سطوح تقریباً هزار برابر (میلی‌گرم در گرم) نشان داده است.

۶. کاربردهای صنعتی تا بهداشتی مربوط به پسماندهای زیستی: چالش‌ها و فرصت‌ها

باتوجه به اینکه باقی مانده‌های زیستی منابع بسیار خوبی از مولکول‌های فعال بیولوژیکی هستند مطالعات در این زمینه از اهمیت بالایی برخوردار است. علی‌رغم اینکه مطالعاتی در این زمینه انجام شده اما هنوز کاربرد صنعتی برخی از باقیمانده‌ها هنوز هم ناشناخته است. بنابراین، بازیابی ترکیبات با ارزش ذاتی از زباله‌ها هنوز هم یکی از چالش‌های اصلی صنایع غذایی و بیوتکنولوژی است. با افزایش دانش عمومی و علاقه واقعی به ارزش‌سنجی بقایای زیستی، امکان ایجاد فرصت‌های جدید و کارا برای فرمولاسیون محصولات با کاربرد اساسی در مواد غذایی و غذا دارو (رنگ‌دانه‌های طبیعی، مکمل‌های غذایی و تولید محصولات عمل‌گرا)، دارویی (محصولات ضدباکتری، ضدویروسی، ضدالتهابی، ضدآلرژی و محافظت‌کننده از قلب) و صنایع آرایشی وجود دارد. در ارتباط با این امر، امکان استفاده از حلال‌های GRAS به عنوان جایگزین مؤثر برای بهبود روش استخراج کاروتنوئیدها و بهینه‌سازی راندمان این فرآیند وجود دارد. علاوه بر این، در کنار بهبود بازده استخراج، افزایش کیفیت محصولات نهایی نیز امکان‌پذیر خواهد بود.

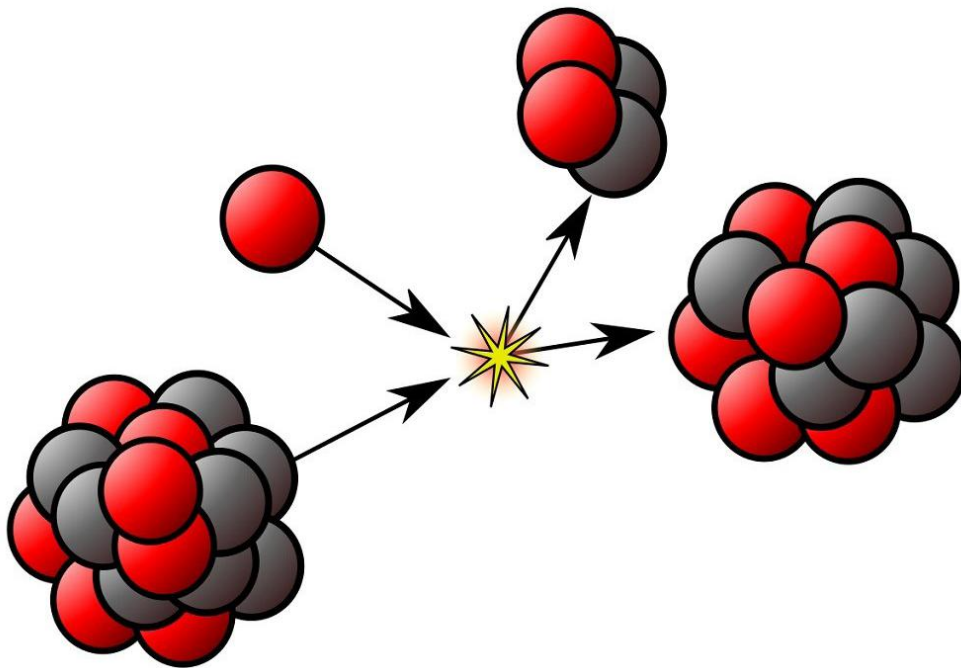
۷. جمع بندی

استخراج پسماندهای زیستی در سال‌های گذشته مورد توجه خاص قرار گرفته است چرا که این مواد می‌توانند مزایای قابل توجهی برای صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی و همچنین برای بسیاری دیگر از صنایع مرتبط با بهداشت فراهم کنند. مقداری زیادی از ضایعات غذایی به‌صورت روزانه در واحدهای غذایی تولید می‌شود و این پسماندها منبع بسیار غنی از ترکیبات فعال زیستی را تشکیل می‌دهند. بازیابی کاروتنوئید مثالی بسیار خوب است چرا که به عنوان آنتی‌اکسیدان، ضد سرطان و فشار خون بالا، ضدالتهاب، ضددیابت، کاهنده کلسترول، محافظت از نور و تعدیل سیستم ایمنی عمل می‌کنند. پوست، دانه‌ها، غلاف‌ها از جمله ماتریس‌های گیاهی است که برای بازیابی کاروتنوئیدها بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد و از آن‌ها مواد زیست فعال بیش‌تری به‌دست می‌آید. کاروتنوئیدهای منشأ حیوانی معمولاً از فاضلاب‌ها، سفالوتوراکس، سر، دم، لاک، کوتیکل، فلس و پوست به‌وفور به‌دست می‌آیند. روش‌های مختلف استخراج با استفاده از حلال‌های آلی، معمولاً برای بازیابی کاروتنوئیدها از مواد زائد و محصولات جانبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. وجود تداخل شیمیایی با سایر ترکیبات، پارامترهای استخراج (به عنوان مثال نوع حلال، مدت زمان و دمای استخراج) و پایداری در شرایط فرایند و نگهداری از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد استخراج هستند. استخراج با مایعات فوق بحرانی، استخراج با کمک آنزیم و مایکروویو به‌صورت ترکیبی نسبت به سایر روش‌های استخراجی بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

علاوه بر این، هنگام استفاده از بیش از یک روش برای استخراج (استخراج ترکیبی) بهبود قابل توجهی در عملکرد استخراج و کیفیت محصول نهایی مشاهده شد. بنابراین، از طریق بهینه‌سازی فرآیند استخراج کاروتنوئیدها، به حداقل رساندن اثرات تخریبی امکان‌پذیر است. این مسئله مورد توافق است که از طریق فراهم نمودن فراکسیون‌سازی ملایم و استخراج مواد بیولوژیکی از مواد زائد و محصولات جنبی با قابلیت‌های بازسازی‌شده زیست‌فعالی و عملکردی مانند کاروتنوئیدها، امکان تولید مواد با ارزش افزوده برای سایر بخش‌های صنعت (غذایی، داروسازی، لوازم آرایشی و غیره) ایجاد می‌شود.

۸. منابع

- [1] Aggoun, M., Arhab, R., Cornu, A., Portelli, J., Barkat, M., & Graulet, B. (2016). Olive mill wastewater microconstituents composition according to olive variety and extraction process. *Food Chemistry*, 209, 72e80. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.034>.
- [2] Azabou, S., Abid, Y., Sebii, H., Felfoul, I., Gargouri, A., & Attia, H. (2016). Potential of the solid-state fermentation of tomato by products by *Fusarium solani pisi* for enzymatic extraction of lycopene. *LWT - Food Science and Technology*, 68, 280e287.
- [3] Burton, G. W., Daroszewski, J., Mogg, T. J., Nikiforov, G. B., & Nickerson, J. G. (2016). Discovery and characterization of carotenoid-oxygen copolymers in fruits and vegetables with potential health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 3767e3777.
- [4] Garcia-Mendoza, M. P., Paula, J. T., Paviani, L. C., Cabral, F. A., & Martinez-Correa, H. A. (2015). Extracts from mango peel by-product obtained by supercritical CO₂ and pressurized solvent processes. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 131e137. McQuinn, R. P., Giovannoni, J. J., & Pogson, B. J. (2015). More than meets the eye: From carotenoid biosynthesis, to new insights into apocarotenoid signaling.
- [5] *Current Opinion in Plant Biology*, 27, 172e179. Strati, I. F., & Oreopoulou, V. (2011b). Process optimisation for recovery of carotenoids from tomato waste. *Food Chemistry*, 129(3), 747e752.
- [6] Stepnowski, P., Olafsson, G., Helgason, H., & Jastorff, B. (2004). Recovery of astaxanthin from sea-food wastewater utilizing fish scales waste. *Chemosphere*, 54(3), 413e417.
- [7] Sanches-Silva, A., Ribeiro, T., Albuquerque, T. G., Paseiro, P., Sendon, R., Quiros, A. B., ...Costa, H. S. (2013). Ultra-high pressure LC for astaxanthin determination in shrimp by-products and active food packaging. *Biomedical Chromatography*, 27(6), 757e764.
- [8] Reis, L. C. R. dos, Oliveira, V. R. de, Hagen, M. E. K., Jablonski, A., Flores, S. H., & Rios, A. de O. (2015). Carotenoids, flavonoids, chlorophylls, phenolic compounds and antioxidant activity in fresh and cooked broccoli (*Brassica oleracea* var.
- [9] Avenger) and cauliflower (*Brassica oleracea* var. Alphina F1). *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 177e183.
- [10] Oroian, M., & Escriche, I. (2015). Antioxidants: Characterization, natural sources, extraction and analysis. *Food Research International*, 74, 10e36.
- [11] Nisar, N., Li, L., Lu, S., Khin, N. C., & Pogson, B. J. (2015). Carotenoid metabolism in plants. *Molecular Plant*, 8(1), 68e82.



اثرات اشعه های ایکس و گاما بر پاتوژن های مواد غذایی

عارف عرفانی (دانشجوی دکتری فناوری مواد غذایی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه) | a.erfani@urmia.ac.ir | Tel: 09144451821

چکیده

پرتودهی مواد غذایی به عنوان یک روش غیر حرارتی نخستین بار در سال ۱۹۰۵ مطرح گردید و امروزه کاربرد گسترده ای در صنعت پیدا کرده است. پرتودهی مواد غذایی عبارت است از قرار دادن ماده غذایی در مقابل مقدار مشخصی از پرتوها به منظور جلوگیری از جوانه زنی بعضی محصولات غذایی مانند پیاز و سیب زمینی و همچنین کنترل آفات انبارداری، کاهش بار میکروبی و قارچی بعضی از محصولات مانند زعفران و ادویه ها و تاخیر در رسیدن بعضی میوه ها به منظور افزایش زمان نگهداری آنها. در این فرآیند اشعه های یونیزه کننده باعث از بین رفتن میکروارگانیسم هایی که غذا را آلوده می کنند یا باعث فساد و تخریب مواد غذایی می شوند، می گردند. پرتودهی که به عنوان یک فرآیند سرد شناخته شده است، دما را به طور قابل توجهی افزایش می دهد و در اکثر غذاها تغییرات فیزیکی یا مشخصات حسی به جا نمی گذارد. همچنین اهداف پرتودهی به طور کلی شامل جلوگیری از رسیدن میوه ها و برخی سبزیجات و تولید واکنش های بیوشیمیایی در فرآیند های فیزیولوژیکی بافت های گیاهی می باشد. از پرتوهای مورد استفاده در صنایع غذایی می توان به پرتوهای یونیزه کننده گاما، ایکس، پرتوهای الکترونی و پرتوهای غیر یونیزه کننده، ماورای بنفش، مادون قرمز و امواج رادیویی اشاره کرد.

۱. مقدمه

پرتودهی یعنی قرار گرفتن مواد غذایی فله یا بسته بندی شده در معرض تابش یونیزه شده در یک محیط کنترل شده است که این تابش ها عبارتند از: اشعه ای ایکس، ذرات بتا یا پرتو گاما از ایزوتروپ های رادیواکتیو مثل ^{60}Co و ^{137}Cs . هر سه نوع تابش منجر به تحریک اتم ها در محصول می شوند. اما انرژی آنها محدود است

و با هسته اتمها ارتباط ندارند تا بتوانند اتم را رادیواکتیو کنند. با این حال در صورت استفاده از دز مناسب تابش یونیزه اثر مضر بر روی میکروارگانیسمها دارد. انرژی حاصل از تابش یونیزاسیون میکروارگانیسمها را از طریق آسیب رساندن به عنصر مهم سلول (اغلب DNA کروموزومی) غیر فعال می‌کند. که این آسیب از تکثیر میکروارگانیسمها جلوگیری می‌کند و بیشتر کارکردهای خودسرانه سلول را متوقف می‌کند. اثربخشی پرتودهی به ترکیب غذا و عوامل خارجی مثل حضور یا عدم حضور O₂، رطوبت، دانسیته و درجه حرارت بستگی دارد.

۲. اشعه ایکس (X)

محققان در حال آزمایش با فناوری اشعه ایکس برای از بین بردن باکتری های خطرناک هستند که در غذاهایی مانند سبزیجات برگ، گوجه فرنگی، گوشت گاو و اخیرا بادام زمینی پنهان می شوند. با بهبود چنین روشهایی، برخی از کارشناسان ایمنی مواد غذایی معتقدند پرتودرمانی یک گام ضروری است که می تواند از بسیاری از بیماری ها و مرگ و میر ناشی از E. Coli و سالمونلا جلوگیری کند. این روش همچنین به عنوان پاستوریزاسیون سرد شناخته می شود، با قرار دادن مدت کوتاهی مواد غذایی در معرض پرتوهای یونیزه یا طول موج کوتاه انرژی، باکتری های مضر را از بین می برد. این تابش قبلا برای استفاده در بسیاری از غذاها از جمله ادویه جات ترشی جات، مرغ، آرد گندم و گوشت گاو تأیید شده است. در میان اشکال تشعشعات یونیزه کننده، پرتوهای ایکس به دست آمده با بمباران یک هدف فلزی، مانند تیتانیوم، با الکترونها با سرعت بالا، همچنان خود را به عنوان یک جایگزین جذاب برای پرتوهای گاما یا پرتوی اشعه الکترونی مورد توجه قرار داده است. پرتوهای ایکس از مزایای قدرت نفوذ بیشتر نسبت به پرتوهای الکترونی و عدم وجود منابع رادیواکتیو مضر مانند کبالت ۶۰ یا سزیم ۱۳۷ در ارتباط با پرتوهای گاما برخوردار است. علاوه بر این، افزایش هزینه های منابع رادیواکتیو و درک منفی مصرف کننده از غذاهای تحت تابش اشعه گاما باعث افزایش تقاضا برای منابع تابش یونیزان جدید می شود. اخیرا، مطالعات متعددی گزارش داده اند که درمان با اشعه X در غیرفعال کردن عوامل بیماری زا بدون تأثیر کیفیت غذاهای درمان شده مؤثر است. اشرشیا کلای، سالمونلا تیفیموریوم، و لیستریا مونوسیتوزنز عوامل بیماری زا مهم در صنعت لبنیات هستند. در فرآیند تولید، پنیرها می توانند پس از پاستوریزاسیون، برش بسته بندی و در حین حمل و نقل توسط عوامل بیماری زا آلوده شوند. یک روش غیر حرارتی می تواند ضمن حفظ خصوصیات غذایی و حسی محصولات غذایی از مواد غذایی در برابر آلودگی با پاتوژن ها محافظت کند، و بنابراین به طور فزاینده ای در فرآوری مواد غذایی به کار می رود. برای غیرفعال کردن پاتوژن ها روی پنیرها، چندین پردازش غیرمستقیم جدید مورد بررسی قرار گرفته است، از جمله پلاسما تخلیه سد دی الکتریک و فشار قوی. با این حال، روش پلاسما تخلیه سد دی الکتریک می تواند رنگ، طعم، بو و قابل قبول پنیر خرد شده را تغییر دهد و درمان با فشار بالا می تواند ویژگیهای حسی پنیر مانند رنگ و استحکام را تغییر دهد. تشعشع یونیزه یک درمان کنترل پاتوژن غیر حرارتی کارآمد است. غیر فعال سازی، *L. monocytogenes*، *E. Coli O157: H7*، *Salmonella enterica* و *Shigella flexneri* با اشعه X روی برگهای اسفناج توسط محمود و همکاران مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه این بود که این پرتودهی بر رنگ برگ اسفناج تأثیر معنی داری ندارد، در حالی که باعث کاهش جمعیت زنده از پاتوژن ها به کمتر از حد قابل تشخیص آنها می شود. بسته بندی غذاهای آماده مانند پنیرهای خرد شده در شیوع پاتوژن ناشی از مواد غذایی نقش دارد. آلودگی ثانویه اغلب در طول پردازش به صورت برش، برش و بسته بندی اتفاق می افتد غذاهای RTE به طور مستقیم و بدون مرحله پاستوریزاسیون نهایی مصرف می شوند. یک مرحله مداخله ضد میکروبی سطحی اضافی ممکن است به منظور کنترل عوامل بیماری زا بر روی غذاهای RTE ضروری باشد یک فرآیند ضد باکتری باید در کاهش میکروارگانیسم ها مؤثر باشد در حالی که منجر به تغییر غیرقابل قبول در کیفیت محصول غذایی نمی شود. نور ماوراء بنفش پالس شده و

پرتو الکترونی برای کنترل میکروارگانیسم های بیماری زا بر روی غذاهای RTE ارزیابی شده است. با این حال نور ماورا بنفش پالس شده به راحتی کیفیت ژامبون خرد شده، به ویژه مقادیر رنگ را خراب می کند. پرتودهی با پرتوی الکترونی بر بو و طعم رول سینه بوقلمون RTE هم تأثیر می گذارد و برخلاف اشعه X، قابلیت نفوذ کم (۸-۱۰) سانتی متر دارد در حالی که اشعه X تقریباً ۸۰-۱۰۰ سانتی متر نفوذ می کند، در همان دوز ۴ کیلو گری.

سلولهای آسیب دیده می توانند تهدیدی برای ایمنی مواد غذایی باشند زیرا آنها در شرایط مناسب قادر به ترمیم خود هستند و تمام خصوصیات طبیعی خود را بازیابی می کنند. بنابراین، اهمیت عوامل بیماری زا آسیب دیده نباید نادیده گرفته شود. این نشان می دهد که اشعه X به طور موثری E. Coli O157: H7 را غیرفعال می کند.

۳. مکانیسم های غیرفعال کردن بحرانی پرتوی اشعه ایکس بر اساس پتانسیل غشای سلولی، تولید گونه اکسیژن فعال (ROS) و فعالیت آنزیم داخل سلولی (استراز)

هنگامی که فعالیت سلول کاهش می یابد، دیپلاریزاسیون غشایی رخ می دهد و فعالیت هموستاز که به طور طبیعی غلظت های مختلف یون را در داخل و خارج از سلول حفظ می کند، مختل می شود اگرچه کاهش پتانسیل غشایی نشانگر غیرفعال شدن سلول نیست، اما در فیزیولوژی سلول نقش مهمی دارد. از این رو، پتانسیل غشایی به شدت با آسیب غشایی مرتبط است، زیرا دیپلاریزاسیون غشای قبل از آسیب غشای ساختاری ایجاد می شود. درجه دیپلاریزاسیون غشای سلولی را می توان با استفاده از میزان فلورسانس رنگی که در سلول ها تجمع می یابد اندازه گیری کرد. دیپلاریزاسیون غشای سلولی ممکن است یکی از مکانیسم های مرتبط با غیرفعال کردن اشعه X باشد. رادیکال های گونه های اکسیژن فعال می توانند منجر به آسیب کشنده به مولکولهای زیستی از جمله DNA و لیپیدهای غشایی شوند. از بین رفتن فعالیت استراز در کلیه پاتوژن های تحت تیمار با اشعه X مشاهده شد. در نتیجه، نتایج مطالعه حاضر نشان می دهد که تابش اشعه ایکس برای کاهش آلودگی میکروبی پنیرهای خرد شده بسته بندی شده توسط مکانیسم های فوق بدون تأثیر کیفیت محصول مناسب است. به این معنا، تیمار اشعه ایکس می تواند بر روی محصولات لبنی و همچنین انواع مواد غذایی بسته بندی شده به عنوان یک فناوری جدید ضد میکروبی پس از پردازش اعمال شود. اگرچه ابزار مقیاس آزمایشگاهی مورد استفاده در مطالعه حاضر یک نوع کم ظرفیت غیرمدارم است، تابش اشعه X در مقیاس صنعتی برای دفع آلودگی میکروبی پس از بسته بندی می تواند بطور مداوم با دستگاه بهداشتی انجام شود. بیماریهای ناشی از غذای مرتبط با مصرف محصولات تازه از جمله گرمک نیز در دو دهه گذشته افزایش یافته است. از آنجا که گرمک ها در سطح زمین رشد می کنند، پوسته خارجی آنها هنگام تولید از آب آبیاری و کودهای کودی، می تواند باکتری های بیماری زا و فساد آلوده شده و در هنگام پردازش مواد غذایی توسط تجهیزات آلوده و مواد غذایی آلوده شود. بیشتر شیوع آن، مربوط به محصولات تازه از جمله گرمک، به دلیل باکتری ها، به ویژه اشرشیاکلی E.coli O157: H7، Listeria monocytogenes و Salmonella spp ایجاد شده است. آب کلر دار به طور گسترده ای برای شستشو و آلوده سازی محصولات مورد استفاده قرار می گیرد. علاوه بر این، کلر با مواد آلی واکنش نشان می دهد و ترکیبات سمی مضر مانند کلرامین ها و تری هالومتان ها را ایجاد می کند بنابراین، برای تأمین نیازهای مصرف کنندگان و تولید میوه و سبزیجات خام ایمن تر، فن آوری های مؤثر جدیدی لازم است. مطالعات نشان می دهد که اشعه ایکس می تواند به کاهش بار میکروبی بسیار بالا (بیشتر از 5 log) برای عوامل بیماری زا روی برگهای اسفناج، کاهو، گوجه فرنگی، شیر، میگوهای آماده برای خوردن و صدف منجر شود. همانطور که انتظار می رود کاهش جمعیت پاتوژن های آزمایش شده با افزایش دوزهای اشعه ایکس بیشتر بود. مزیت دیگر پرتودرمانی با اشعه ایکس علاوه بر اطمینان از ایمنی تولید، افزایش ماندگاری آن دسته از محصولاتی است که ماندگاری آنها به دلیل بار میکروبی بالا محدود است. آجیل ها به دلیل داشتن چربی و

روغن زیاد، تمایل دارند بعد از تابش از رنسید شوند محصولات با چربی بالا به مرور زمان رنسید می شوند. تابش می تواند این روند را سرعت بخشد و باعث تغییر طعم آن ها شود. یک مزیت مهم این است که دوز های با انرژی کم آن به حفاظ محافظی کمتری نیاز دارد، به این معنی که تجهیزات جمع و جور تر هستند و می توانند درست در کارخانه های فرآوری نصب شوند. سایر روش های تابش باید در تجهیزات ویژه واقع شوند. با این وجود، نکته منفی این است که اشعه ایکس فقط می تواند مقادیر کمی از مواد غذایی را همزمان پردازش کند، مانند کیسه های پنچ پوندی کاهو.

۴. پرتو دهی با اشعه گاما (γ)

پرتو گاما تشعشعات الکترومغناطیس است که هسته های برانگیخته شده عناصری مانند کبالت ۶۰ و سزیم ۱۳۷ ساطع می شود. این اشعه از ارزاترین شکل اشعه جهت نگهداری مواد غذایی است و از قدرت نفوذ بسیار خوبی برخوردار است و با فرآوری مواد غذایی به روش پرتو دهی اشعه گاما و نگهداری محصولات با اشعه دهی در حد مطلوب کیفیت مواد غذایی تا مدت زمان های مختلف ثابت مانده و با کنترل میکروارگانیسم ها عوامل فساد نیز کنترل می گردد. مواد غذایی عاری از وجود باکتری های بیماری زا، مخمرها، کپک ها و حشرات شده و رسیدگی، پیری و جوانه زنی میوه ها و سبزی ها را کنترل می کند. ترکیبات شیمیایی مواد غذایی در جهت بهبود کیفیت مواد غذایی تغییر پیدا کرده و در نهایت بعد از اعمال پرتو هیچگونه سمی در مواد غذایی باقی نمی ماند. پرتو دهی در سبزیجات باعث افزایش ماندگاری، در فرآورده های شیلاتی باعث افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت و خواص تغذیه ای و حسی می گردد. در مواد غذایی که دارای لکتین می باشند افزایش دز تابش گاما اثر آلرژیک ناشی از لکتین غذایی را سرکوب می کند. لکتین ها پروتئین هایی هستند که با قند ها پیوند یافته و اثرات مثبت و منفی بر سلامت دارد. افزایش دز پرتو دهی برای مواد غذایی ممکن است تاثیرات منفی نیز داشته باشد و بهترین دز برای اکثر مواد غذایی در حدود ۴ kgy (کیلوگری) معرفی شده است. روش پرتو دهی گاما جز روش های نوین جهت حفظ و نگهداری محصولات کشاورزی است. نفوذ پذیری این پرتو در بافت محصول جهت از بین بردن میکروارگانیسم ها از ویژگی های بارز آن است. به کار گیری فناوری های نوین مسیر تامین امنیت غذایی را برای جامعه امروز و نسل آینده هموار کرد و کشور را در زمینه تولید محصولات کشاورزی به خودکفایی رساند. افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به غذا و توسعه بخش کشاورزی، تحول در استفاده از روش های نوین کشاورزی به عنوان شیوه های غیر مخرب و با کمترین زیان به انسان، دام و محیط زیست و توجه به بهبود وضعیت کشاورزی و کنار گذاشتن روش های مخرب شیمیایی بیش از پیش قابل لمس می باشد.

۵. مهم ترین کاربردهای اشعه گاما

مهم ترین کاربرد های اشعه گاما عبارت است از جلوگیری از جوانه زدن محصولات غذایی، کنترل و از بین بردن حشرات و دفع آفات، به تاخیر انداختن زمان رسیدن محصولات، افزایش زمان نگهداری و ماندگاری با حفظ کیفیت، کاهش میزان آلودگی های میکروبی، از بین بردن ویروس های گیاهی و غذایی، طرح باردهی و جهش گیاهان به عنوان یکی از راه های بالا بردن میزان عملکرد و تولیدات زراعی، اصلاح ارقام جدیدی با خصوصیات کمی و کیفی بالا و بسیاری موارد دیگر. یکی از زمینه های هدف جهت کاربرد اشعه گاما در راستای بهبود و توسعه سطح کیفی محصولات کشاورزی و مواد غذایی در مسیر توسعه پایدار کشاورزی می باشد.

۱-۵. افزایش ایمنی و ماندگاری مواد غذایی با پرتو دهی گاما

محصولات کشاورزی به خصوص در دوره ی پس از برداشت به دلیل داشتن رطوبت زیاد فساد پذیر هستند و در این دوره بخش عمده ای از آن ها (بین ۵۰ تا ۸۰ درصد) از بین می روند. به طور کلی رایج ترین روش

های حفظ و نگهداری مواد غذایی شامل پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون، سرد کردن، خشک کردن، استفاده از مواد شیمیایی می باشند. استفاده از مواد شیمیایی طی سالیان متمادی به عنوان مناسب ترین روش انبارداری محصولات کشاورزی مطرح بود اما بررسی های دانشمندان نشان داد که کاربرد مواد شیمیایی علاوه بر خطرات زیست محیطی موجب ایجاد بیماری های متعدد از جمله سرطان در مصرف کنندگان خواهد شد. لذا کاربرد پرتوهای یونیزه کننده (گاما، ایکس و الکترون) تحت عنوان فناوری پرتودهی به عنوان روشی جدید در راستای حفظ و نگهداری محصولات کشاورزی به منظور کاهش و حذف مواد شیمیایی مطرح شد.

۲-۵. اثر پرتودهی گاما بر فعالیت ضد اکسایشی و ضد میکروبی پودر دارچین

ادویه ها و گیاهان دارویی از زمان های کهن علاوه بر داشتن اثرات دارویی به عنوان نگهدارنده و طعم دهنده به مواد غذایی اضافه می شدند. دارچین فعالیت ضد اکسایشی و ضد میکروبی در برابر دو باکتری استافیلوکوکوس اورئوس و اشربیشیاکلی دارد و پرتودهی اشعه گاما یکی از روش های حذف آلودگی حتی تا دز ۲۵ کیلوگری می باشد بدون اینکه اثر منفی و مخربی بر فعالیت ضد اکسایشی و ضد میکروبی این گیاه دارویی داشته باشد.

۳-۵. اثر اشعه گاما بر بار میکروبی و ترکیبات گیاه دارویی آویشن

تاثیر پرتوتابی با اشعه گاما بر بار میکروبی گیاه آویشن مورد بررسی قرار می گیرد. نتایج نشان داد که پرتو گاما بار میکروبی گیاه را کاهش داد به طوری که دز ۱۵ کیلوگری بیشترین کاهش بار میکروبی را داشت همچنین این پرتو باعث افزایش ترکیبات این گیاه از جمله پاراسیمین و گاماترپینین می شود.

۴-۵. اثر پرتوی گاما بر روی عسل

عسل یک اکسیر طبیعی است که به عنوان یک ماده ی مغذی کاربرد فراوانی دارد، می تواند آلوده به باکتری های بیماری زا و قارچ باشد. استفاده از تابش اشعه گاما به عنوان یک تکنیک برای کاهش مشکلات میکروبیولوژیکی عسل است. با افزایش دز پرتوی گاما تعداد کلنی ها کاهش می یابد. همچنین وقتی دز پرتو بین ۱۵ الی ۲۵ کیلوگری باشد تعداد کلنی ها به صفر می رسد. این اشعه باکتری های بیماری زا را کاهش می دهد و زمان ماندگاری عسل را افزایش می دهد و می تواند به عنوان یک روش مناسب در فراوری این محصول با ارزش به کار گرفته شود و در بالا بردن سطح بهداشت تغذیه موثر باشد.

۶. نتیجه گیری

با توجه به مطالب فوق نتیجه می گیریم که اشعه گاما تاثیرات مثبت زیادی روی مواد غذایی دارد اعم از به تاخیر انداختن زمان رسیدن محصولات، افزایش زمان نگهداری و ماندگاری با حفظ کیفیت، کاهش میزان آلودگی های میکروبی، از بین بردن ویروس های گیاهی و غذایی. البته این تاثیرات به نوع مواد غذایی و میزان دز مورد استفاده از این اشعه بستگی دارد که در مورد برخی، دز زیاد تاثیرات منفی به جا می گذارد. ولی در حالت کلی استفاده از پرتودهی در نگهداری و حفظ مواد غذایی ارجحیت دارد و این روش نسبت به روش های دیگر نگهداری باعث افزایش ایمنی و ماندگاری بیشتر مواد غذایی می شود.

۷. منابع

- [۱] سید رضا رفیعی. یاسمن غلامی. احسان افتخاری زاده. افزایش ایمنی و ماندگاری مواد غذایی با استفاده از پرتودهی گاما. کنفرانس دستاوردهای نوین در صنایع غذایی و تغذیه سالم، ۲۸-۲۷ مرداد ماه ۱۳۹۵.
- [۲] سیده هدی یوسفیان. ابراهیم احمدی. مروری بر کاربرد علم پرتودهی در صنایع غذایی. هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران، سال ۱۳۹۲.
- [۳] نجمه رمدانی. منیژه بابایی. زهرا فرخی. نقش پرتودهی در ماندگاری مواد غذایی و تاثیر اشعه یونیزه بر کیفیت آن. سومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی، سال ۱۳۹۳.
- [۴] اعظم فیضی. اثر پرتوی گاما بر روی عسل. دزیمتری و حفاظت پرتویی در پزشکی و محیط زیست، ۳۸۳
- [۵] احمد احتیاطی. ناصر صداقت. مروری بر اثر فرایند های پرتودهی و میکروویو بر ایمنی مواد بسته بندی. نشریه هنر بسته بندی، ۲۸ مرداد ۱۳۹۶.
- [۶] امین رستمی. مقاله کاربرد اشعه گاما در راستای توسعه و بهبود سطح کیفی محصولات کشاورزی و مواد غذایی در مسیر توسعه پایدار کشاورزی. دومین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکار ها و چالش ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، سال ۱۳۹۴.
- [7] Barakat S.M. Mahmoud. Effects of X-ray treatments on pathogenic bacteria, inherent microflora, color, and firmness on whole cantaloupe. International Journal of Food Microbiology 2012.
- [8] Ji-Sook Park, Jae-Won Ha. X-ray irradiation inactivation of Escherichia coli O157:H7, Salmonella enterica Serovar Typhimurium, and Listeria monocytogenes on sliced cheese and its bactericidal mechanisms. International Journal of Food Microbiology 2019.
- [9] Jamshidi M, Barzegar M, Sahari MA. Effect of gamma irradiation on the antioxidant and antimicrobial activities of cinnamon powder. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, Vol. 7, No. 4, Winter 2013.



ارزش گذاری محصولات جانبی شیلات و چالش ها و نگرانی های فنی صنایع غذایی

فاطمه بخشی (دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی)

چکیده

زمینه: تولید جهانی شیلات با محصولات جانبی آبزی از MT 20 به MT200 افزایش یافته است که برای صنعت فرآوری ماهی و همچنین مدیریت محیط زیست یک چالش است .

محدوده و رویکرد: محصولات جانبی آبزی منبع بالقوه و گنجینه بسیاری از ترکیبات سالم و بیولوژیکی مغال هستند که پتانسیل قابل توجهی برای تامین مواد غذایی جدید و با ارزش دارند. با این وجود، تنوع مواد اولیه موجود و مرحله پس از برداشت مواد، جامعه علمی را به چالش می کشد تا چگونگی استفاده بهینه از این منبع را تعیین کند.

یافته های کلیدی و نتیجه گیری

این بررسی نگرانی های فنی در مورد استفاده از این مواد در بسیاری از مواد مختلف غذایی بر جسته می کند. اما نیاز به تمرکز بر برخی از نکات مهم مانند پیش تیمار، روش های استخراج، اندازه ذرات، ارزیابی فراهمی زیستی مواد مغذی، تعامل با سایر مواد، جنبه های تغذیه ای، بیوتکنولوژی و حسی، سازگاری ژل سازی درماتریس مواد غذایی و نگهداری های ایمنی دارد. علاوه بر این، این مواد فقط با استفاده از تکنیک های مدرن تغذیه شناسی، مدل سازی مولکولی و پیوند که نیاز به حل و بررسی در آینده دارند، مطالعات محدودی داشته اند.

۱. مقدمه

تولید جهانی شیلات از MT37 با مصرف سرانه ۹ kg در سال ۱۹۶۱ به MT200 با ۲۰kg سرانه در سال ۲۰۱۶ افزایش یافته است. این افزایش چشمگیر منجر به توسعه بخش متنوع تری برای پردازش ماهی شده است که محصولات شیلاتی خام، فرآوری شده و فرآوری شده بیشتر را ارائه می دهد. با این حال افزایش فرآوری منجر به تولید انبوه ضایعات می شود این یک چالش برای رفع این مواد به روشی است که ارزش را بهینه می کند و تاثیرات محیطی را کاهش می دهد. طبق گزارش سال ۲۰۱۸ سازمان غذا و کشاورزی (FAO)، بیش از MT20 از محصولات جانبی شیلات (سر، پوست، باله ها، استخوان، گوشت قرمز، احشا و ...) در حال تولید هستند. تلاش های زیادی برای استفاده از این محصولات جانبی در خوراک، بسته بندی مواد غذایی، سیلاژ ماهی، کود، سوخت های زیستی و بازیابی بیشتر برای استفاده به عنوان غذای انسانی انجام شده است. اما استفاده از محصولات جانبی مختلف در غذاهای انسانی هنوز هم با توجه به مسائل ایمنی و انفعالات آن ها با سایر مواد موجود در غذاها چالش برانگیز است. مطالعات قبلی اهمیت محصولات جانبی ماهی (۳۰ - ۱۵٪ پروتئین خام، ۲۵-۰٪ چربی، ۸۰ - ۵۰٪ رطوبت) از نظر ارزش غذایی و ویژگی عملکردی آن ها نشان داده شده است. با مطالعه ترکیبات شیمیایی استخوان ماهی از گونه های مختلف دریافتند که استخوان ماهی منبع خوبی از مواد معدنی است (Ca, Na, K, P, Fe).

به ویژه مواد تشکیل دهنده اصلی اکثر محصولات جانبی پروتئین شامل کلاژن و مشتقات آن، ژلاتین و مواد معدنی هستند. گزارش های متعددی که اهمیت محصولات جانبی شیلات را از چشم انداز غذایی نشان می دهند وجود دارد. بسیاری از مطالعات بر اهمیت محصولات جانبی شیلات برای تقویت و جنبه های بیوتکنولوژی و عملکردی و همچنین ترکیبات زیست فعال متمرکز هستند.

عوامل مختلفی وجود دارد که بر توانایی آن برای غذاسازی در غذاها تاثیر می گذارند. مانند ارزش غذایی، فراهمی زیستی مواد مغذی، ویژگی های حسی، محدودیت های مذهبی و اقدامات نظارتی. کشتن ماهی به هر روشی برای همه مذاهب اصلی قابل قبول است و محصولات جانبی آن مخصوصاً برای مسلمانان، یهودیان، هندوها، بودایی ها (به جز افرادی که به دلایل مذهبی وگان هستند) و مسیحیان قابل قبول است.

بنابراین افزودن محصولات جانبی شیلات به غذاها در مقایسه با سایر حیوانات مانند خوک، گاو و سایر پستانداران که توسط برخی ادیان ممنوع است، قابل قبول تر است. علاوه بر این نگرانی های فنی وجود دارد که هنوز به آن پرداخته نشده است. بنابراین این بررسی بسیاری از نگرانی های فنی که باید هنگام استفاده از محصولات جانبی شیلات به عنوان غذای انسان مورد توجه قرار گیرد، خلاصه می کند. علاوه بر این، بررسی فعلی انواع ضایعات ماهی را که می تواند به عنوان غذا استفاده شود، توضیح می دهد. سپس، چالش ها و نگرانی ها در صورت استفاده برای تقویت، به ویژه نگرانی های تغذیه ای و حسی، فراهمی زیستی، اثر متقابل پروتئین - نشاسته و تاثیر آن ها بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی بررسی خواهد شد. نگرانی های بیوتکنولوژی و استفاده از محصولات جانبی ماهی به عنوان منبع ترکیبات بالقوه فعال زیستی نیز پوشش داده شده است. این بررسی همچنین برخی از کاربردهای واقعی محصولات جانبی را پوشش می دهد و سعی می کند نتیجه گیری معنی داری ارائه دهد. این مطالعه به درک بهتری از تقویت و غنی سازی ماهی در ماتریس غذا به روش بهتر که قبلاً گزارش نشده است، کمک خواهد کرد.

۲. انواع ضایعات شیلات

محصولات جانبی شیلات را می توان به ۲ نوع تقسیم کرد:

۱-۲. ضایعات آلی

محصولات جانبی آلی فراوان ترین ترکیبات صنعت شیلات هستند. این ها شامل پوست، احشا، گوشت ماهی (قرمز و سفید) و بخشی از فلس، استخوان و باله ها است. این ها همه منابع بالقوه کلاژن هستند.

این ها فراوان ترین پروتئین های ساختاری مهره داران و بی مهره گان هستند که ۳۰٪ از پروتئین های حیوانی را تشکیل می دهند.

پانگ و همکاران (۲۰۱۳) کلاژن را از پوست، فلس، باله و استخوان از منابع مختلف با بازده به ترتیب ۷۱، ۱۳، ۴۰ و ۱۳٪ بود استخراج کردند و دریافتند که همه کلاژن ها کلاژن نوع I است که از α_1 ، α_2 ، β و با وزن مولکولی به ترتیب ۱۴۰، ۱۲۵، ۲۲۱ Kuda تشکیل شده اند.

مهبود (۲۰۱۵) کلاژن را از محصولات جانبی شیلات Gala Gala و *Circinus mrigal* به ویژه باله ها جدا کرد و توزیع وزن مولکوی و ترکیب اسید آمینه (گلیسین (Glee) و آلانین (Ala) فراوان ترین اسیدهای آمینه) و میزان پروتئین خام (۱۸-۲۵٪) را توصیف کرد.

علاوه بر این، استخراج کلاژن از گونه های مختلف ماهی مانند بیگای اسنیر^۱، بلک درام^۲، برن استرایپ^۳، سیلورکارپ^۴، دردفن بریم^۵، یلوفن تونا^۶، شیپ شد^۷ خلاصه شده است.

کلاژن به شکل قابل توجهی در بین انواع ماهی و نوع آبی (بخ، شور، گرم و شیرین) فرق می کند. کلاژن ماهی هایی که در آب سرد و گرم هستند بیشتر از ماهی هایی که در آب یخ زده هستند آمینو اسید و مواد هیدروکسی پرولین دارند.

در میان بخش ارگانیک، گوشت ماهی قرمز یکی از محصولات جانبی فرآوری فیله، و دومین ماده سازنده آلی پس از کلاژن است. این منبع خوبی از پروتئین با کیفیت بالاست که معمولاً برای تولید خوراک استفاده می شود.

شایوکلو و همکاران (۲۰۱۰) ایزوله پروتئین ماهی (FPI) از محصولات جانبی ماهی سایید^۸ تهیه کردند و آن را در مقایسه با گوشت ماهی اصلی خشک و فشرده تر یافتند. همچنین برخی از دانشمندان پودر پروتئین ماهی تهیه کردند و از آن به عنوان مکمل ماکارانی استفاده کردند. روغن ماهی همچنین یک محصول جانبی با ارزش و منبع تغذیه با کیفیت است.

آن منبع خوبی از اسیدهای چرب امگا ۳ است که ممکن است از بیماری های قلبی و عروقی جلوگیری کند و سیستم ایمنی بدن را تقویت کند. یکی از کاربردهای اسیدهای چرب امگا ۳ در محصولات نانوایی و ماکارونی مورد توجه است و مزایای بالقوه و سلامتی آن ها در جدول ۱ خلاصه شده است.

- ۱- سرخوی چشم درشت
- ۲- طبل سیاه
- ۳- نواز قهوه ای
- ۴- کپور نقره ای
- ۵- گوازیم دم رشته ای
- ۶- ماهی تن زرد باله
- ۷- ماهی سرگوسفند
- ۸- زغال ماهی

۲-۲. ضایعات غیر آلی

استخوان ماهی به عنون خزانه مواد معدنی و ریز مغزی ها در نظر گرفته شده است. از گونه های مختلف ماهی برای استخراج پودر استخوان ماهی استفاده شده است و کیفیت غذایی آن تعیین شده است. پودر استخوان ماهی سرشار از کلسیم (۲۳۴ g/kg استخوان خشک) است که عمدتاً به شکل هیدروکسی آپاتیت (HA) و کربنات کلسیم است. استخوان های ماهی به صورت اسکلت ماهی (غالباً با گوشت چسبیده) به ۲ شکل پخته و نپخته موجود است. استخوان های نپخته را می توان از صنایع فیله سازی در حالی که استخوان پخته شده در رستوران ها موجود است.

تاپ و همکاران (۲۰۰۷) ترکیبات شیمیایی و ارزش غذایی و میزان مواد معدنی استخوان های ماهی را از ۸ گونه مختلف از جمله ۳ نمونه ماهی ساید، ۳ نمونه ماهی سالمون و ۲ نمونه ماهی هدینگ مطالعه کردند. نتایج نشان داده است که مهمترین تفاوت یافته شده در ترکیب لیپید توسط پروتئین یا میزان خاکستر است. مطالعات همچنین نشان دادند که تفاوت کمی در اسیدهای آمینه، مقدار کلسیم و فسفر است.

برخی از دانشمندان پودر استخوان کپور نقره‌ای را با استفاده از آسیاب کردن با ذرات بسیار ریز تولید کردند و شرایط بهینه فرآوری را بررسی و خصوصیات فیزیکی - شیمیایی آن را توصیف کردند. اندازه ریزتر استخوان ماهی باعث افزایش حلالیت پروتئین، ظرفیت نگهداری آب، رسانایی آب و زیست فراهمی مواد معدنی می شود.

به همین ترتیب ین، پارک، شانگ (۲۰۱۵) با استفاده از آسیاب مرطوب پودر استخوان ماهی در مقیاس نانو تولید کردند و دریافته‌اند که اندازه ذرات برای حلالیت استخوان ماهی، قابلیت هضم آزمایشگاهی و ترکیب مواد معدنی مهم است.

ین، دو، ژانگ، شانگ (۲۰۱۶) پودر بسیار ریز ماهی کپور نقره‌ای را با استفاده از آسیاب خشک تهیه و اندازه آن را به ۱/۷۵ میکرومتر کاهش دادند و خواص فیزیکی - شیمیایی و ساختار و ارزش غذایی را مورد مطالعه قرار دادند. خاکستر و پروتئین به ترتیب ۲۱ و ۶۴٪ از ترکیبات اصلی استخوان ماهی بودند.

علاوه بر این همانگ (۲۰۱۳) پودر استخوان ماهی را از ماهی تیلپیا با استفاده از تیمار قلیایی تهیه کرده و زیست فراهمی کلسیم آن را با استفاده از روش ترانس گلو تامیناز محصولات جانبی با استفاده از تیمارهایی قلیایی تهیه کردند و زیست فراهمی کلسیم و ارزش غذایی آن ها را اندازه گیری کردند. این مطالعه نشان داد ۹ اسید آمینه ضروری، اسید اولئیک، اسید پالمیتیک و اسید گوندونیک (مفید برای سلامتی) برجسته ترین مواد تشکیل دهنده پودر استخوان ماهی هستند.

ژانگ و همکارانش (۲۰۱۹) فسفات کلسیم بیوفازیک استخوان ماهی از آب دریا با استفاده از یک فرآیند کلسیم در دماهای مختلف، استخراج و مشخص کردند و ساختار شیمیایی آن و کریستالوگرافی پودر استخوان کلسینه شده را بررسی کردند. این مطالعات نشان داد که در دمای ۹۰۰ C مقدار کلسیم بیس فسفات در مقایسه با دمای پایین تر بیشتر است.

جدول ۱: منابع اصلی و ویژگی‌های عمومی کاروتن‌ها و گزانتوفیل‌ها

مزایای بالقوه سلامتی	منبع	مواد تشکیل دهنده
پیشگیری از بیماری‌های قلبی و عروقی	روغن کبد ماهی و ماهی آزاد	روغن‌های امگا ۳
بیماری نوروزنیک	فوکوکسانین، آستاکانتین	کاروتنوئید
رشد و فیزیولوژی بدن	ماهی دریایی	ویتامین و مواد معدنی
عامل ضد سرطان، قدرت دندان و استخوان و ضد تومور	استخوان ماهی	کلسیم غضروف
رشد و متابولیسم	استخوان ماهی	مواد معدنی
عامل ضد پیری	استخوان، فلس و باله	کلاژن و ژلاتین
کنترل چاقی و فعالیت اتصال کلسیم	پروتئین ماهی	پپتیدهای بیواکتیو
مکمل پروتئین	ماهیچه و گوش قرمز ماهی	پروتئین ایزوله ماهی

این مطالعات استخراج پودر استخوان ماهی را با روش‌های مختلف پردازش نشان می‌دهد جداول ۲ و ۳ به ترتیب ترکیب بیوشیمیایی ماهی، ضایعات شیلات و ترکیب تقریبی ضایعات شیلات را نشان می‌دهند. جداول نشان می‌دهد که گوشت ماهی حاوی موادی آلی است در حالی که مواد زائد شیلات شامل مواد معدنی است که در آن‌ها پروتئین و خاکستر عمده‌ترین است.

۳. چالش‌های فنی صنایع غذایی در مورد تقویت محصولات جانبی ماهی

محصولات جانبی شیلات منبع امیدوارکننده مواد با کیفیت بالا و ماکرومولکول‌ها بسیار بیولوژیکی است.

جدول ۲: تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی ماهی و ضایعات ماهی

مواد تشکیل دهنده		ترکیب مواد زائد ماهی	
اجزا	وزن متوسط (%)	ماده مغذی	ضایعات ماهی (%)
سر	۲۱/۵ ± ۴/۳	پروتئین خام	۵۷/۹ ± ۵/۲۶
ستون فقرات	۱۵/۳ ± ۴/۶	چربی	۱۹/۲ ± ۶/۱
باله و ریه	۶/۱ ± ۲/۵	فیبر خام	۱/۲ ± ۱/۳
روده	۷/۷ ± ۳/۳	خاکستر	۲۱/۸ ± ۳/۴
کبد	۵/۱ ± ۱/۹	کلسیم	۵/۸ ± ۱/۴
تخم ماهی	۴/۲ ± ۱/۷	فسفر	۲/۱ ± ۰/۷
پوست	۳/۳ ± ۱/۶	پتاسیم	۰/۷ ± ۰/۲
شش	۴/۸ ± ۲/۷	منیزیم	۰/۲ ± ۰/۱

مقادیر به طور متوسط از گونه‌های مختلف ماهی گرفته شده است.

جدول ۱: منابع اصلی و ویژگی‌های عمومی کاروتن‌ها و گزانتوفیل‌ها

ترکیب تقریبی	مواد تشکیل دهنده	گوشت	احشا
رطوبت	۶۳/۸ ± ۶۴	۷۲/۲ ± ۵/۳	۶۸/۲ ± ۴/۲
پروتئین خام	۱۵/۳ ± ۵/۹	۱۸/۲ ± ۳/۴	۲۰/۷ ± ۲/۵
چربی خام	۳/۵ ± ۲/۶	۳/۹ ± ۱/۴	۴/۶ ± ۲/۴
خاکستر	۱۲/۷ ± ۵/۴	۳/۴ ± ۱/۳	۳/۳ ± ۱/۶

۱-۳. اندازه ذرات و زیست‌فراهمی

کاربرد ذرات میکرو و نانو در صنایع غذایی اخیراً به دلیل ویژگی‌های متفاوت مورد توجه قرار گرفته است. اندازه ذرات به خصوصیات شیمیایی، بافتی، رئولوژیکی، ریز ساختاری و آزمایشگاهی ماتریس مواد غذایی تاثیر می‌گذارد. غذاهای میان وعده با افزودن استخوان ماهی ارزش تغذیه‌شان بالا می‌رود.

عبدل مومین (۲۰۱۵) با مطالعه ترکیب استخوان‌های ماهی پخته شده از ماهی تیلایپا دریافت که آن منبع خوبی از کلسیم و سایر مواد معدنی و اسید چرب است. این مطالعه شامل هیچ‌گونه کاهش اندازه ذرات پودر استخوان ماهی نمی‌شود.

مطالعات دیگری نشان می‌دهد که پودر استخوان ماهی تن منبع خوبی از کلسیم در مقایسه با نمک‌های طبیعی است اما زیست‌فراهمی فسفات کلسیم III از هر منبع کلسیم بالاتر است. پودر استخوان ماهی تن با تیمار قلیایی تهیه شده و به دلیل روش فرآوری، زیست‌فراهمی ممکن است زیاد باشد. اسکلت‌های ماهی منبع برجسته اسیدهای چرب امگا ۳ مانند ۱۸:۰ و ۱۶:۰ به عنوان اشباع، ۹ - ۱۱ : ۱۸ به عنوان مونون و ۶ - ۱۸:۲ n و ۳ - ۱۸:۳ n است. میان وعده‌های حاوی ۳۰٪ پودر اسکلت ماهی به طور قابل توجهی پروتئین، چربی و خاکستر را افزایش می‌دهد در حالی که رنگ میان وعده‌های سرخ شده تغییر نمی‌کند علاوه بر این، محتوای کل اسید آمینه‌ها در نمونه‌های غنی شده با استخوان ماهی زیاد بود در حالی که مهمترین اسید آمینه‌ها، اسید آسپارتیک، Gly، لوسین، اسید گلوتامیک و لیزین (Lys) بودند و محتوای اسید آمینه ضروری به ویژه لیزین‌هایی است که کمبود غلات دارند.

اما درصد اسید آمینه ضروری در مقایسه با اسید آمینه غیر ضروری کم است که نشان می‌دهد پروتئین استخوان دارای ارزش غذایی کمتری در مقایسه با گوشت ماهی و سایر منابع حیوانی است. میزان کلسیم قابل دسترس در ماهی کاد و سالمون به ترتیب ۲۲/۵ و ۲۱/۹٪ است این نشان می‌دهد که زیست‌فراهمی کلسیم در استخوان ماهی کم است در حالی که در نمک‌های طبیعی یا منبع کلسیم تجاری در دسترس است. اگر اندازه ذرات مختلف (۲۲ - ۰/۱۲ میکرومتر) استخوان ماهی در ژل سوریمی مورد بررسی قرار گرفت و نشان داد که کاهش اندازه ذرات منجر به آزاد سازی زیاد کلسیم می‌شود. بنابراین استخوان ماهی یک گنجینه اصلی از مواد مغذی و پروتئین است.

۲-۳. تاثیر افزودن محصولات جانبی شیلات بر بافت غذایی

بافت یکی از نگرانی‌های اساسی در هنگام پردازش مواد غذایی و مهم‌ترین اولویت مصرف‌کنندگان است این تا حد زیادی تحت تاثیر ترکیبات شیمیایی قرار می‌گیرد. پارامترهای بافت شامل سختی، انعطاف پذیری، انسجام

پذیری، قابلیت جویدن، چسبندگی، قابلیت ساختاری است. در طی فرآیند حرارتی این ترکیبات پیوند داخل و بین مولکولی تشکیل می شود و یک ساختار سه بعدی ایجاد می شود. بسیاری از مطالعات تاثیر افزودنی های محصولات جانبی ماهی را بر روی خواص بافتی غذا نشان می دهند.

عبدل مومین و همکاران (۲۰۱۵) از افزودن ماهی نیل تیلاپیا به میان وعده ها خبر داد و دریافت که بیش از ۱۲٪ از این ماهی از نظر سختی جویدنی غیر قابل قبول است. علاوه بر این و همکاران (۲۰۱۷) اثر افزودن استخوان ماهی در ژل سوریمی را بررسی کردند و نشان دادند که کاهش اندازه ذرات استخوان ماهی باعث افزایش خصوصیات بافتی می شود در حالی که اندازه ذرات بیشتر باعث کاهش بافت و ایجاد سستی در غذا می شود.

برخی از دانشمندان پی بردند افزودن استخوان ماهی باعث افزایش سختی محصول می شود این سخت شدن ممکن است به دلیل غیر آلی بودن استخوان ماهی باشد که در آب حل نمی شود مگر اینکه محیط اسیدی باشد اما عملیات حرارتی توانایی نرم کردن کلسیم را دارد که برای منابع غذایی قابل قبول است. ذرات با ابعاد بزرگ نه تنها باعث ایجاد چسبندگی در غذا می شود بلکه خصوصیات لاتیناسیون دانه های نشاسته و تعامل آن ها با سایر اجزا را نیز مختل می کنند وجود ذرات بزرگتر محصولات جانی شیلات منجر می شود که ذرات نشاسته ای کمتر متورم و ژلاتینه شود که بر انبساط محصول نهایی به ویژه غذاهای میان وعده تاثیر می گذارد.

بنابراین نرم شدن، کاهش اندازه ذرات و آزاد سازی ++Ca مهم ترین نگرانی صنایع غذایی در مورد خواص بافتی است.

کلاژن و ژلاتین از محصولات جانبی شیلات هستند که از پوست، استخوان، فلس و باله استخراج می شوند و نقش مهمی در بقا دارند و کلاژن یک ترکیب حساس به دما است و درجه ارتباط آن در آب گرم بسیار زیاد است.

۳-۳. ارزش غذایی و ویژگی های حسی

ارزش غذایی یک نگرانی مهم در مورد تقویت و توسعه محصولات جدید است. ضایعات ماهی به دلیل تنوع زیستی ترکیبی، گنجینه بسیاری از مواد غذایی سالم و ترکیبات فعال بیولوژیکی یکی برای نمونه روغن های ماهی، گوشت قرمز (پروتئنی ایزوله)، کلاژن، ژلاتین، پروتئین های ماهی، تولید آنزیم از احشا شیلات و مواد معدنی ضروری از پودر استخوان ماهی است.

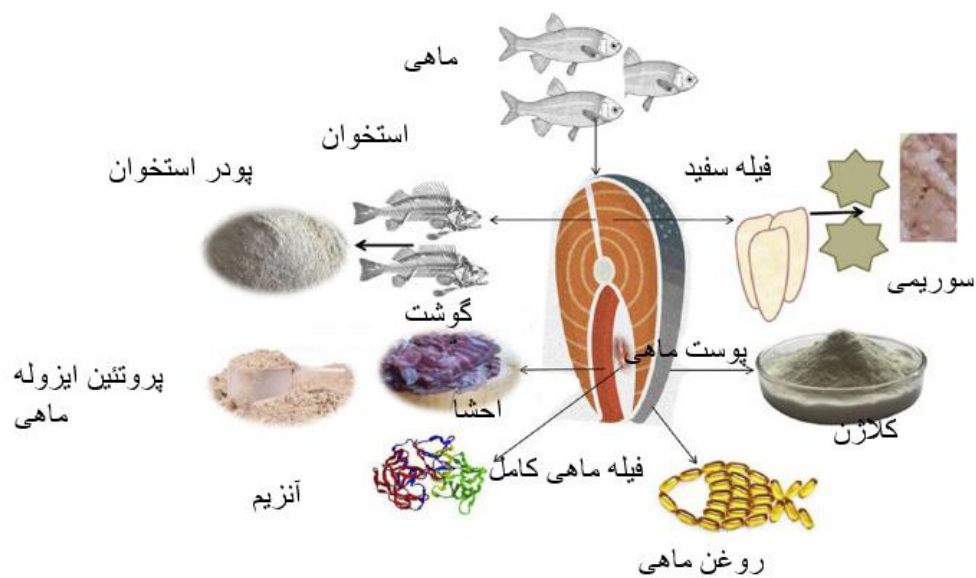
مطالعات همچنین نشان داد تفاوت مهمی در کلسیم و فسفر وجود دارد در حالی که مشخصات اسید چرب در میان گونه ها و همچنین اندازه و نوع ماهی تفاوت معنی داری داشت و استخوان ماهی حاوی مقدار زیادی پروتئین است اما کیفیت پروتئین نیز بسیار مهم است که با ارزش بیولوژیکی و مقدار اسید آمینه ضروری ارزیابی می شود. برخی از اسید آمینه های ضروری از جمله Try proton, Threonine, Leu, Lys در استخوان ماهی وجود دارد اما درصد اسید آمینه های ضروری "۱"/"۴" کل اسید آمینه بود.

تاپ و همکاران (۲۰۰۷) مشخصات اسید آمینه گونه های مختلف ماهی در آب شیرین و دریایی را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که درصد اسید آمینه ضروری کم است. Glee برجسته ترین اسید آمینه کلاژن است که توسط بسیاری از مطالعات گزارش شده است و از طرف دیگر در غلات مخصوص (غلات و حبوبات)، درصد Leu در مقایسه با محتوای استخوان ماهی بیشتر بود این می تواند به دلیل ویژگی های خاص غلات باشد. پروتئین حاصل از محصولات جانبی کلاژن نوع ۱ است که به دلیل ترکیبات الیافی آن عمدتاً از Glee - Pro - Heel (اسید آمینه غیر اسانس و قابلیت هضم کم) تشکیل شده است.

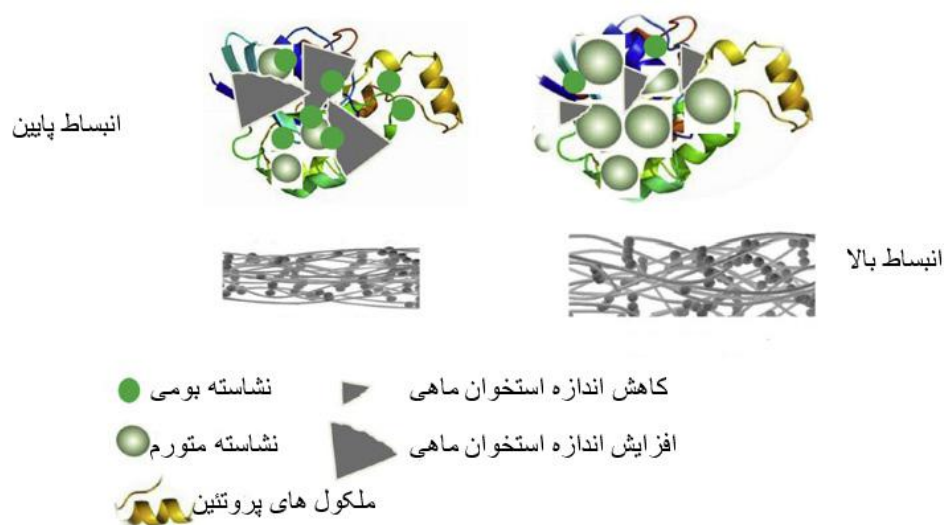
یکی از نگرانی های اصلی ویژگی های حسی در مورد پذیرش آن توسط مصرف کننده است زیرا تعداد کمی از

مصرف کنندگان به ذائقه آن‌ها به خصوص در سن جوانی سازگار است. برخی از دانشمندان ارزیابی حسی میان وعده‌های سرخ شده را با افزودن گوشت ماهی قرمز تعیین کردند و دریافتند که بیش از ۱۵٪ گوشت ماهی قرمز باعث کاهش صفات حسی میان وعده‌های سرخ شده می‌شود. عبدل مومین (۲۰۱۶) میان وعده‌های از استخوان ماهی تهیه کرد و سنجش حسی را ارزیابی کرد که نشان داد ۱۲-۶٪ افزودن استخوان ماهی بالاترین امتیاز را کسب می‌کند در حالی که مقدار بیشتری از نیل تیلاپیا از لحاظ بافت، عطر و رنگ قابل قبول نیست و این افزودنی‌ها در محصولات نانوایی و ماکارانی مناسب و قابل قبول مصرف کنندگان است. با در نظر گرفتن همه این موارد، پذیرش مصرف کننده در مورد غنی سازی ضایعات ماهی در غذا قطعاً به تعادل بین عادات غذایی و سنت‌ها بستگی خواهد داشت.

انجمن قلب آمریکا (AHA) دو وعده ماهی در هفته را برای یک زندگی سالم و متعادل تایید کرد.



شکل ۱: نمودار شماتیک و نتایج احتمالی ماهی در حین پردازش



شکل ۲: تاثیر اندازه ذرات بر خصوصیات شیمیایی - فیزیکی و محصول

۴-۳. تغییرات مربوط به رنگ

پارامترهای رنگ از نظر ظاهر و پذیرش مصرف کننده مهم هستند. رنگ اولین چیزی است که مصرف کننده قبل از چشیدن محصول درک می کند. پارامترهای رنگی از جمله روشنایی (*L)، قرمزی (*a) و زردی (*b) از مهم ترین مواردی هستند که به شدت بر روی مواد تشکیل دهنده، کاروتنوئیدها و واکنش آنها تاثیر می گذارند. افزودن محصولات جانبی شیلات بسته نوع ماده (استخوان، پوست و گوشت) که در محصول اضافه می شود می تواند بر رنگ محصول نهایی تاثیر بگذارد.

قرمزی بالای گوشت ماهی احتمالاً به دلیل رنگ میوگلوبین است که به اکسی میوگلوبین قرمز روشن تغییر می کند که به دلیل اکسیژن رسانی هنگام قرار گرفتن سطح عضلات در معرض هوا است. برخی از دانشمندان به افزایش قرمزی و کاهش روشنایی پاستا با افزودن پودر گوشت ماهی اشاره کردند. افزودن ژلاتین باعث کاهش روشنایی فیلم ژلاتین ماهی می شود. همچنین افزایش قرمزی پاستا به دلیل افزودن پودر پروتئین ماهی است.

۵-۳. تغییرات مربوط به رنگ

پارامترهای رنگ از نظر ظاهر و پذیرش مصرف کننده مهم هستند. رنگ اولین چیزی است که مصرف کننده قبل از از مهم ترین (*b) و زردی (*a) قرمزی، (*L) چشیدن محصول درک می کند. پارامترهای رنگی از جمله روشنایی مواردی هستند که به شدت بر روی مواد تشکیل دهنده، کاروتنوئیدها و واکنش آنها تاثیر می گذارند. افزودن محصولات جانبی شیلات بسته نوع ماده (استخوان، پوست و گوشت) که در محصول اضافه می شود می تواند بر رنگ محصول نهایی تاثیر بگذارد. قرمزی بالای گوشت ماهی احتمالاً به دلیل رنگ میوگلوبین است که به اکسی میوگلوبین قرمز روشن تغییر می کند که به دلیل اکسیژن رسانی هنگام قرار گرفتن سطح عضلات در معرض هوا است. برخی از دانشمندان به افزایش قرمزی و کاهش روشنایی پاستا با افزودن پودر گوشت ماهی اشاره کردند. افزودن ژلاتین باعث کاهش روشنایی فیلم ژلاتین ماهی می شود. همچنین افزایش قرمزی پاستا به دلیل افزودن پودر پروتئین ماهی است.

۶-۳. خصوصیات ژل شدن و اتصال آب

ویژگی ژلینگ و قابلیت اتصال آب به عنوان ابزار مهمی برای ارزیابی کیفیت غذا در نظر گرفته می شود. این امر به شدت به فعل و انفعالات نشاسته - پروتئین - آب بستگی دارد و مورد توجه بسیاری از متخصصان صنایع غذایی است. نشاسته زیست ملکول های زیستی است که از منبع گیاهی به دست می آید و اعتقاد بر این است که فراوان ترین ماده غذایی به دنبال پروتئین و چربی است. انواع و منابع پروتئین و نشاسته برای سیستم غذایی بسیار مهم است. درجه تعامل آن با ژل شدن و ظرفیت اتصال آن مواد غذایی تعیین می شود این تعامل ماهیت الکترواستاتیکی دارد که بین گروه های دارای بار مثبت پروتئین و گروه های آنیونی نشاسته صورت می گیرد.

برخی از دانشمندان گزارش دادند افزودن کلاژن استخوان ماهی باعث کاهش قدرت ژل و WHC پروتئین های مایوفیبرال می شود یا افزودن استخوان ماهی در میان وعده ها باعث کاهش WHC میان وعده های سرخ شده می شود این کاهش ممکن است به دلیل محتوای بالای مواد معدنی باشد که توانایی اتصال آب کمتری داشته یا حلالیت کمتری در آب داشته باشد.

در واقع در سیستم غذایی سنتی به ویژه میان وعده ها و نانوائی ها، منبع پروتئین بیشتر پروتئین گلوتی است که از گلوتین و گلیادین تشکیل می شود. ضایعات ماهی شامل کلاژن، ژلاتین، گوشت قرمز از اکتین و میوزین و

پروتئین غیر گلوٹین است که می تواند شبکه گلوٹن نشاسته ای را مختل کند. بنابراین رقت گلوٹین در غذا منجر به اختلال در ریز ساختار می شود که در نهایت باعث کاهش جذب آب می شود.

علاوه بر این، سطح چربی برای ثبات امولسیون و WHC ماتریس مواد غذایی نیز مهم است محصولات جانبی شیلات حاوی مقدار چربی بیشتری نسبت به نشاسته و آرد گندم است. بعضی از دانشمندان جایگزینی آرد گندم با گوشت ماهی قرمز (توسط فرآوری فیله که معمولاً به عنوان ضایعات یا تولید خوراک دور ریخته می شود) در میان وعده های سرخ شده گزاش دارند که منجر به رقت شبکه گلوٹن می شود.

۷-۳. جنبه های بیوتکنولوژی

در حال حاضر بیوتکنولوژی به عنون یک زمینه جالب و جذاب برای دانشمندان ظاهر شده است. تصفیه، استخراج و سنتز آنزیم به ویژه از مواد زائد در عصر جدید توجه زیادی را به خود جذب کرده است. سنتز آنزیم در فرآیند بیوتکنولوژی با میکروب ها با استفاده از نشاسته، همی سلولز، لیپیدهای سلولز و پروتئین ها مرحله مهمی است که در آن هزینه مواد اولیه به ویژه هزینه منبع نیتروژن است که نسبت زیادی از کل هزینه ها است.

برخی از دانشمندان ۵٪ ضایعات ماهی (پس از آسیاب و اتو کلاو) برای تخمیر باکتری های اسید لاکتیک (LAB) استفاده کردند و کارایی آن را با عصاره مخمر ۲۰٪ مقایسه کردند و نتایج نشان داد که افزودن ضایعات ماهی در طی ۲۹ ساعت در مقایسه با مخمر به میزان قابل توجهی اسید لاکتیک را در حدود ۱-۰g ۷۹ افزایش داد.

تگ و همکاران (۲۰۱۸) محلول استخوان ماهی از جمله پروتئین و کلسیم را برای تخمیر LAB تهیه کردند نشان دادند که LAB کلسیم نامحلول کلسیم را به کلسیم محلول تبدیل می کند اما LAB نمی تواند پروتئین استخوان متشکل از کلاژن را به طور کامل مصرف کند.

علاوه بر این، تولید آنزیم انعقادی شیر از مخاط معده ماهی که برای سنتز پنیر استفاده می شود که یک گزینه ارزان قیمت برای پنیر خانگی است. در حقیقت به دلیل تولید محدود اسید های آمینه توسط میکروب ها به ویژه LAB، تهیه منبع پروتئین یا آمینو اسید به طور خاص متعلق به گروه های آمینی می تواند به منظور ایجاد پپتیدها، پلی پپتیدها و پروتئین با یکدیگر پیوند داشته باشد و به عنوان منبع خارجی پروتئین در فرآیند بیولوژیکی برای رشد بیشتر استفاده شود. مقایسه محتوای پروتئین در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴. محتوای پروتئین ضایعات مختلف

مواد	منبع پروتئین (%)
ضایعات ماهی	۱۵ - ۳۰
پروتئین آب پنیر	۲/۵ - ۴
گوشت	۲۰
ضایعات غذایی	۱۱/۴
مو	۹۰
پوست ماهی	۲۲ - ۲۶
باله ماهی	۱۶- ۱۸



شکل ۳: مروری بر چالش های فنی ضایعات شیلات به عنوان غذا

جایاپ ریا، سارانیا (۲۰۱۸) آنزیم پروتئاز را از ضایعات ماهی تهیه کردند و وزن ملکولی، ساختار شیمیایی و مدل سازی و اتصال ملکولی آن را مشخص کردند.

۸-۳. زیست فراهمی مواد مغذی

زیست فراهمی مواد مغذی یک نگرانی مهم در صنعت غذا است و کیفیت غذا با زیست فراهمی ارزیابی می شود. افزودن ضایعات ماهی می تواند زیست فراهمی مواد مغذی را در محصول نهایی کاهش یا افزایش دهد. کلسیم حاصل از استخوان ماهی به منظور رفع کمبود کلسیم مورد توجه بسیاری قرار گرفته است و مطالعات قبلی زیست فراهمی کلسیم استخوان تن را در مقایسه با کلسیم شیر، منبع گیاهی و نمک طبیعی نشان داد با این حال، این درصد کمتر از کلسیم طبیعی سه کلسیم فسفات بود.

کلسیم معدنی به تعامل با سایر ماتریس های مواد غذایی حساس است و به راحتی رسوب می کند و نتیجه آن دسترسی کمتر و دفع زیاد از طریق مدفوع است. به طور مشابه، تشکیل کربوکسیلات ها در حین هضم غذا و در بعضی از غذاهای تخمیر شده به عنوان چسبنده چند وجهی کلسیم و آنیون ها برای جلوگیری از رسوب کلسیم در شرایط بالا بودن PH روده، ظاهر شده است.

بنابراین توصیه می شود محلول پایدار اشباع کلسیم هیدروکسیل کربوکسیلات و هیدروکسی کربوکسیلات مهم ترین نگرانی برای افزایش زیست فراهمی کلسیم باشد.

اندازه ذرات برای زیست فراهمی بالاتر بسیار مهم است. ذرات با اندازه بزرگتر در روده کوچک جذب نخواهند شد که منجر به زیست فراهمی کمتر و جذب کمتر در خون می شود.

۴. نتیجه

مطالعات حاضر خلاصه ای از اهمیت ضایعات ماهی و غنی سازی آن در سیستم غذایی است. ضایعات ماهی برای صنایع غذایی به عنوان چشم انداز غذایی سهم قابل توجهی در اقتصاد و راه حل بهتری برای صنعت آبی و همچنین ابتکاری در جهت مدیریت پسماند است. تلاش های زیادی برای استفاده از مواد زائد ماهی به عنوان غذا و ساده کردن ماتریس غذایی انجام شده است که دلگرم کننده است. این مطالعه شواهد قابل توجهی در مورد جنبه های تغذیه ای، عملکردی، دارویی و بیوتکنولوژی مایعات ماهی ارائه داده است. عدم استفاده از محصولات جانبی نه تنها باعث از دست دادن درآمد بالقوه می شد و بلکه هزینه فرآوری و رفع را نیز افزایش می دهد. به طور کلی دین و جنبه های فرهنگی در هنگام استفاده از محصولات مبتنی بر گوشت از اهمیت بالایی برخوردار هستند، اما برای ضایعات ماهی تقریباً برای همه مذاهب قابل قبول است.

بسیاری از کشورها به دلیل خطر ایمنی و کیفیت مواد غذایی، استفاده از ضایعات و محصولات جانبی را محدود می کنند. در کنار همه این ها، نگرانی های زیادی وجود دارد که باید در هنگام ساده سازی ضایعات ماهی به عنوان ماده غذایی مانند پیش تیمار، قابلیت زیستی، تعامل با سایر مواد و خصوصیات حسی به خاطر بسپارید.

۵. منابع

- [1] Abdel-Moemin, A. R. (2015). Healthy cookies from cooked fish bones. Food Bioscience, 12,114–121.
- [2] Ali, A. M. M., Benjakul, S., Prodpran, T., & Kishimura, H. (2018). Extraction and characterization of collagen from the skin of golden carp (*Probarbus jullieni*), a processing by-product. Waste and Biomass Valorization, 9(5), 783–791.

- [3] Arvanitoyannis, I. S., & Kassaveti, A. (2008). Fish industry waste: Treatments, environmental impacts, current and potential uses. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(4), 726–745.
- [4] Cai, H., Bailey, R., & Huang, J. Y. (2019). Defining nutritionally and environmentally healthy dietary choices of omega-3 fatty acids. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1025–1033.
- [5] Cai, L., Wu, X., Zhang, Y., Li, X., Ma, S., & Li, J. (2015). Purification and characterization of three antioxidant peptides from protein hydrolysate of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) skin. *Journal of Functional Foods*, 16, 234–242.
- [6] Darmanto, Y. S., Agustini, T. W., Swastawati, F., & Al Bulushi, I. (2014). The effect of fish bone collagens in improving food quality. *International Food Research Journal*, 21(3), 891–896.
- [7] Desai, A., Brennan, M. A., & Brennan, C. S. (2018). The effect of semolina replacement with protein powder from fish (*Pseudophycis bachus*) on the physicochemical characteristics of pasta. *LWT-Food Science and Technology*, 89, 52–57.
- [8] Desai, A., Brennan, M., & Brennan, C. (2018). Effect of fortification with fish (*Pseudophycis bachus*) powder on nutritional quality of durum wheat pasta. *Foods*, 7(4), 62.
- [9] Esteban, M. B., García, A. J., Ramos, P., & Márquez, M. C. (2007). Evaluation of fruit, vegetable and fish wastes as alternative feedstuffs in pig diets. *Waste Management*, 27, 193–200.
- [10] Fernandes, J. C., Tavaría, F. K., Soares, J. C., Ramos, Ó. S., Monteiro, M. J., Pintado, M. E., et al. (2008). Antimicrobial effects of chitosans and chitooligosaccharides, upon *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, in food model systems. *Food Microbiology*, 25(7), 922–928.
- [11] Gao, M. T., Hirata, M., Toorisaka, E., & Hano, T. (2006). Acid-hydrolysis of fish wastes for lactic acid fermentation. *Bioresource Technology*, 97(18), 2414–2420.
- [12] Ghaly, A. E., Ramakrishnan, V. V., Brooks, M. S., Budge, S. M., & Dave, D. (2013). Fish processing wastes as a potential source of proteins. *Amino Acids and oils: A critical review. Journal of Microbiology Biochemistry and Technology*, 5(4), 107–129.
- [13] Ghorbel-Bellaaj, O., Jridi, M., Khaled, H. B., Jellouli, K., & Nasri, M. (2012).
- [14] Bioconversion of shrimp shell waste for the production of antioxidant and chitosan used as fruit juice clarifier. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(9), 1835–1841.
- [15] Govindharaj, M., Roopavath, U. K., & Rath, S. N. (2019). Valorization of discarded Marine Eel fish skin for collagen extraction as a 3D printable blue biomaterial for tissue engineering. *Journal of Cleaner Production*, 230, 412–419.
- [16] Gupta, R., Beg, Q., & Lorenz, P. (2002). Bacterial alkaline proteases: Molecular approaches and industrial applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 59(1), 15–32.
- [17] Gupta, A., Gangwar, K., & Parihar, R. (2016). In vitro bioavailability of calcium in products incorporated with green leafy vegetables. *International Journal of Home Science*, 2(1) 05-08.
- [18] Hemung, B. O. (2013). Properties of tilapia bone powder and its calcium bioavailability based on transglutaminase assay. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 3(4), 306.

- [19] Herpandi, N. H., Rosma, A., & Wan Nadiah, W. A. (2011). The tuna fishing industry: A new outlook on fish protein hydrolysates. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(4), 195–207.
- [20] Homaei, A., Lavajoo, F., & Sariri, R. (2016). Development of marine biotechnology as a resource for novel proteases and their role in modern biotechnology. *International Journal of Biological Macromolecules*, 88, 542–552.
- [21] Ichikawa, S., Morifuji, M., Ohara, H., Matsumoto, H., Takeuchi, Y., & Sato, K. (2010).
- [22] Hydroxyproline-containing dipeptides and tripeptides quantified at high concentration in human blood after oral administration of gelatin hydrolysate. *International Journal of Food Sciences & Nutrition*, 61(1), 52–60.
- [23] Iwai, K., Hasegawa, T., Taguchi, Y., Morimatsu, F., Sato, K., Nakamura, Y., et al. (2005).
- [24] Identification of food-derived collagen peptides in human blood after oral ingestion of gelatin hydrolysates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(16), 6531–6536.
- [25] Jamilah, B., Mohamed, A., Abbas, K. A., Rahman, R. A., Karim, R., & Hashim, D. M. (2009). Protein-starch interaction and their effect on thermal and rheological characteristics of a food system: A review. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7(2), 169–174.
- [26] Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K., & Bawa, A. S. (2012). Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: A review. *Journal of Food Science & Technology*, 49(3), 278–293.
- [27] Joye, I. J., Corradini, M. G., Duizer, L. M., Bohrer, B. M., LaPointe, G., Farber, J. M., et al. (2019). A comprehensive perspective of food nanomaterials. *Advances in Food & Nutrition Research*, 88, 1–45.
- [28] Jung, W. K., Lee, B. J., & Kim, S. K. (2006). Fish-bone peptide increases calcium solubility and bioavailability in ovariectomised rats. *British Journal of Nutrition*, 95(1), 124–128.



نقش ویتامین D در سلامتی انسان

هانیه عطارد (دانشجوی مامایی دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل)

چکیده

ویتامین دی با ساختمان استروئیدی یک ویتامین محلول در چربی است و گیرنده های متعددی در سرتاسر بدن دارد. به علت کمبود این ویتامین در سطح جامعه، فرآورده هایی که مورد مصرف عموم مردم هستند با ویتامین ها غنی سازی می شوند. رایج ترین فرآورده ای که با ویتامین دی غنی سازی می شود شیر و لبنیات است. کمبود این ویتامین منجر به پوکی استخوان، کاهش توده عضلات، تضعیف سیستم ایمنی، مشکلات تنفسی، خطر ابتلا به سرطان، فیبروم، کاهش قدرت باروری، آلرژی و... می شود.

۱. مقدمه

غنی سازی شیر عبارت است از افزودن یک یا چند ریزمغذی به شیر که با هدف مغذی کردن آن برای مصرف توسط گروه های خاص که در معرض کمبود ریزمغذی ها قرار دارند، انجام می شود و غنی سازی شیر با ویتامین های A و D، ویتامین های گروه B یا املاح مثل کلسیم و فسفر انجام می شود. استفاده از مکمل ها برای بالا بردن ارزش غذایی عموماً به دو صورت مورد توجه قرار می گیرد، اول غنی سازی (Fortification) که شامل افزودن ماده مغذی به غذایی است که به طور طبیعی آن ماده را ندارد و دوم جبران سازی (Enrichment) در مواردی که غذایی مورد نظر در مراحل تولید، ماده مغذی را از دست می دهد و برای جبران آن این ماده اضافه می گردد. در هر حال هدف از هر دو مورد افزایش ارزش غذایی است که می توان به جای آنها از اصطلاح مغذی سازی (Nutrification) استفاده نمود. ویتامین D با ساختمان استروئیدی دارای گیرنده های متعددی در بیشتر نقاط بدن است اثر کمبود ویتامین D به عنوان علت بیماری

های متابولیک استخوان از جمله ریکتز، نرمی استخوان، پوکی استخوان و بالاخره ضعف و کاهش توده عضلانی شرح داده شده، اما مطالعات جدیدتر مؤید تأثیر کمبود این ویتامین در کاهش قدرت ایمنی مخصوصاً ایجاد پنومونی در اطفال، کاهش قدرت باروری، افزایش سن شروع قاعدگی، کاهش پاسخ انسولین به گلوکز، کاهش قدرت انقباض قلب و افزایش میزان فشار خون می‌باشد. به علت کمبود ویتامین D و عدم دریافت کافی این ویتامین از طریق نور خورشید و جذب پوستی غنی سازی این ویتامین به خصوص در شیر تأثیر بسزایی در افزایش سطح سرمی این ویتامین دارد و روش مناسبی جهت تامین این ویتامین می‌باشد.

فواید ویتامین دی

ویتامین D در حال حاضر یکی از داغترین موضوعات در تحقیقات و کلینیک‌ها و همچنین در زندگی روزمره است. طی دهه‌های گذشته، دانشمندان شواهد زیادی را جمع‌آوری کردند که نشان می‌دهد کمبود جهانی ویتامین D نه تنها تأثیر منفی بر سیستم اسکلتی انسان دارد، بلکه توسعه و پیشرفت بیماری‌های متعدد تمدن، از جمله بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت، بیماری خود ایمنی و سرطان را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد.

فرم فعال ویتامین D (۱،۲۵ (OH) ۲D₃، کلسیتریول) از طریق تعامل با گیرنده‌های ویتامین D (VDR)، هموستاز کلسیم فسفات را تنظیم می‌کند. همچنین تأثیر بسزایی در عملکرد صحیح سیستم‌های اسکلتی عضلانی، ایمنی، عصبی و قلبی عروقی دارد. معرفی رژیم‌های غذایی مبتنی بر غذاهای کاملاً فرآوری شده، سبک زندگی در محیط داخلی و اجتناب از آفتاب باعث کمبود جهانی ویتامین D شده است. سطح پایین ویتامین D با کاهش سطح کلسیم به شدت ارتباط دارد، که به نوبه خود منجر به معدنی سازی ناکافی استخوان‌ها با توسعه بعدی راشیتیس در کودکان یا پوکی استخوان در بزرگسالان می‌شود. این نتایج نه تنها در تغییر شکل استخوان، بلکه در حساسیت بالای زمین خوردگی و شکستگی استخوان نیز به وجود می‌آید. بنابراین، مکمل مناسب ویتامین D مطابق با استانداردهای اخیر برای حفظ هموستاز بدن ضروری است. کمبود ویتامین D به طور جدایی ناپذیری با تراکم استخوان‌ها ارتباط دارد، که منجر به افزایش حساسیت به شکستگی می‌شود. یک مطالعه موردی نشان می‌دهد که بین سطح پایین ویتامین D و حساسیت به شکستگی استخوان در بیماران HIV مثبت رابطه وجود دارد. طی مطالعه‌ای بر روی سلول‌های دیسک بین مهره‌ای حاصل از بیماران مبتلا به دیسکوپاتی یا اسپوندیلولیسیتیز یافت شده است که وجود آل‌های خاص چند شکلی تک هسته‌ای (FokI (SNP در ژن گیرنده ویتامین D (VDR) بر تکثیر سلول و پاسخ التهابی تأثیر می‌گذارد.

ویتامین دی و پاسخ ایمنی

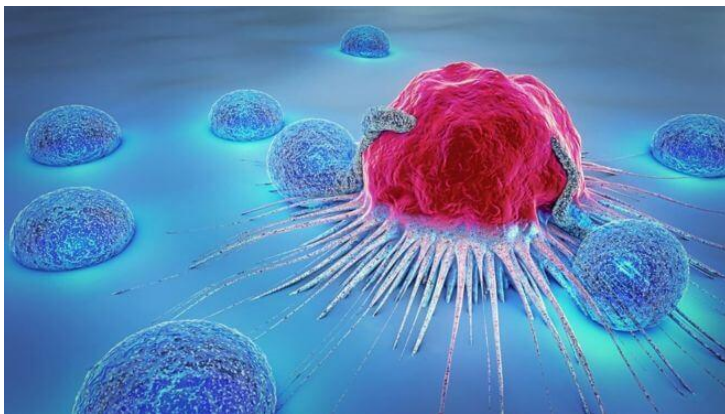


کاملاً ثابت شده است که ویتامین D از تکثیر سولی جلوگیری کرده و باعث ایجاد تمایز در سلول‌های مختلف می‌شود و برای بازسازی سد اپیتلیال و همچنین بلوغ سلول‌های ایمنی ضروری است. به عنوان مثال، لنفوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها و سلول‌های دندریتیک نه تنها VDR را بیان می‌کنند و اهداف مستقیم ویتامین D₃ هستند، بلکه گردش D₃ را از طریق هیدروکسیلاسیون فعال می‌کنند اثرات تعدیل سیستم ایمنی این ویتامین روی سلولی (Th1) و ایمنی هومورال (Th2) مشهود است.

ویتامین D ماکروفاژها و تولید پپتیدهای ضد میکروبی توسط سلول‌های اپیتلیال و ایمنی را فعال می‌کند، که می‌

تواند در ریشه کن کردن عفونت های باکتریایی یا ویروسی ضروری باشد. تعجب آور نیست که وقوع عفونت های دوره ای، مانند آنفلوانزا، اغلب با کمبود ویتامین D در ارتباط است. ویتامین D در پیشگیری و درمان آنفلوانزا موثر است. لازم به ذکر است که تأثیر ویتامین D بر سیستم ایمنی بدن معمولاً به سلول، بافت یا اندام وابسته است. به عنوان مثال، اخیراً پیشنهاد شده است که ویتامین D می تواند در پیشگیری و درمان بیماریهای خود ایمنی مانند مولتیپل اسکلروزیس، دیابت نوع ۱، آرتریت روماتوئید یا لوپوس اریتماتوی سیستمیک (SLR) مفید باشد.

ویتامین دی و سرطان



کاملاً ثابت شده است که سطح پایین ویتامین D با افزایش خطر ابتلا به هر نوع سرطان و کاهش میزان بقا ارتباط دارد، دلیل اصلی این امر افزایش شدت علائم و پتانسیل متاستاتیک بدخیمی است. بحث در مورد اینکه آیا ویتامین D باید فقط به عنوان یک مکمل مصرف شود، یا در پیشگیری استفاده شود، یا اینکه می تواند در درمان اختلالات متعدد نیز مورد توجه

قرار گیرد، بحث و جدال در حال انجام است. با در نظر گرفتن اثرات پلیوتروپیک، تعدیل کننده ویتامین D، سطح سرمی 25-OH D3 باید همیشه به عنوان یک عامل مهم تشخیصی در نظر گرفته شود، به ویژه در مورد کمبود ویتامین D. چندین آزمایش بالینی نیز تأثیرات مثبت مکمل ویتامین D بر سلامت کلی انسان را نشان بدهد که بتوان استفاده احتمالی آن را در درمان چندین بیماری از جمله سرطان پیشنهاد کرد. کمبود ویتامین D اغلب با چندین بیماری عصبی در ارتباط است، زیرا گیرنده ویتامین D در چندین ساختار مغزی از جمله هیپوکامپ، هیپوتالاموس، جسم سیاه و تلاموس بیان می شود. از همه مهمتر، ویتامین D بیان نوروتروفین ها را تنظیم می کند، از جمله فاکتور رشد عصبی (NGF) و انتقال دهنده های عصبی (استیل کولین، دوپامین و اسید گاما آمینوبوتیریک).

ویتامین دی و فیبروم

ویتامین D در درمان تومورهای خوش خیم مانند فیبروم رحم، ناشی از سلولهای عضلانی صاف رحم نیز در نظر گرفته می شود. چند مطالعه بالینی نشان داده است که سطح سرمی پایین ۲۵ (OH) D₃ یا وجود SNPF خاص از ژن های مربوط به ویتامین D در وقوع فیبروم رحم ارتباط دارد. بنابراین، با در نظر داشتن خواص ضد پرولیفراتیو و ضد فیروتیک ویتامین D، محققان اثرات مفید بالقوه آن را نه تنها در پیشگیری، بلکه همچنین در درمان فیبروم رحم پیشنهاد میکنند.

ویتامین دی و آلرژی

ویتامین D دارای اثرات شناخته شده در تکامل ریه و سیستم ایمنی بدن است که امکان دارد در پیشرفت، شدت و طول دوره بیماریهای آلرژیک، مانند حساسیت فصلی آسم، آگزما و آلرژی غذایی مؤثر باشد. کمبود این ویتامین در سراسر جهان شایع است و احتمالاً یک عامل کمک کننده است در افزایش ابتلا به آسم و بیماری های آلرژیک که

طی ۵۰ تا ۶۰ سال اخیر رخ داده است. علاوه بر زمینه ژنتیکی در بروز بیماری های آلرژیک عوامل محیطی و کمبود ویتامین D نیز ممکن است در ایجاد و پیشرفت آلرژی اثر داشته باشد؛ بنابراین درمان با ویتامین D در پیشگیری یا بهبود بیماریهای آلرژیک مؤثر خواهد بود. این ویتامین به طور بالقوه شدت آسم و آلرژی را طریق مکانیسمهای مختلف، از جمله تأثیر در سلولهای ایمنی، بهبود عفونتهای مستعدکننده و پیشگیری از آن، کاهش پاسخ التهابی، بهبود عملکرد ریه، تأثیر در عملکرد عضلات صاف و تغییر مقاومت به استروئید، تحت تأثیر قرار می دهد.

ویتامین دی و بارداری



پروتئین متصل به ویتامین دی (VDBP)، حامل اصلی ویتامین D، اخیراً طی مطالعاتی کشف شده که در سلامت باروری و نتایج حاملگی و بیماری هایی از جمله آندومتريوز، سندرم تخمدان پلی کیستیک (PCOS)، پره اکلایمپسی و دیابت بارداری (GDM) نقش دارد. به طور کلی، سطح پایین غلظت VDBP سرم مادران با ناباروری، آندومتريوز

سندرم تخمدان پلی کیستیک و سقط خود به خودی و همچنین نتایج نامطلوب بارداری از جمله دیابت حاملگی، پره اکلایمپسی، تولد زودرس و محدودیت رشد جنین همراه است. با این حال، افزایش غلظت VDBP در مایع سرویکوواژینال با از دست دادن بارداری راجعه توضیح ناپذیر و پارگی زودرس غشا جنینی در ارتباط است. برخی از انواع ژنتیکی VDBP نیز با این نتایج نامطلوب همراه بوده است. بارداری یک چالش فیزیولوژیکی طبیعی را برای مادر ایجاد می کند، بسیاری از سیستم ها و عملکردهای بدن انسان با این محیط منحصر به فرد اما در نهایت موقتی سازگار است. یکی از این سیستم ها تنظیم ویتامین D و متابولیت های آن است. عملکرد اصلی ویتامین D کنترل جذب کلسیم در روده کوچک است، در کنار هورمون پاراتیروئید (PTH) برای کانی شدن اسکلت و حفظ هموستاز کلسیم در جریان خون کار می کند. تنظیم سیستم ویتامین D همچنین برای عملکردهای خارج اسکلتی از جمله افزایش انقباض سلول های عضلانی، ایمنی، ظرفیت شناختی و سلامت قلب و عروق مهم است. نیازهای ویتامین D در دوران بارداری افزایش می یابد تا با نیازهای فیزیولوژیکی بیشتر در مادر تطبیق یابد، از جمله ایجاد اسکلت جنین و حفظ محیط قابل تحمل برای ساخت بافت های جنین.

کمبود ویتامین D در دوره چالش برانگیز فیزیولوژیکی و متابولیکی بارداری با چندین عامل دیگر نظیر زایمان زودرس، آسم در کودکان و اختلال رشد روانی و شناختی همراه بوده است با این وجود، علی رغم تحقیقات گسترده در مورد ویتامین D در زمینه بارداری، بسیاری از این ارتباطات در ادبیات متناقض گزارش شده است. علاوه بر این، عدم شفافیت در مورد سطح مطلوب ویتامین D در رابطه با نتایج حاملگی منجر به ناهماهنگی در دستورالعمل های طبقه بندی کمبود ویتامین D یا تعریف سطح مکمل های مورد نیاز برای حمایت از بارداری سالم شده است.

ویتامین دی و بهبود تنفس



مکمل ویتامین D خطر ابتلا به عفونت های حاد تنفسی را کاهش می دهد ، در حالی که افراد کمبود ویتامین D و کسانی که دوزهای روزانه یا هفتگی دریافت می کنند بیشترین سود را دارند. آزمایش های کنترل شده تصادفی (RCTs) با کشف پتانسیل ویتامین D برای جلوگیری از عفونت های حاد تنفسی نتایج متفاوتی را به همراه داشته است. طی تحقیق دوسوکور بر روی ۱۱۳۲۱ نفر بین ۰ تا ۹۵ سال مشاهده شد که بین مصرف دوز های متفاوت مکمل ویتامین

d و کاهش خطر عفونت های حاد تنفسی ارتباط مستقیم وجود دارد پس مکمل ویتامین D بی خطر بود و به طور کلی در برابر ARI (عفونت حاد تنفسی) محافظت می کند.

ویتامین دی و سلامت دندان ها

سطح ویتامین D در سلامت دهان و دندان بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. در طول رشد و بزرگسالی ، کمبود ویتامین D با طیف گسترده ای از اختلالات بهداشت دهان و دندان همراه است و اختلال در سنتز ویتامین D ممکن است برخی از این شرایط را تسریع کند. در کودکان ، کمبود شدید سطح ویتامین D می تواند باعث معدنی شدن معیوب دندان و در نتیجه نقص عاج و مینا دندانها شود. در نتیجه ، این نقایص ممکن است خطر شروع و پیشرفت پوسیدگی دندان را افزایش دهد. علاوه بر این ، سطح ویتامین D با شیوع بالاتر پریودنتیت و التهاب لثه مرتبط است و چندین مطالعه بالینی اخیر از مسیره های بالقوه ای که ویتامین D ممکن است با پریودنتوس تعامل داشته باشد ، رونمایی کرده است. اصلاح کمبود سطح ویتامین D از طریق مکمل ممکن است به درمان موفقیت آمیز پریودنتیت کمک کند. با این حال، به نظر می رسد روش های بازسازی استخوان آلوئولار در بیماران مبتلا به کمبود سطح ویتامین D بیشتر مستعد نارسایی است. ویتامین D همچنین ممکن است با برخی از نهادهای آسیب شناسی دهان مانند برخی از سرطان های دهان و حوادث پوکی استخوان فک مرتبط باشد. آخرین توصیه های منتشر شده برای دریافت ویتامین D (۱) $200 \text{ IU} / \text{d}$ برای کودکان و برای بزرگسالان تا ۵۰ سال ، $400 \text{ IU} / \text{d}$ از ۵۰ تا ۷۰ سال و $600 \text{ IU} / \text{d}$ پس از آن است. (افزایش توصیه ها با افزایش سن بیانگر این واقعیت است که ، اگرچه درک می شود که سنتز پوستی در بیشتر افراد اتفاق می افتد، اما کارایی آن سنتز با افزایش سن کاهش می یابد.

ویتامین دی و قند خون



دیابت نوع ۱ و دیابت نوع ۲ با وضعیت پایین ویتامین D ، هم میزان فعلی و هم پیشین مرتبط بوده اند. به عنوان مثال، در یک مطالعه مبتنی بر داده های نظرسنجی بررسی سلامت و تغذیه ملی (NHANES)، شرکت کنندگان بدون سابقه شناخته شده و یا با تشخیص دیابت هنگامی که آن ها از نظر ویتامین دیی پایین بودند بسیار بیشتر احتمال دارد که دارای مقادیر قند خون بالا باشند، چه ناشتا و چه بعد از یک چالش گلوکز، در یک گزارش

جالب از فنلاند، بزرگسالانی که ۲۰۰۰ IU/d ویتامین دیی دریافت کرده بودند در مقایسه با افرادی که چنین مکمل دریافت نکرده بودند، ۸۰ درصد کاهش خطر ابتلا به دیابت نوع یک را داشتند.

نتیجه گیری

باتوجه به اهمیت ویتامین دیی در سلامتی و نبود بیشتر افراد جامعه به این ویتامین، ضروری است فرآورده هایی که مورد مصرف عموم هستند، با این ویتامین غنی سازی شوند اما با در نظر گرفتن عموم افراد جامعه، غنی سازی شیر با ویتامین D محدودیت هایی دارد. این ویتامین علائم و عوارض مشابهی دارد بنابراین توصیه به چکاب سالانه می شود.

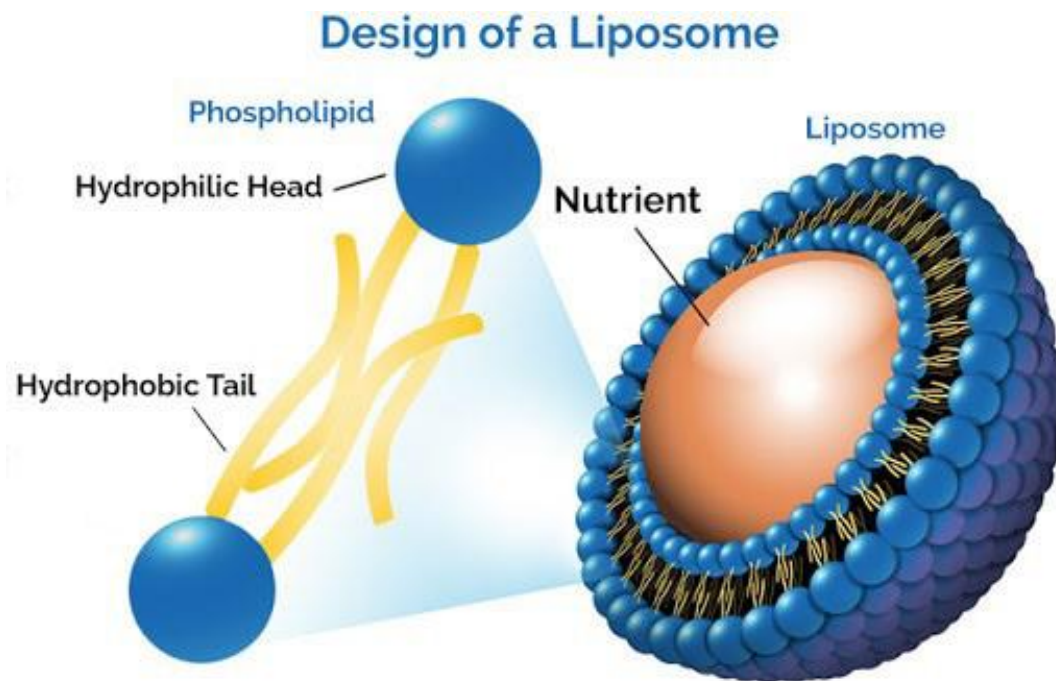
منابع

2. Vitamin Binding protein in pregnancy and reproductive health. Melinda Fernando, Stacey, Ellery, [...] and Agamous
3. vitamin D supplementation to prevent acute respiratory infection: individual participant Duta meta-analysis
4. vitamin D deficiency and oral health: A comprehensive review João Botelho, vanessa Machado, [...] and João Mendes
5. vitamin D in health and disease. Robert Heaney
۶. اثرات پیلوتروپیک ویتامین D بر سلامت و بیماری. محمدفیدونی، محمد صادق نقی زاده، افشین درخشانی، مریم موسوی. دانشگاه علوم پزشکی بیرجند
۷. گروه تحقیقات و توسعه شرکت دامداران
۸. اثر بخشی شیر غنی شده با ویتامین D در بالابردن سطح سرمی این ویتامین. دکتر باقر لاریجانی، دکتر ربابه شیخ والاسلام و همکاران
1. Horlick, M.F.; Chen, T. Vitamin D deficiency: A worldwide problem with health consequences. Am. J. Clin. Nutra. 2008, 87, S1080–S1086. [Crossruff] [PubMed]
2. Yang, L.; Ma, J.; Zhang, X.; Fan, Y.; Wang, L. Protective role of the vitamin D receptor. Cell. Immunol. 2012, 279, 160–166. [Crossruff] [PubMed]
3. Belia, A.; Markovich, C.; D'Amato, M.; Lombardo, M.; Thesauri, M.; Donate, G.; Gentileschi, P.; Laura, D; Federici, M.; Lauro, R.; et al. Serum 25-hydroxyvitamin D levels are inversely associated with systemic inflammation in severe obese subjects. Intern. Emerge. Med. 2011, 8, 33–40. [Crossruff] [PubMed]
4. Foroughi, N.G.; Luan, J.; Cooper, A.; Boucher, B.; Wareham, N.J. Baseline Serum 25-Hydroxy Vitamin D Is Predictive of Future Glycemic Status and Insulin Resistance. Diabetes 2008, 57, 2619–2625. [Crossruff] [PubMed]
5. Marquita, C.; Mousa, A.; Scragg, R.; De Courtin, B. Vitamin D and cardiometabolic disorders: A review of current evidence, genetic determinants and path mechanisms. Obese. Rev. 2018, 20, 262–277. [Crossruff]
6. Girgis, C.M.; Clifton-Bligh, R.; Hamrick, M.W.; Horlick, M.F.; Guntown, J.E. The roles of vitamin D in skeletal muscle: Form, function, and metabolism. Nedcor. Rev. 2013, 34, 33–83. [Crossruff]

7. Mousa, A.; Nader poor, N.; Teide, H.J.; Scragg, R.; De Courtin, B. Vitamin D supplementation for improvement of chronic low-grade inflammation in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutra. Rev.* 2018, 76, 380–394. [Crossruff]
8. Rodriguez, A.; Mousa, A.; Ebeling, P.R.; Scott, D.; De Courtin, B. Effects of vitamin D supplementation on inflammatory markers in heart failure: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sci. Rep.* 2018, 8, 1169. [Crossruff]
9. Martineau, A.R.; Cates, C.J.; Urashima, M.; Jensen, M.; Griffiths, A.P.; Normative, U.; Sheikh, A.; Griffiths, C.J. Vitamin D for the management of asthma. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2016, 2016, CD011511. [Crossruff]
10. Di Marco, N.; Kaufman, J.; Rodda, C.P. Shedding Light on Vitamin D Status and its complexities during pregnancy, infancy and childhood: An Australian perspective. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16, 538. [Crossruff]
11. Horlick, M.F. Vitamin D status: Measurement, interpretation, and clinical application. *Ann. Epidemiol.* 2009, 19, 73–78. [Crossruff] [PubMed]
12. Wang, Y.; Li, H.; Zheng, M.; Wu, Y.; Zeng, T.; Fu, J.; Zeng, D. Maternal vitamin D deficiency increases the risk of adverse neonatal outcomes in the Chinese population: A prospective cohort study. *PloS ONE* 2018, 13, e0195700. [Crossruff] [PubMed]
13. Horlick, M.F. Vitamin D deficiency. *N. Engl. J. Med.* 2007, 357, 266–281. [Crossruff] [PubMed]
14. Reid, I.R. What diseases are causally linked to vitamin D deficiency? *Arch. Dis. Child.* 2016, 101, 185–189. [Crossruff]
15. Mousa, A.; Abell, S.; Scragg, R.; De Courtin, B. Vitamin D in reproductive health and pregnancy. *Semin. Reprod. Med.* 2016, 34, 1–13. [Crossruff]
16. Karris, S.N.; Koufos's, T.; Khoury, H.A.; Kosta, K. Deconvoluting the biological roles of vitamin D-binding protein during pregnancy: A both clinical and theoretical challenge. *Front. Endocrinol.* 2018, 9, 259. [Crossruff]
17. Leong, S.; Di Quindío, M.; Fleming, G.; Premise, M.; Rice, G.; Georgiou, H.M. New biomarkers for the prediction of spontaneous preterm labor in symptomatic pregnant women: A comparison with fetal fibronectin. *BJOG Int. J. Obstet. Gynae Col.* 2014, 122, 370–379. [Crossruff]
18. Leong, S.; Di Quindío, M.; Heng, Y.J.; Fleming, G.; Premise, M.; Rice, G.E.; Georgiou, H.M. Proteomic analysis of human cervicovaginal fluid collected before preterm premature rupture of the fetal membranes. *Reproduction* 2013, 145, 137–147. [Crossruff]
19. Xia, J.; Song, Y.; Rawal, S.; Wu, J.; Hinkle, S.N.; Tsai, M.Y.; Zhang, C.-L. Vitamin D status during pregnancy and the risk of gestational diabetes mellitus: A longitudinal study in a multiracial cohort. *Diabetes Obese. Meta.* 2019, 21, 1895–1905. [Crossruff]
20. Norman, A.W. $1\alpha,25(\text{OH})_2$ Vitamin D₃, vitamin D nuclear receptor (VDR) and plasma vitamin D-binding protein (dip) structures and ligand shape preferences for genomic and rapid biological responses. In *Principles of Bone Biology*; Elsevier BV: Amsterdam, The Netherlands, 2008; pp. 749–778.

21. Horlick, M.F.; Binkley, N.; Bischoff-Ferrari, H.A.; Gordon, C.M.; Hanley, D.A.; Heaney, R.P.; Murad, M.H.; Weaver, C.M. evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: An Endocrine Society clinical practice guideline. *J. Clin. Endocrinol. Meta.* 2011, 96, 1911–1930. [Crossruff]
22. Parker, J.; Hashmi, O.; Dutton, D.; Mavroudis, A.; Strangest, S.; Kandla, N.-B.; Clarke, A.; Franco, O.H. Levels of vitamin D and cardiometabolic disorders: Systematic review and meta-analysis. *Maturitas* 2010, 65, 225–236. [Crossruff] [PubMed]
23. Streeton, E.A.; Levine, M.A. Chapter 98-vitamin D metabolism or action. In Emery and Rimo in's Principles and Practice of Medical Genetics; Remain, D., Perutz, R., Korf, B., Eds.; Academic Press: Oxford, UK, 2013; pp. 1–28
24. Jones, G. Chapter 83—Vitamin D and analogues. In Principles of Bone Biology; Bilzerian, J.P., Raisz, L.G., Martin, T.J., Eds.; Academic Press: San Diego, CA, USA, 2008; pp. 1777–1799.
25. Nyjer, A.; Dragon, D.; Walther, D.; Forum, H.; Jacobsen, C.; Hers, J.; Maslen, F.; Christensen, E.I.; Willow, T.E. An endocytic pathway essential for renal uptake and activation of the steroid 25-(OH) vitamin D₃. *Cell* 1999, 96, 507–515. [Crossruff]
26. Hassan-Smith, Z.K.; Jenkinson, C.; Smith, D.J.; Hernández, I.; Morgan, S.A.; Crabtree, N.J.; Gittoes, N.J.; Keevil, B.G.; Stewart, P.M.; Hewson, M. 25-hydroxyvitamin D₃ and 1,25-dihydroxyvitamin D₃ exert distinct effects on human skeletal muscle function and gene expression. *PloS ONE* 2017, 12, e0170665.
27. Wang, Y.; Zhu, J.; DeLuca, H.F. Where is the vitamin D receptor? *Arch. Biochem. Biophys.* 2012, 523, 123–133 [Crossruff] [PubMed]
28. Reid, I.R. Towards a trial-based definition of vitamin D deficiency. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2016, 4, 376–377 [Crossruff]
29. Peris, P.; Fidela, X.; Donegal, A.; Guanabanas, N.; Fog, L.; Bonet, M.; Boquete, D.; Casado, E.; Cerda, D.; Era, A.; et al. Comparison of total, free and bioavailable 25-OH vitamin D determinations to evaluate its biological activity in healthy adults: The Lab scat study. *Osteoporosis. Int.* 2017, 260, 245–2464. [Crossruff]
30. Rosen, C.J.; Abrams, S.A.; Alaia, J.F.; Brannon, P.M.; Clinton, S.K.; Durazzo-Arvizu, R.A.; Gallagher, J.C.; Gallo, R.L.; Jones, G.; Kovacs, C.S.; et al. IOM Committee Members Respond to Endocrine Society Vitamin D Guideline. *J. Clin. Endocrinol. Meta.* 2012, 97, 1146–1152. [crossruff]
31. Catharine Ross, A.Y.; Heather, B.; Del, V. Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D, in Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium; National Academies Press (US) Institute
32. Newson, C.; McGrath, J.J.; Ebeling, P.R.; Hauerwas, A.; Daly, R.M.; Sanders, K.M.; Seibel, M.; Mason, R.S. Vitamin D and health in adults in Australia and New Zealand: A position statement. *Med. J. Aust.* 2012, 196, 686–687. [crossruff]
33. Mousa, A.; Miso, M.; Teide, H.J.; Scragg, R.; De Courtin, B. Effect of vitamin D supplementation on inflammation: Protocol for a systematic review. *BMJ Open* 2016, 6, e010804. [Crossruff]

34. Horlick, M.F. Vitamin D deficiency in 2010: Health benefits of vitamin D and sunlight: A d-bate. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2011, 7, 73–75. [Crossruff]
35. Prentice, A. Vitamin D deficiency: A global perspective. *Nutra. Rev.* 2008, 66, S153–S164. [Crossruff] [PubMed]
36. Daly, R.M.; Gagnon, C.; Lu, Z.X.; Magliano, D.J.; Dunstan, D.W.; Shikaris, K.; Zimmer, P.; Ebeling, P.R.; Shaw, J.E. Prevalence of vitamin D deficiency and its determinants in Australian adults aged 25 years and older: A national, population-based study. *Clin. Endocrinol.* 2012, 77, 26–35. [Crossruff] [PubMed]
37. Gill, T.K.; Hill, C.; Shanahan, E.M.; Taylor, A.W.; Appleton, S.L.; Grant, J.F.; Shi, Z.; Grande, E.D.; Price, K.; Adams, R.J. Vitamin D levels in an Australian population. *BMC Public Health* 2014, 14, 1001. [Crossruff] [PubMed]
38. Subfebrile, J.-C. Epidemiology of vitamin-D deficiency. *Geriatric Psychol. Neuropsychiatry. Viellissement* 2016, 14, 7–15. [Crossruff]
39. Parva, N.R.; Gadepalli, S.; Singh, P.; Qian, A.; Joshi, R.; Kandla, H.; Nakala, V.K.; Cherith, P. prevalence of vitamin D deficiency and associated risk factors in the US population (2011–2012). *Cureus* 2018, 10, e2741. [Crossruff]



ریزیوشانی مواد غذایی و کاربرد آن در صنعت غذا

تینا عالیقدری (دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی)

کپسوله کردن یک سری مراحل به فعالیت درآوردن عامل می‌باشد که مطابق با یک برنامه مناسب و با ابزار کاربردی برای ارتقاء دادن فعالیت حیاتی مولکولها و زندگی سلولی درون غذاها به کار برده می‌شود. مواد پرکاربرد و مورد استفاده برای طراحی نگهداری پوسته کپسول باید براساس ارزش نسبی غذا، هضم غذا و توانایی تشکیل یک مانع میان فاز درونی و محیط اطرافش باشد، پلی ساکاریدها پر کاربردترین مواد جهت استفاده در فرایند کپسولاسیون می‌باشند. همچنین پروتئین‌ها و لیپیدها برای کپسوله کردن مناسب اند. خشک کردن پاششی به دلیل قابلیت انعطاف و مستمر بودن یکی از گسترده ترین تکنیک‌های مورد استفاده در صنعت کپسولاسیون می‌باشد. اما جنبه ی اقتصادی و به صرفه بودن آن نیز بایستی مد نظر قرار گیرد. پوشش دهی به کمک کیسه‌های کوچکی از سیکلودکسترین‌ها جزء گران‌ترین تکنولوژی‌ها هستند و از این جهت کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف از این تکنولوژی ممکن است دستیابی به موانعی میان ساختار فعالیت‌های حیاتی حساس و محیط باشد تا از این طریق بتوان به راهکارهایی همچون اجازه تست کردن و مزه‌دار کردن و دادن رایحه‌های مختلف، پنهان کردن مزه یا بوی بد، تثبیت کردن عناصر غذا یا افزایش بیشتر قابل دسترس‌پذیری عوامل حیاتی آن دست یافت. یکی از مهم ترین عوامل یا دلایل برای کپسوله کردن برای تثبیت فعالیت عناصر غذایی، تدارک مرحله‌ای برای ارتقاء پایداری غذا در آخرین مراحل تولید و در طول مراحل آن می‌باشد. از مزایای دیگر کپسوله کردن، تبخیر کم و تنزل لطافت فعالیت‌ها مانند رایحه‌های غذایی است. از این گذشته کپسوله کردن برای ازبین بردن احساسات و حس‌های بد موقع غذا خوردن، همانند مزه و بوهای نامطبوع استفاده می‌شود. اگرچه دستیابی به

اهداف دیگری همچون ممانعت واکنش‌ها با دیگر اجزاء و ترکیبات در محصولات غذایی، از جمله اکسیژن با آب، ثابت کردن سلولها یا آنزیم‌ها، در کاربردهای پردازش غذایی از جمله مراحل تخمیر و مراحل دگرگونی محصولات نیز می‌تواند مدنظر باشد.

کپسوله کردن، ممکن است اینگونه تعریف شده باشد، که یک پروسه برای به دام انداختن یک عامل فعال درون دیگر ترکیبات دیواره ای است. مواد پوشانیده شده، به جز عامل فعال، می‌تواند هسته، مواد پرکننده و ... باشد، موادی که برای دیواره کپسول به کار می‌روند پوشش، پوسته خارجی، فاز خارجی و یا ماتریکس نامیده می‌شوند. کپسوله کردن یک ابزار کاربردی است برای ارتقاء تحویل فعالیت‌های حیاتی ملکول‌ها (مانند: آنتی اکسیدان مواد معدنی، ویتامین‌ها، فیتواسترول‌ها، لوسئین، اکسیدهای اسیدهای چرب و سلول‌های زنده (مانند: پروبیوتیک) درون غذاها. در بیشتر موارد کپسولاسیون شامل یک تکنولوژی می‌باشد که در طی آن ترکیبات بیواکتیو به طور کامل توسط مواد دیواره ای پوشانیده شده و در واقع می‌توان آن را تعریفی از یک بسته‌بندی مطمئن دانست و مایعات و مواد گازی در کپسول‌های کوچک که محتویات آنها در سرعت کنترل شده بسیار طولانی و تحت وضعیت خاص پخش شده است. ذره تولید شده، ضخامتی بین نانومتر (nm) تا میلی‌متر (mm) دارد. کپسوله کردن به طور کلی در محیط نشان داده می‌شود. این قبیل تکنولوژی‌ها تقریباً در ۶۰ سال قبل توسعه یافتند. آنها برای پخش دارویی مخصوصاً برای داروها و واکسن‌ها بهره‌ی عمده ای می‌برند. ولی با این وجود، آنها با صنایع غذایی مرتبط هستند. در سال‌های اخیر صنایع غذایی به افزایش چندین وظیفه در محصولات نیاز داشت. بنابراین، کپسوله کردن یک نگرش برای حفاظت آنها تحمیل می‌کند. چندین وظیفه هستند که برای کنترل مزه، رنگ، بافت یا مواد نگهدارنده بسیار پرکاربرد می‌باشند. همچنین تعدادی فعالیت زیست محیطی با چندین پتانسیل، مزایای سلامتی به حساب می‌آیند. تعداد زیادی از مزایای ممکن برای عناصر کپسوله شده در صنایع غذایی وجود دارد، کپسوله کردن ارزیابی می‌شود تا محافظت پایداری در فعالیت‌های زیست محیطی در طول دوره پروسه، ذخیره‌سازی و پیشگیری از اثرات متقابل نامطلوب با محل پیدایش غذا داشته باشد.

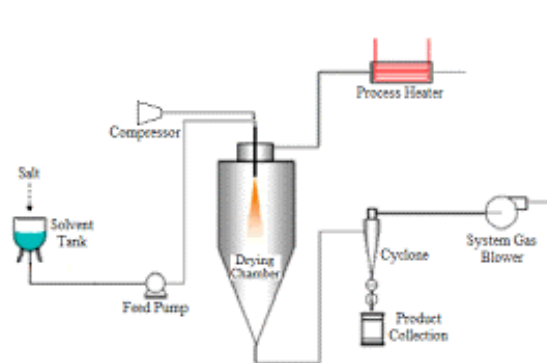
۱. انواع روش‌های ریزپوشانی

ترکیبات غذایی، اسیدی، شیرین‌کننده، طعم‌دهنده، رنگ‌دهنده، لیپیدها، ویتامین‌ها، مواد معدنی، آنزیم‌ها و میکروارگانیسم‌ها و... و با استفاده از روش‌های مختلف می‌توانند ریزپوشانی شوند. در این فرایندها سه هدف عمده دنبال می‌شود: تشکیل دیواره‌ی مناسب اطراف ماده‌ی مورد نظر، جلوگیری از تراوش و نفوذ ماده ریزپوشانی شده به سطح کپسول در حین نگهداری، ممانعت از تماس و واکنش عوامل محیطی با هسته. به طور کلی روش‌های ریزپوشانی شده به دو گروه فیزیکی و شیمیایی طبقه بندی می‌شوند. در روش‌های فیزیکی از خشک کردن پاششی، خشک کردن انجمادی، پوشش دهی بستر سیال، اکستروژن، سرد کردن پاشش و در روش‌های شیمیایی از روش کوآسرواسیون (تکنیک تفکیک فازها) و روش تبلور (کو کریستالیزاسیون) استفاده می‌شود.

۲. خشک کردن پاششی

اصول کلی و ابتدایی خشک کردن پاششی توسط مسترز در سال ۱۹۷۹ پایه گذاری شد. روش خشک کردن پاششی یکی از رایج ترین و متداول ترین روش‌های ریزپوشانی است که برای اولین بار جهت تولید شیر خشک به کار گرفته شد. در حالت چربی شیر به عنوان ماده‌ی هسته توسط مخلوطی از مواد دیواره مانند لاکتوز و پروتئین‌های شیر پوشش داده شده و در برابر اکسایش محافظت می‌شود. کربوهیدرات‌هایی مانند نشاسته‌های اصلاح شده، مالتو دکسترین‌ها، صمغ‌ها و پروتئین‌ها (پروتئین اب پنیر، کاربئات‌ها و ژلاتین) از جمله مواد دیواره

ای هستند که در این روش خشک کردن مورد استفاده قرار می‌گیرند. راندمان ریزپوشانی توسط خشک کردن پاششی به نوع ماده ی معطر، دمای فرایند، قدرت امولسیون کنندگی و قابلیت تشکیل فیلم دیواره، رطوبت نهایی ریزکپسول‌ها و رطوبت هوای خروجی از خشک کن بستگی دارد. به طور کلی مواد معطره با فراریت و قطبیت کمتر و وزن مولکولی بالاتر، ماندگاری بیشتری در کپسول‌های حاصله توسط خشک کن پاششی دارند. ترکیبات فراری مانند استالید، دی استیل، دی متیل سولفید و اتانل ممکن است به صورت جزئی در حین فرایند از دست بروند. جهت رفع این مشکل می‌توان از غلظت‌های بالاتری از این مواد استفاده کرد. این روش بیشتر برای تهیه افزودنی‌های غذایی به شکل پایدارو خشک شده، اجزای عملگر و معطره، اسانس‌ها و روغن‌های با مصارف خاص به کار می‌رود. در سال ۱۹۳۰، طعم دهنده‌ها توسط خشک‌کن پاششی و با استفاده از صمغ آگاسیا ریزپوشانی شدند. خشک کردن پاششی از لحاظ اقتصادی، مقرون به صرفه و ارزان است و ذراتی با کیفیت خوب تولید می‌کند. در بین روش‌های خشک کردن، فرایند خشک کردن پاششی، مواد فرار بیشتری را می‌توان داخل کپسول نگهداری نمود. مایع اولیه تزریق شده در خشک کن پاششی می‌تواند به صورت امولسیون، محلول یا سوسپانسیون باشد. با توجه به شرایط دستگاه (مانند سرعت پمپ، درجه حرارت ورودی و خروجی) می‌توان پودرهایی با اندازه ذرات ریز (۵ تا ۱۰ میکرومتر) یا درشت (۲ تا ۳ میکرومتر) تولید کرد. کارایی ریزپوشانی توسط خشک کن پاششی به عوامل زیادی از جمله مقدار ماده جامد، وزن مولکولی، اندازه قطرات امولسیون، گرانی و عوامل وابسته به فرایند شامل سرعت جریان خوراک، دمای ورودی و خروجی، سرعت جریان گاز و... بستگی دارد. در ریزپوشانی با روش خشک کردن پاششی، ابتدا امولسیونی از مواد هسته و دیواره تهیه می‌شود. بدین منظور مواد دیواره باید به درستی انتخاب شوند و باید قابلیت تشکیل فیلم را دارا باشند. همچنین، در میزان بالای مواد جامد، گرانی پایی داشته باشند، قدرت جذب رطوبت آنها پایین باشد و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشند. هیدروکلوئیدهای غذایی مانند ژلاتین، نشاسته اصلاح شده، صمغ‌های گیاهی، دکسترین و... به عنوان مواد دیواره مناسب می‌باشند. پس از انتخاب ماده دیواره، این ماده با آب هیدراته شده و با ماده هسته معمولاً به نسبت ۴ به ۱ مخلوط می‌شوند و پس از هموژنیزه شدن به خشک کن پاششی تغذیه می‌شود. محلول تزریقی از طریق نازل بصورت ذرات ریز به داخل محفظه خشک کن پاشیده می‌شود. کپسول‌ها پس از سقوط به پایین خشک کن، جمع آوری می‌شوند. در این روش، دماهای مورد استفاده برای خشک کردن بالا می‌باشد (دمای ورودی ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد و دمای خروجی ۹۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد).



۳. خشک شدن انجمادی (لیوفیلیزاسیون)

خشک کردن انجمادی (لیوفیلیزاسیون) روشی است که عمدتاً جهت ریزپوشانی مواد حساس به حرارت، مواد فعال زیستی، اسان اسانس‌های محلول در آب و آروما‌های طبیعی و همچنین برای داروها به کار می‌رود. به دلیل اینکه این فرایند در دما و فشار پایین انجام می‌گیرد، میزان راندمان ریزپوشانی در آن بالاست. اساس این

روش بدین صورت است که در ابتدا نمونه حاوی ترکیب مورد ریزپوشانی در دماهای بین ۴۰- و ۹۰- منجمد شده و سپس یخ حاصله تحت خلاء تصعید می‌شود.

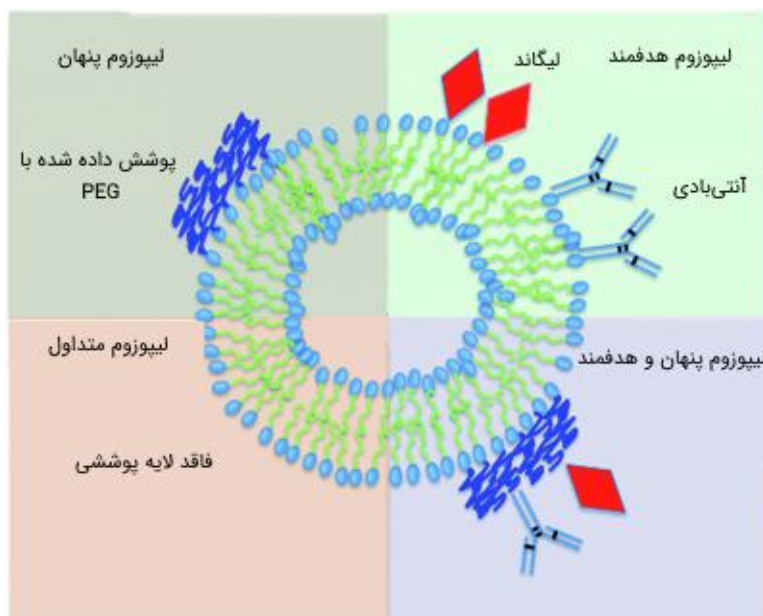


پودر حاصله پس از خشک کردن به شکل توده ای اسفنجی و متورق می‌باشد که در صورت نیاز به ذرات کوچکتر، آسیاب می‌گردد. از جمله معایب این روش، طولانی بودن زمان فرایند، بالا بودن هزینه‌های تولید و مصرف انرژی بالاست که در مقایسه با روش خشک کردن پاششی، این روش ۳۰ تا ۵۰ برابر پرهزینه تر است. بنابراین از این روش برای ترکیبات و اجزای گران قیمت استفاده می‌شود. به منظور خشک کردن انجمادی، دوره خشک کردن طولانی، حدود ۲۰ ساعت مورد نیاز می‌باشد. کل فرایند در دما و فشار پایین انجام می‌شود. در صورت کاهش وزن مولکولی مواد دیواره (کربوهیدرات) و افزایش مواد جامد محلول (تا حدود ۲۰ درصد)، راندمان محصور سازی طعم افزایش می‌یابد. دیسو بری و همکاران (۱۹۹۷)، سه روش مختلف خشک کردن (خشک کردن پاششی، خشک کردن انجمادی و خشک کردن غلطکی) را بر میزان ابقای بتاکاراتن ریزپوشانی شده با مالتو دکستروز با درجه هیدرولیز ۲۵ مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد خشک کردن غلطکی بهترین روش خشک کردن (حفظ ۵۰ درصد بتاکاروتن) بود و پس از آن خشک کن انجمادی (بیش از ۳۵ درصد حفظ بتاکاروتن) و خشک کن پاششی (حفظ بیش از ۲۰ درصد بتاکاروتن) قرار داشتند. تاثیر انواع مختلف مالتو دکستروز (شربت جامد گلوکز، فیلدوز و پاسیلی) و روش‌های مختلف خشک کردن (انجمادی و پاششی) بر خصوصیات حسی و فیزیکی شیمیایی طعم دوریان ریزپوشانی شده، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش خشک کردن انجمادی و استفاده از شربت جامد گلوکز به عنوان ماده ی دیواره باعث حفظ بهتر خصوصیات فیزیکی شیمیایی (رطوبت، چربی، میزان توده ای شدن، ساختار و...) و حسی (آروما، ظاهر و...) می‌گردد. ریزپوشانی لیمون در سیستم صمغ عربی- ساکارز- ژلاتین (نسبت وزنی ۱:۱:۱ توسط خشک کردن انجمادی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی نشان داد که ماده طعمزای ریزپوشانی شده، ساختاری شبیه پولک، بدون گودی و تو رفتگی و چروکیدگی داشت.

مطالعات انجام شده توسط فلینک و کارل (۱۹۷۰) و بومین و همکاران ۱۹۷۳ نشان داد که حفظ ترکیب فرار در طول فرایند خشک کردن انجمادی به ترکیب مواد دیواره و هسته وابسته است بیشترین حفاظت از ماده هسته در صورت استفاده از کربوهیدرات‌های با وزن مولکولی کم و همچنین تغلیظ ماده جامد محلول تا ۲۰ درصد حاصل شد.

بیرائو دا کوستا و همکاران ۲۰۱۰، روغن‌های ضروری پونه کوهی را در ماتریکس‌های مختلف شامل نشاسته، ژلاتین/سوکروز و اینولین و با دو روش خشک کردن (انجمادی و پاششی) ریزپوشانی کردند.

۴. تقسیم بندی ریز پوشانی (بر اساس اندازه ذرات)



نانوکپسولاسیون (اندازه ذرات کمتر از ۱ میکرون)

میکروکپسولاسیون (اندازه ذرات بین ۱ تا ۱۰۰۰ میکرون)

ماکروکپسولاسیون (اندازه ذرات بیشتر از ۱۰۰۰ میکرون)

۵. کاربرد انکپسولاسیون در فراورده‌های لبنی



ماندگاری پروبیوتیک‌ها در فرآورده‌های لبنی

تعداد مطلوب باکتری‌های فعال، یا به اصطلاح دارای حداقل اثر درمانی، باید به طور منظم توسط مصرف کنندگان استفاده شود تا دارای اثر پروبیوتیکی باشد.

ریزپوشانی جهت افزایش قابلیت ماندگاری میکرو ارگانیسم‌ها در فرآورده‌های لبنی شامل پنیر، ماست و دسرهای منجمد می‌باشد.

۶. کاربرد ریز پوشانی در صنعت نانوائی

ریزپوشانی عوامل ضد میکروبی مانند سوربات ها، پروپیونات ها و ناتامایسین



ریزپوشانی مواد طعم‌زا، جهت به تأخیر انداختن افت طعم طی پخت و یا برهم کنش‌های نامطلوب با ترکیبات خمیرمانند دارچین، میخک و جوز هندی که دارای اثر منفی بر خمیرهای عمل آمده با مخمر می‌باشند. ریزپوشانی ترکیبات شیرین‌کننده مانند آسپارتام که از نظر حرارتی پایدار باشد.

۷. کاربرد انکپسولاسیون در بسته‌بندی مواد غذایی

آمیختن عوامل ضد میکروبی، مواد دفع‌کننده حشرات و جوندگان، ایجاد بوی خوش و معطر و نیز سیستم‌های رهایش ماده طعم‌زا، رنگ‌دانه‌ها، رنگ‌ها، جوهرها و نشان‌گرهای زمان - دما در ترکیب مواد اصلی بسته‌بندی مثال‌های مهم فرآیند ریزپوشانی در بسته‌بندی مواد غذایی می‌باشند.

۸. منابع

[۱] آکادمی علمی ایکاد

[2] <https://www.icadacademy.com/course->

[3] <https://magirans.com/>



انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، فرصت‌ها و راهکارها

کوثر آقاعزیزی (دانشجوی کارشناسی رشته علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی)

چکیده

انرژی‌های تجدیدپذیر دربرگیرنده منابع متنوع و مختلفی بوده که از انرژی‌های قابل دسترس و طبیعی به وجود می‌آیند با توجه به اینکه این انرژی‌ها خیلی ایده آل نیستند اما استفاده از آن‌ها سبب اشتغال زایی و کاهش مصرف فرآورده‌های نفتی شده و نیز موجب کاهش میزان آلاینده‌گی محیط زیست می‌شود. چشم انداز استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور ما نیز همانند دیگر کشورهای توسعه یافته از اهمیت زیادی برخوردار بوده به طوریکه در برنامه پنجم توسعه دولت برنامه ریزی لازم را صورت داده لذا با توجه به سیاست‌های جهانی گسترش این انرژی‌ها در کشور ما به منظور ایجاد اشتغال و حل مشکلات اجتناب ناپذیر خواهد بود بررسی‌های انجام شده در این رابطه حاکی از این بوده که توسعه بهره‌گیری از انرژی‌های نو می‌تواند نقش بسزایی در بالا رفتن درجه امنیت سیستم انرژی کشور اجرا نماید. در این مقاله ضمن معرفی شکل‌های مختلف این نوع انرژی از جمله انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی زیست توده، انرژی جاذبه ماه و انرژی زمین گرمایی به بررسی میزان سهم کشورها از این انرژی‌ها، توسعه تکنولوژی‌های انرژی تجدیدپذیر و تاثیر آن در ابعاد اجتماعی و اقتصادی، راهکارها و راهبردها در کشور توجه شده که امکان دسترسی به انرژی‌های مختلف در کشور را فراهم مینماید. لذا بر اساس اطلاعات موجود میتوان یک برنامه مناسب استراتژیک برای گسترش این نوع انرژیها در کشور تنظیم واقدمات مؤثری را انجام داد.

۱. مقدمه

با توجه به توسعه کشورها میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نیز در این کشورها رو به افزایش بوده به شکلی که یکی از شاخص‌های تعیین توسعه‌یافتگی، مصرف انرژی محسوب می‌شود. طبق برنامه‌ریزی‌های انجام شده این نوع انرژی با گذشت زمان سهم بیشتری در تأمین انرژی ایجاد می‌نماید.

بستر مناسب برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در تمام کشورها، وجود بسترهای مناسب جهت سرمایه‌گذاری، سیاست‌گذاری و حمایت‌های دولتی خلاقانه و انتقال تکنولوژی به کشورهای در حال توسعه تلقی می‌شود.

صنایع انرژی تجدیدپذیر در حال حاضر در نقطه گذار قرار گرفته است و از جهت فنی، توانایی ارائه آنها وجود دارد، لذا با وجود معضل جهانی گرمایش زمین و پس از اتمام منابع فرآورده‌های نفتی کمک شایانی به پیشبرد منافع ملی کشورهای توسعه یافته خواهند نمود. این صنایع با سرمایه‌گذاری در زمینه تکمیل و توسعه تکنولوژی‌های بازیافت انرژی می‌توانند کشورها را به بهره‌وری برسانند.

۲. انرژی‌های تجدیدپذیر

بنظر می‌رسد سه عامل اساسی در گسترش کشتش بازار به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد که اولین مورد امنیت انرژی ملی می‌باشد. بررسیها نشان می‌دهد که استفاده از نفت روبه افزایش بوده و به زودی بیشتر از تولید بالای داخلی خواهد شد بطوریکه کشورهای پیشرفته را به طور رو به افزایشی به بازارهای نفت وابسته خواهد نمود و نتیجه این امر آسیب پذیری اقتصاد کشورهای غربی در برابر هر نوع اختلال در واردات نفت خواهد بود.

سرعت رشد کشورهای در حال توسعه فشار زیادی بر بازارهای نفتی جهانی وارد می‌نماید. بطوریکه با گذشت زمان وضعیت بدتر و حادثر خواهد گردید بنابراین انرژی تجدیدپذیر به کشورهای توسعه یافته کمک خواهد نمود که از منابع داخلی انرژی استفاده نموده و در نتیجه سبب کاهش نیاز آن به سوخت‌های فسیلی شود.

عامل اصلی مشکلات موجود درباره‌ی انرژی تجدیدپذیر، نگرانی در رابطه با تغییرات جوی است. انرژی تجدیدپذیر قابلیت دارد نیاز به انرژی را تأمین نموده و همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد. گازهای گلخانه‌ای نیز همچون دی‌اکسید کربن و متان بطور منظم در لایه نازک جو تراکم پیدا می‌کند و این تراکم گازها مداوماً موجب افزایش درجه حرارت زمین خواهد شد. متأسفانه افزایش درجه حرارت اثرات منفی و بالقوه وحشتناکی را به بار خواهد آورد در نتیجه باید اقداماتی برای جلوگیری از آن انجام شود که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بدون کربن از جمله این راهکارها خواهد بود.

متأسفانه توجه به انرژی‌های نو در ایران طی چند دهه اخیر بیشتر در حد مطالعه و پیگیری فعالیتهای سایر کشورها بوده خوشبختانه در سالهای اخیر با نصب توربینهای بادی و نیروگاه خورشیدی استفاده از این نوع انرژیها بهبود یافته اگرچه هنوز پتانسیلهای بکارگیری از این نوع انرژیها در ایران کامل نشده لیکن با منطقی شدن قیمت حاملهای انرژی امکان استفاده از این انرژیها میسر خواهد شد. در این زمینه لازم است برنامه مدون و استراتژیک بکارگیری روشهای مختلف انرژی‌های نو با توجه به شرایط کنونی و توان بالقوه موجود بمنظور رسیدن به سهم مناسب از تأمین انرژی طی تنظیم یک برنامه ریزی زمانبندی شده در دستور کار قرار گیرد در این مقاله امکان دسترسی به انرژی‌های متنوع در کشور مورد پیگیری واقع خواهد شد تا بتوان بر اساس آن به یک چارچوب برنامه مناسب استراتژیک برای توسعه انرژی‌های نو در کشور اقدامات مؤثری را صورت داد.

۲-۱. توسعه جهانی انرژی‌های تجدیدپذیر

انرژی تجدیدپذیر، انرژی سودمندی است که از منابع تجدیدپذیر به دست می‌آید که در مقیاس زمانی انسانی به‌طور طبیعی دوباره جایگزین می‌شوند. از جمله این منابع می‌توان به منابع خنثی کربنی (منابعی با انتشار کربن صفر) مانند نور خورشید، باد، باران، جزر و مد، امواج و گرمایش زمین‌گرمایی اشاره کرد. این اصطلاح بیشتر زیست‌توده را نیز در بر می‌گیرد که وضعیت خنثی کربن آن مورد بحث است. این گونه از منبع انرژی در برابر سوخت‌های فسیلی قرار دارد که بسیار سریعتر از تجدید مصرف می‌شوند. حدود ۳۰ کشور در سراسر جهان وجود دارند که در سطح ملی حداقل ۲۰٪ از انرژی خود را از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین می‌کنند. اکنون حداقل دو کشور، یعنی ایسلند و نروژ همه برق مورد نیاز خود را با به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر تولید می‌کنند و بسیاری از کشورهای دیگر هدف خود را برای رسیدن به ۱۰۰٪ انرژی تجدیدپذیر در آینده تعیین کرده‌اند.

در حال حاضر انرژی‌های تجدیدپذیر توسعه خوبی در دنیا پیدا کرده و در این شرایط در ایران تاکنون ۶۵۴ مگاوات برق از طریق نیروگاه‌های تجدیدپذیر تولید شده که این میزان کمتر از یک درصد کل ظرفیت برق ایران است.

بیش از ۵۰ درصد از ظرفیت نیروگاه‌های نصب شده برق در آلمان تجدیدپذیر است و با وجود پیشرفتی که این کشور تاکنون در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر داشته، قصد دارد تا سال ۲۰۳۰، ظرفیت نیروگاهی تجدیدپذیر خود را به بیش از ۶۵ درصد برساند.

انرژی‌های تجدیدپذیر دارای سریعترین رشد انرژی در کشورهای پیشرفته می‌باشد که از ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ حدود ۱۰۰ درصد افزایش یافته است.

انرژی‌های تجدیدپذیر بیش از ۱۷ درصد از تولید خالص برق کشورهای توسعه یافته در سال ۲۰۱۹ را تشکیل داده‌اند که عمده آن از انرژی برق (۷/۰ درصد) و نیروی باد (۶/۶ درصد) است.

وقتی صحبت از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود، موارد مثبت بیشتر از منفی‌ها هستند. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح شخصی، شرکتی یا دولتی نه تنها به شما در صرفه‌جویی در هزینه کمک می‌کند بلکه باعث ایجاد محیطی سالم و تمیز برای آینده می‌شود.

۲-۲. تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر

در حال حاضر حداقل تعداد ۱۰۵ کشور انواع مختلفی از اقدامات خود را در راستای توسعه تولید برق تجدیدپذیر صورت داده‌اند که مهم‌ترین و رایجترین شکل اقدامات و سیاست‌گذاریها شامل موارد زیر می‌باشد.

۱. تعیین تعرفه خرید برق تضمینی در نزد مصرف‌کنندگان

۲. تعیین سهم انرژی‌های نو از سبد انرژی کشور

۳. تعیین یارانه سرمایه‌گذاری اولیه یا اهدای امتیاز به مصرف‌کننده

۴. تأمین اعتبارات مالیاتی سرمایه‌گذاری و سایر اعتبارات مالیاتی

۵. اهدای معافیت از مالیات یا معافیت از مالیات ارزش افزوده

۶. داد و ستد گواهی نامه‌های سبز ناشی از استفاده از انرژی‌های نو

۷. شبکه میترینگ و اقدامات مناسب تولید برق

۸. سرمایه‌گذاری مستقیم دولت در این بخش

۹. برگزاری مناقصات عمومی برای تولید برق مناسب

در این زمینه اقدامات مشروحه زیر نیز ضروری بوده است.

خرید تضمین شده برق تولیدی: در اوایل سال ۲۰۱۰ این نوع سیاستگذاری و اقدامات تشویقی دولت‌ها در بیش از ۵۰ کشور جهان مورد استفاده قرار گرفته و بیشترین سهم و تاثیر آن در توسعه برق بادی و پس از آن در ارتقای سطح نوآوری و میزان سرمایه‌گذاری بر سیستمهای برق بوده در این رابطه تنوع و ایجاد تغییرات در تعرفه خرید برق تضمینی وجود داشته که هم اکنون نیز استمرار دارد.

تعیین سهم انرژی‌های نو از سبد انرژی کشور: اقدامات تعیین سهم انرژی‌های نو از سبد انرژی کشور در سطح شهرستانها و استانها در برخی از کشورها در حدود ۱۰ کشور در سطح ملی وجود دارد. قسمت اعظم این سهم تعیین شده در بازه ۲۰/۵ درصد و با چشم انداز سالهای ۲۰۱۲-۲۰۱۵-۲۰۲۰-۲۰۲۵ پیش بینی گردیده است.

محاسبه یارانه سرمایه‌گذاری در مراحل اولیه و همچنین اهدای امتیاز تأمین اعتبارات، معافیت مالیاتی سرمایه‌گذاری یا معافیت از مالیات ارزش افزوده خود از نکات بارز می‌باشد. غالباً یارانه سرمایه‌گذاری اولیه بصورت مستقیم میسر بوده لیکن اهدای امتیازات یا تخفیف‌ها در برخی از کشورها اعمال شده و تأمین اعتبار مالیاتی سرمایه‌گذاری کاهش هزینه گمرک واردات و سایر موارد معافیت از مالیات نیز به عنوان حمایت مالی در بسیاری از کشورها در سطح ملی رایج بوده است.

اعتبار مالیاتی تولید برق: تأمین اعتبارات و تخصیص بودجه ویژه تولید انرژی که در بعضی از کشورها لحاظ شده این اعتبار غالباً مبلغ ثابتی به ازای کیلووات ساعت بوده یا درصدی از دیگر تعرفه‌های خرید برق شرکتی برق منطقه ای یا میزان پایه تعرفه می‌باشد در بعضی کشورها از اعتبار مالیاتی تولید برق جهت سیاستگذاری توسعه برق تجدیدپذیر استفاده می‌شود.

تاسیس صندوقهای ویژه انرژی‌های تجدیدپذیر: در برخی کشورها صندوقهای ویژه انرژی‌های نو راه اندازی شده تا نسبت به تأمین هزینه‌های سرمایه‌گذاری احداث نیروگاههای تجدیدپذیر و وامهای با بهره کم و همچنین کمک به بازار تحقیق و توسعه استانداردها اقدام نماید که توصیه می‌شود این امر در کشور ما نیز میسر گردد.

برگزاری مناقصات عمومی اصولاً در احداث اینگونه نیروگاهها بسیار مؤثر می‌باشد. از دو دهه اخیر در برخی کشورها انجام مناقصات عمومی الزامی بوده و همچنین سیاست امتیاز انحصاری برای برق بادی در چین در سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ با انجام دوره‌های مناقصات سالیانه به مدت ۵ سال به نصب ۳/۴ گیگاوات ظرفیت جدید منجر شد که می‌تواند تجربه مناسبی برای سایر کشورها باشد اگرچه طرح خرید تضمینی برای حمایت پروژه‌ها از این سیاست پیشی گرفت انجام مناقصات عمومی در سایر کشورها جهت استفاده از انرژی‌های خورشیدی و برق انجام شده که الگوی مناسبی برای سایر کشورها می‌باشد.

شبکه میترینگ که خود موجب تولید برق مناسب شود: فرآیندی که در آن مصرف کنندگان برق تجدیدپذیر به خصوص کاربران سیستمهای فتوولتائیک بر روی سقف منازل مسکونی نصب نموده و مازاد برق تجدیدپذیر تولیدی خود را به شبکه تزریق نموده و این میزان برق توسط شرکت توزیع برق اندازه گیری و از مصرف کننده خریداری می‌شود. قوانین مرتبط با Net metering در حداقل ۱۰ کشور وضع شده و اکثر قوانین به ظرفیتهای نصب شده محدود و کوچک مربوط می‌شود استفاده از این سیاستگذاری در کشورهای در حال توسعه نیز در حال افزایش است.

سرمایه‌گذاری مستقیم دولت: در سالهای گذشته در بسیاری از کشورها، تلاشهای فراوانی در راستای ارتقای کاربرد

منابع تجدیدپذیر انرژی صورت پذیرفته لیکن تعدادی از رویکردها با درجه پیشرفت متفاوتی به کار گرفته شده اند. تجارب این کشورها حاکی از آن بوده که مجموعه واحدی از سیاستهایی که بتواند بطور موفقیت آمیزی صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر را در هر کشور چه به لحاظ عملیاتی و چه به لحاظ مالی ایجاد کند وجود ندارد البته موفقیت یا شکست رویکردهای سیاستی مختلف به تکنولوژی مورد نظر و کشور بررسی شده نیز بستگی دارد که مهم‌ترین موضوع سرمایه‌گذاری دولت بر روی اینگونه انرژی‌های حساس که در آینده کشور ما به آن نیاز دارد می‌باشد

شرایط بازار (به عنوان مثال، هزینه، تنوع، مجاورت با تقاضا یا انتقال و در دسترس بودن منابع)

تصمیمات سیاستی، (به عنوان مثال، اعتبارات مالیاتی، تعرفه‌های تغذیه ای و استانداردهای نمونه کارها قابل تمديد)

مقررات خاص.

نیز از دیگر تمهیدات در این راستا می‌تواند باشد. تقریباً همه کشورها اهداف سیاست‌های انرژی‌های تجدیدپذیر را در اواخر سال ۲۰۱۸ اجرا کردند.

۲-۳. انرژی‌های تجدیدپذیر - تجارت

انرژی خورشیدی در کشورهای در حال توسعه فرصتهای بزرگی در پیش رو داشته لیکن استفاده از این فرصتها و اجرایی نمودن آن با مشکلاتی مواجه شده به این علت که این برنامه‌ها نیازمند تشکیلات سازمانی محلی از جمله شرکتهایی برای فروش، نصب و سرویس تجهیزات بوده و در حقیقت محتاج کمک‌های مالی دولت می‌باشد.

• مشاغل با اهداف پایداری همچنین با ایجاد امکانات خود (مثلاً سقف‌های خورشیدی و مزارع بادی) در حال توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر هستند.

• در کشورهای توسعه یافته مشاغل، از طریق توافق نامه خرید برق و خرید گواهی‌نامه‌های انرژی تجدیدپذیر (REC) میتوانند برق تجدیدپذیر تهیه کنند.

۴-۲. انواع انرژی‌های تجدیدپذیر

حدود ۸۰٪ انرژی اغلب این کشورها از طریق سوخت‌های فسیلی، ۸/۴٪ از هسته‌ای و ۱۱/۴٪ از منابع تجدیدپذیر تأمین می‌شود. انرژی باد و انرژی خورشیدی سریعترین منابع تجدیدپذیر هستند که در حال رشد هستند، اما فقط ۳/۸٪ از کل انرژی مصرف شده در این کشورها را تشکیل می‌دهند.

باد، زمین گرمایی، خورشیدی، انرژی آبی و سایر فناوری‌های تجدیدپذیر امروزه یک منبع انرژی بسیار محبوب در سراسر جهان هستند.

۵-۲. تولید انرژی پاک با استفاده از جاذبه ماه

کره ماه نیز یکی از منابع انرژی تجدیدپذیر قابل توجه بوده لیکن کمتر از انرژی خورشیدی به آن توجه شده، سابقه بهره برداری از انرژی ماه به اوایل قرن دوازدهم میلادی می‌رسد که کشورهای انگلستان، فرانسه و اسپانیا نیز در این زمینه پیشرو می‌باشند.

جاذبه ماه به عنوان منبع انرژی قابل استفاده جزو مد را پدید می‌آورد ماه موجب حرکت آب و تولید انرژی می‌شود لذا با توجه به قدمت بهره برداری این انرژی استفاده از آن در کشور ما هنوز چندان گسترش نیافته که

علت این امر را می‌توان در هزینه بر بودن آن جستجو نمود به ویژه آنکه احداث تجهیزات عظیم و توربینهای بزرگ باید در آب شور انجام گیرد که خود کاری بس دشوار می‌باشد و عمر وسایل و تجهیزات را نیز کاهش می‌دهد.^۱

مهم‌ترین ویژگی سواحلی که می‌توان از آنها انرژی جزر و مدی به دست آورد اختلاف ارتفاع آب در کشند بالا و کشند پایین بوده که در بعضی سواحل خلیج فارس و دریای عمان به پنج متر نیز می‌رسد اما این ویژگی به تنهایی کافی نیست بلکه باید وضعیت جغرافیایی ساحل نیز برای احداث نیروگاه جزر و مدی محل مناسبی باشد که چنین مکانی‌هایی در همه جا یافت نمی‌شود تاکنون فقط ۲۰ سایت در سراسر جهان به عنوان ایستگاه‌های انرژی جزر و مدی شناخته شده‌اند. محققان تخمین زده‌اند در حال حاضر می‌توان ۲ تا ۳ هزار میلیون مگاوات ساعت از جزر و مد در سایت‌های گوناگون انرژی به دست آورد.

آثار ماه و خورشید و زمین بر همدیگر شرایطی را فراهم می‌آورد که می‌توان از آن انرژی کسب نمود جزر و مد نیز بر اثر نیروهای هم‌کنشی زمین، ماه و خورشید پدید می‌آید. نیروهای میان ماه و خورشید و زمین موجب بالا و پایین رفتن منظم آب اقیانوس‌ها در سراسر جهان می‌شود که نتیجه آن امواج جزر و مدی می‌باشد ماه نیرویی بیش از ۲ برابر نیرویی که خورشید بر امواج جزر و مدی تاثیر می‌گذارد بوجود می‌آورد در نتیجه جزر و مد به وضوح تابعی است از گردش ماه به دور زمین. ایجاد موج در روز و سیکل جزر و مد، در هر سطح از اقیانوس وجود دارد.^۲

در واقع نیروی جاذبه ماه باعث برآمدگی آبها شده و به دلیل گردش وضعی زمین این برآمدگی به سمت غرب جریان پیدا می‌نماید در نتیجه موجهایی با دوره ۱۲ ساعت و ۲۵ دقیقه ایجاد می‌شود که دامنه نوسان آنها در اقیانوسهای بزرگ حدود نیم متر می‌باشد. اثر نیروی جاذبه خورشید نیز مشابه لیکن ضعیفتر بوده و هر ۱۲ ساعت یک بار ظاهر می‌شود لذا بدین ترتیب جزر و مد زمانی به وجود می‌آید که ماه و خورشید در یک جهت قرار گرفته باشند بنابراین پیش بینی میزان جزر و مد و انرژی حاصل از آن عملی بوده در حالی که به دشواری می‌توان درباره میزان انرژی باد یا خورشید پیش بینی نمود.

۶-۲. استفاده از انرژی زمین گرمایی

از دوران باستان، استفاده مستقیم از آب داغ به عنوان منبع انرژی مرسوم بوده رومی‌ها، چینی‌ها، از چشمه‌های معدنی گرم برای حمام کردن، غذا پختن و تولید گرما استفاده می‌نمودند. امروزه بسیاری از چشمه‌های آب گرم برای شست و شو مورد استفاده قرار می‌گیرند و بسیاری از مردم عقیده دارند که آب‌های گرم و غنی از مواد معدنی خاصیت شفا بخش فراوانی دارند.

استفاده از انرژی زمین گرمایی، گرم کردن ساختمان‌ها از طریق سیستم‌های گرمایشی در برخی از شهرهای اروپا رایج می‌باشد. از نمونه‌های دیگر استفاده مستقیم از انرژی زمین گرمایی می‌توان به کاشت محصولات، خشک کردن الوارها، میوه‌ها و سبزی‌ها اشاره نمود.

برای نیروگاه‌های زمین گرمایی از منابع آب گرم استفاده میشود لذا این نیروگاه‌ها نیاز به منابعی دارند که دمای بالایی داشته باشند (۳۰۰ تا ۷۰۰ درجه فارنهایت) که برای دسترسی به این منابع می‌توان چاه‌های عمیق حفر کرد و بخار یا آب داغ را به سطح زمین آورد. غالباً چاه‌های نیروگاه‌های زمین گرمایی ۱/۵ تا ۳ کیلومتر (یک تا دو مایل) عمق دارند.

امریکا بیش از تمام کشورها از انرژی زمین گرمایی برق تولید می کند اما تمام برقی که از این طریق تولید می شود بخش بسیار اندکی از کل الکتریسیته تولیدی در این کشور می باشد در حالی که دمای هوا روی زمین هر فصل و حتی هر روز متفاوت بوده، دمای ۱۰ فوت بالایی سطح زمین معمولاً بین ۵۰ تا ۶۰ درجه فارنهایت می باشد در برخی از مناطق دمای خاک در زمستان از هوا گرمتر و در تابستان سردتر بوده معهداً پمپ های زمین گرمایی برای سرمایه و گرمایش ساختمان ها از دمای ثابت زمین استفاده می کنند. اصولاً در زمستان گرما را از زمین به ساختمان ها منتقل شده و در تابستان درست برعکس این کار را صورت می گیرد.

پمپ های حرارتی زمین گرمایی با صرفه ترین، پربازده ترین و سازگارترین سیستم ها با محیط زیست بوده که برای کنترل دمای هوا مورد استفاده قرار می گیرند. لذا لازمست با شناسائی اینگونه مکانها استفاده از انرژی فوق را در کشور رایج نموده اگرچه اغلب واحدهای مسکونی هنوز از سیستم های گرمایش و هواسازهای سنتی استفاده می نمایند، پمپ های حرارتی زمین گرمایی هر روزه بیشتر مورد استقبال قرار می گیرند. در سال های اخیر برای ترغیب صنایع به استفاده از پمپ های حرارتی انرژی گرمایی اقدامات مناسبی صورت پذیرفته، تاثیرات محیط زیستی انرژی زمین گرمایی به نحوه استفاده از این انرژی مرتبط می شود. استفاده مستقیم و نیز کاربردهای حرارتی از این انرژی غالباً هیچ گونه تاثیر منفی نداشته نیروگاه های زمین گرمایی برای تولید الکتریسیته هیچ گونه سوختی را مصرف نمی نمایند بنابراین سطح گازهای منتشره از این نیروگاه ها بسیار پائین بوده و تقریباً کمتر از یک درصد از دی اکسید کربنی که از نیروگاه های سوخت فسیلی متصاعد می شود را تولید می نمایند. لذا با توجه به کاهش سفره های زیرزمینی منابع انرژی های فسیلی لازمست مسئولین کشور به دنبال شناسائی مکانهایی در کشور جهت بکارگیری و استفاده از این تکنولوژی ها بوده و آن را ترویج دهند.

انرژی زمین گرمایی در نواحی آتش نشانی ایران مانند منطقه سبلان در استان اردبیل و سایر نواحی که لایه های ماگما به سطح زمین نزدیک است در صورت فراهم بودن برخی از شرایط قابل دسترسی می باشد.

۷-۲. مکان های مناسب انرژی زمین گرمایی

اغلب منابع «انرژی زمین گرمایی» در اعماق زمین جای داشته و نشانه مشخصی هم برای یافتن آنها در سطح زمین وجود ندارد. بعضاً انرژی زمین گرمایی به صورت آتشفشان، انتشار دود و بخار از شکاف دهانه آتشفشان، چشمه های آب گرم و آبفشان ها به سطح زمین منتقل می شود. بیشترین فعالیت های آتشفشانی در دنیا در ناحیه ای که حلقه آتش نامیده می شود به وقوع می پیوندد.^۳ بعضی از کاربردهای انرژی زمین گرمایی از دمای نزدیک سطح زمین استفاده می نمایند در حالی که برخی دیگر نیازمند حفر چاه های بسیار عمیق در زمین بوده لذا سه کاربرد اصلی انرژی زمین گرمایی شامل موارد زیر است:

- سیستم های گرمازا و استفاده مستقیم از آب گرمی که در چشمه ها و مخازن آب نزدیک سطح زمین قرار دارند.
- تولید الکتریسیته در نیروگاه ها نیازمند آب و یا بخاری بوده که درجه حرارت بسیار بالایی داشته باشد. نیروگاه های زمین گرمایی معمولاً در مکانی احداث می شوند که منابع انرژی زمین گرمایی در عمق یک یا سه کیلومتری از سطح زمین واقع شده اند.
- پمپ های حرارتی زمین گرمایی که از زمین محکم و سخت و حرارت آب نزدیک سطح زمین استفاده می نماید تا دمای هوا را در روی زمین کنترل نمایند.

۸-۲. انرژی خورشیدی^۴

تولید نیروی برق بستگی به قدرت اقتصادی هر کشور دارد به همین علت افزایش تولید الکتریسیته بعنوان ارزش افزوده در دهه اخیر مورد توجه بوده در این رابطه در صورت دست یابی به تکنولوژیهای پیشرفته، بکارگیری و استفاده از انرژیهای پاک و سیستمهای تجدیدپذیر در تأمین انرژی مورد نیاز امری اجتناب ناپذیر است و رشد قابل ملاحظه ای در کشور خواهد داشت. سهولت دسترسی و کاربرد انرژی خورشیدی حائز اهمیت بوده لذا از جایکه خورشید بزرگترین و تنها منبع تأمین کننده انرژی کره زمین بوده، انرژی صادره از آن به صورت مختلف بمنظور تأمین انرژی مورد نیاز سوختهای غیرفسیلی مورد استفاده قرار میگیرد.

غالباً سیستمهای تبدیل انرژی زمانی اهمیت بیشتری مییابد که انرژی تابشی خورشید با استفاده از سیستمهای فتوولتائیک بطور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل شود و لذا سهولت در دسترسی به انرژی الکتریکی حاصل از برق خورشیدی یکی از کاربردهای آن است.

تولید سلول و مدولهای خورشیدی در چند سال اخیر رشد فزاینده ای داشته و در سالهای کنونی به بیش از ۲۵۰۰ مگاوات پیک در سال رسیده است.

دلایل قابل توجه به صنعت انرژی پاک خورشیدی در دهه اخیر و رشد سالانه آن به شرح ذیل می باشد:

- کاهش مصرف سوخت فسیلی و مشکلات سوخت رسانی بویژه در مناطق صعب العبور که استفاده از انرژی را تسهیل می کند.
- قابلیت تولید در محل مصرف، کاهش و صرفه جویی در هزینه های انتقال و توزیع انرژی الکتریکی و عدم نیاز به شبکه سراسری برق
- تنوع بخشی با منابع تأمین کننده انرژی که بسیار قابل توجه می باشد.
- امکان نصب و راه اندازی اینگونه انرژی در اندازه های مختلف، متناسب با نیاز مصرف کننده که استفاده را در هر نقطه مناسبی از زمین میسر می سازد.
- طول عمر مناسب و سهولت در بهره برداری
- امکان نصب در هر نقطه اعم روی سقف خانه ها و غیره و توانایی ذخیره سازی انرژی در باتری بمنظور استفاده در زمانهای آتی
- انرژی خورشیدی تأثیرات مثبت زیست محیطی دارد، به استقلال انرژی کشور ما کمک می کند و شغل بیشتری نسبت به تولید انرژی از طریق فرآوری زغال سنگ یا فرآورده های نفت و گاز فراهم می کند.
- مشوقهای پیل خورشیدی، تخفیف ها و تخفیف های مالیاتی
- برای تشویق به گسترش مستمر خورشیدی، دولت ها، تاسیسات و سازمان های دیگر تخفیف های مالیاتی خورشیدی و مشوق های مالی را برای دسترسی بیشتر خورشید به خانه های امروزی ارائه می دهند. در نتیجه، می توان هزینه خالص سیستم پیل خورشیدی را از ۲۶ به ۵۰ درصد کاهش داد.

میتوان پیل های خورشیدی را اجاره کرد

کلیه مزایای مالی ذکر شده در زیر به مالک سیستم پیل خورشیدی تعلق می گیرد. اگر سیستم خود را به صورت

نقدی یا با وام خورشیدی خریداری کنید، به این معنی است که اعتبارات مالیاتی، تخفیف‌های سیستم را نیز دریافت می‌کنید. با این حال، اگر سیستم خود را اجاره کنید، مالک شخص ثالث تمام مشوق‌های خورشیدی را دریافت می‌کند که این روش یکی از روش‌های مرسوم و در حال استفاده در کشورهای توسعه یافته برای کاهش هزینه‌ها می‌باشد.

۹-۲. سیاست‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر^۵

سیاست‌های موجود به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- سیاست مبتنی بر سرمایه‌گذاری.

۲- سیاست پشتیبانی عملیاتی.

۳- خط مشی مواجهه با مصرف کننده.

۹-۲-۱. سیاست مبتنی بر سرمایه‌گذاری

دولت‌ها می‌توانند برای تقویت نمایه مالی شرکت‌های انرژی تجدیدپذیر یا کاهش پشتیبانی موجود از شرکت‌های دارای کربن زیاد استفاده کنند. این سیاست‌ها به شرکت‌های انرژی تجدیدپذیر امکان دسترسی و مدیریت مؤثرتر سرمایه خود را می‌دهد:

- معافیت‌های مالیاتی

- بودجه دولتی

- کمک‌های مالی سرمایه‌ای

- وام‌های کم بهره

- حذف یارانه شرکت‌های کربنی

معافیت‌های مالیاتی یا اعتبارات با کاهش بار کلی مالیاتی که تولیدکنندگان یا مصرف‌کنندگان متحمل می‌شوند، جذابیت سرمایه‌گذاری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش می‌دهند. اعتبارات مالیاتی ممکن است به صورت زیر باشد:

(۱) اعتبارات مالیاتی که بر سرمایه‌گذاری بر انرژی‌های تجدیدپذیر اعمال می‌شود.

(۲) استهلاک تسریع شده.

(۳) اعتبارات مالیاتی تولید

(۴) معافیت‌های مالیاتی آلودگی.

(۵) مشوق‌های مالیات بر درآمد شخصی.

یارانه‌ها، بازارهای تولید انرژی و رقابت را به طرق مختلف مخدوش می‌کنند و حذف آنها نتایج مطلوبی را به دنبال خواهد داشت:

- سیگنال‌های بازار را ارسال می‌کند که مصرف‌کنندگان را به استفاده منطقی از انرژی ترغیب می‌کند.

- گزینه‌های تمیزتر مورد توجه قرار می‌دهد.
- از مصرف زیاد خودداری می‌شود.
- رقابت در صنعت تولید انرژی را بهبود می‌بخشد.
- حذف مزیت ناعادلانه ای که به فناوری‌های هسته‌ای و سوخت‌های فسیلی داده می‌شود.

۲-۹-۲. سیاست پشتیبانی عملیاتی

رویکرد مبتنی بر مقدار: مانند مناقصه که برای تهیه مقدار مشخصی برق از یک منبع فناوری خاص استفاده می‌شود و باید اطمینان حاصل شود که ارزان‌ترین پیشنهاد پذیرفته شده است. مکانیسم‌های مبتنی بر قیمت: تعرفه‌های ورودی و مالیات کربن، قیمت منابع متداول انرژی را افزایش می‌دهد.

۲-۹-۳. خط مشی مواجهه با مصرف کننده.

معافیت از مالیات‌های گسترده کربن به شرکت‌های انرژی تجدیدپذیر نیز نوعی حمایت مبتنی بر قیمت است. تغییر رفتار مصرف کنندگان با آموزش بیشتر در مورد منابع الکتریکی آنها و همچنین گزینه‌های برق سبز اجباری، شرکت‌های بزرگ را مجبور می‌کند تا گزینه خرید تمام برق خود را از منابع تجدیدپذیر به مشتریان ارائه دهند. برنامه‌های افشای اطلاعات، جزئیات محل تأمین برق آنها را با هدف ایجاد فشار غیرمستقیم بر آب و برق برای سبز کردن مخلوط سوختشان، در اختیار مشتریان قرار می‌دهد.

۲-۱۰. انتقال تکنولوژی به کشورهای در حال توسعه

چشم انداز استفاده از انرژی تجدیدپذیر در کشور ما مثبت بوده، بطوریکه این روند به طور دائم در حال تغییر و سرعت گرفتن می‌باشد. این موضوع سبب رقابت در بین برنامه ریزی کنندگان سیاست‌های داخلی می‌شود، طراحانی که دائماً بر پیش بینی‌های رایانه ای تکیه می‌زنند و ممکن است بعلت افزایش بسیار سریع قیمت نفت و افزایش سریع تقاضا در جهان برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر دچار مشکل شوند به منظور فراهم آوردن چنین فرصتهایی، قیمت‌های انرژی سنتی می‌بایستی کماکان بالا بوده و بهای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نیز همچنان کاهش پیدا نماید و در این رابطه باید سیاست‌های دولتی ثابت و قابل اتکا باشد تا سرمایه‌گذاران و وام دهندگان را به حمایت مالی از سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر تشویق و متعهد نمایند.

۲-۱۱. ضرورت توجه ویژه به انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

براساس برنامه ریزی‌های صورت پذیرفته گاز جایگزین نفت در توسعه خواهد بود پس باید توجه نمود که با مقایسه میزان استفاده از گاز با کشورهای منطقه و روش‌های استحصال موجود برای تولید گاز نمی‌توان گاز را جایگزین نفت نمود. از طرف دیگر آلودگی‌های ناشی از تولید و مصرف گاز کمتر از نفت نیست لذا بنظر میرسد که الزامی است انرژی‌های تجدیدپذیری جایگزین نفت شوند.

ایران کشوری با طبیعت چهار فصل است و پتانسیل استفاده از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر هم در آن وجود دارد. همچنین پتانسیل مناسبی نیز برای استفاده از انرژی زمین گرمایی در کشور وجود دارد که باید به آن پرداخت. متأسفانه هنوز تفکر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بطور کامل و جامع در میان مسئولان و مردم نهادینه نشده از طرف دیگر منابع نفتی نیز با سرعت هر چه بیشتر مصرف و هدر داده می‌شود که علاوه بر آثار نامناسب در

اقتصاد و توسعه کشور محیط زیست را نیز تخریب می‌نمایند که توجه ویژه به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را در کشور می‌طلبد.

۱۲-۲. چالش‌های موجود انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران^۶

متأسفانه در ایران به علت فقدان بسترسازی لازم، بویژه در سالهای پیشین موانعی برای توسعه و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر وجود داشته است که برخی از آنها در حال حاضر نیز وجود دارد. مهم‌ترین آنها موارد مشروحه ذیل می‌باشد.

۱. وجود سوخت‌های فسیلی ارزان و یارانه‌ای مانع اقدام جدی عملیاتی تولید انرژی‌های تجدیدپذیر بطور وسیع شده است لذا در حال حاضر این مشکل نیز همچنان پابرجا می‌باشد، پیش بینی می‌شود با اجرای هرچه موفق تر طرح تحول اقتصادی به منظور نزدیک شدن قیمت‌های سوخت فسیلی به ارزش واقعی، بستر و شرایط مناسب برای توسعه صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور فراهم شود.

۲. فقدان برنامه جامع و مدون ملی مناسب با معیارهای کمی که به صورت قانونی تثبیت شده باشد، یکی از دلایل مهم می‌باشد. در این زمینه اگر چه سعی گردید که جهت توسعه صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر برنامه تولید برق، پیش‌بینی و اجراء شود، لیکن عدم وجود تخصیص اعتبار کافی پیش‌بینی شده و همچنین مغایرت برنامه ریزی ها با مطالعات استراتژیک و جامع در این رابطه موجب شده که عملاً اهداف مذکور تحقق عینی پیدا ننماید.

۳. وجود مشکلات ساختاری مثل حضور چند نهاد دولتی در موضوع انرژی‌های تجدیدپذیر همانند وزارت جهاد کشاورزی، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، سازمان انرژی اتمی و وزارت نیرو از عوامل دیگر موانع یاد شده بوده که موجب پراکندگی و موازی‌کاری و در نتیجه انجام هزینه اعتبارات به صورت غیرمتمرکز و کم‌اثر و ناقص آنها گردیده است.

۴. ورود بخش خصوصی به عرصه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، دارای مشکلاتی بوده بطوریکه در حوزه‌های تجاری مانند باد که به علت پایین بودن تعرفه‌های خرید برق تجدیدپذیر در مقایسه با بالا بودن هزینه‌های اولیه سرمایه‌گذاری در این قبیل نیروگاه‌ها و پایین بودن هزینه اولیه نیروگاه‌های متعارف فسیلی که از سوخت ارزان استفاده می‌نمایند دارای مشکل است، موجب عدم جلب حمایت بانک‌ها می‌باشد و از طرف دیگر به علت فقدان بستر قانونی جامع و مواردی نظیر زمان و دشواری تأمین منابع مالی و اعتباری جهت خرید تضمینی به صورت بلندمدت، مشکلات تهیه زمین با مساحت مورد نیاز احداث نیروگاه‌های بادی و دشوار بودن اخذ مجوز با توجه به قوانین زیست‌محیطی موجب سرگردانی بخش خصوصی در ورود به این صنعت می‌شود. اخیراً وزارت نفت و نیرو و هیئت دولت مصوبه‌ای را تصویب نموده‌اند که به موجب آن نرخ خرید برق تولیدی بخش‌های غیردولتی از منابع انرژی‌های نو در ساعات اوج و عادی و در ساعات کم‌باری افزایش می‌یابد.

۵. کمبود اعتبارات مالی مورد نیاز جهت اجرای طرح‌ها و پروژه‌ها و عدم تخصیص کامل و به موقع آنها.

۶. محدود بودن مشاوران و پیمانکاران و ناظران ذیصلاح در این رابطه و هزینه و زمان‌بر بودن ایجاد پتانسیل‌های فنی، علمی و صنعتی مورد نیاز برای اجرای این پروژه‌ها در کشور.

۷. صنعت جدید و در عین حال پیشرفته برخی از تکنولوژی‌ها و فقدان دانش کافی در این زمینه‌ها در کشور؛ که فاقد سوابق و تجربه قبلی در کشور بوده است.

۸. کندی مراحل عقد قرارداد پیمان انجام کار، مشاوره و عدم مدیریت در اجرای طرح و همچنین فقدان هزینه کافی با توجه به ضوابط و قوانین حاکم بر طرح‌های عمرانی، بویژه اینکه اکثر پروژه‌ها ماهیت.

۱۳-۲. توسعه تکنولوژی‌های روز انرژی تجدیدپذیر در کشور^۷

توسعه و ارتقاء در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر موجب، غنی‌سازی و توسعه تکنولوژی‌ها بمنظور به کارگیری انرژی تجدیدپذیر پایدار بوده که اهدافی را دنبال میکنند که از آن جمله میتوان به مطالب زیر اشاره کرد:

الف- به کارگیری استانداردها و خط‌مشی‌های مناسب عملیاتی جهت استفاده مناسب از تکنولوژی‌های انرژی تجدیدپذیر به منظور ارتقای سطح توسعه این انرژیها که در جهت کاهش انرژی‌های فسیلی بسیار مؤثر می‌باشند.

ب- بومی نمودن تولید تجهیزات مورد نیاز و نصب آنها بمنظور تقویت تکنولوژی انرژی تجدیدپذیر و همچنین بهینه سازی و به کارگیری آن در صنعت کشور که می‌تواند نقش مؤثری در کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی داشته باشد.

۱۴-۲. راهکارها و راهبردهای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور^۸

در جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر برای تسهیل تدوین استراتژی چهار حوزه وجود داشته که ابزارهای مالی، ابزارهای قانونی، توسعه تکنولوژی و بالا بردن آگاهی، ظرفیت‌سازی و آموزش را شامل می‌شود.

در ایران شرایط لازم جهت تأمین مشوق‌های مالی از طریق تأسیس صندوق امکان پذیر بوده که این امر می‌تواند با اخذ عوارض برق سبز بمبلغ بسیار کم از محل افزایش قیمت فروش برق به مشترکین خانگی، عمومی و تجاری به ازای هر کیلووات ساعت تحقق یابد.

توسعه سیستم حمایت مالی و گسترش سازمان‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر و همچنین اجرای رویکردهای نوآورانه به ایجاد ساختار پایدار و مکانیزم‌های مالی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر کمک می‌نماید.

ضرورت دارد فضای سرمایه‌گذاری جهت توسعه بخش انرژی تجدیدپذیر را برای سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی ایجاد و تسهیل نمود. در این رابطه کشور ژاپن با اتخاذ راهکارهایی نظیر تشویق سرمایه‌گذاران از طریق افزایش قیمت خرید برق تجدیدپذیر، اهدای امتیازاتی به پروژه‌های پاک و قراردادهایی با دوره زمانی طولانی (۱۵ تا ۱۷ سال) جهت خرید برق، موجب افزایش ظرفیت‌های نصب‌شده بادی، از ۱۳۶ مگاوات در سال ۲۰۰۰ به حدود ۲۵۰۰ مگاوات در سال ۲۰۱۰ گردیده که روند روبه رشد اجرای پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر را نشان می‌دهد.

۱۵-۲. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور

بسیاری از کشورهای آسیایی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر اهداف ملی را تعیین نموده‌اند و این اهداف به مرور زمان بازنگری و تحکیم یافته است. برای تحقق این اهداف، دولت‌ها باید برای استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر به تدوین سیاست‌ها و ایجاد مشوق‌ها اقدام نمایند در این رابطه بانک‌ها می‌توانند در حمایت و توسعه انرژی‌های پاک و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از تولید و مصرف انرژی نقش حیاتی داشته باشند به همین دلیل این بانک‌ها لازم است به تأمین مالی و حمایت‌های تکنولوژیکی برای شتاب بخشیدن به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش راندمان انرژی تأکید بیشتری نمایند. ضرورت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به جای سوخت‌های فسیلی برای آینده کشور الزامی می‌باشد.

۳. نتیجه‌گیری

انرژی باد، زمین گرمایی و خورشیدی در کشور ما از منابع بسیار خوب برخوردار بوده. که هر یک از آنها می‌تواند در جهت کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی مؤثر باشد در خصوص استفاده از انرژی زمین گرمایی که از طریق حفر چاه‌های عمیق و پمپاژ آب داغ یا بخار داغ داخل زمین به سطح زمین تولید شده و برای گرم کردن خانه‌ها و تولید الکتریسیته و همچنین انرژی باد و انرژی ناشی از جزر و مد دریا بستر بسیار مناسب می‌باشد. در خصوص انرژی خورشیدی نیز با توجه به اینکه خورشید بزرگترین و تنها منبع تامین کننده انرژی کره زمین می‌باشد و انرژی صادره از آن به صورت مختلف و به منظور تامین انرژی مورد نیاز سوخت‌های غیرفسیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد لذا با استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک بطور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. سهولت در دسترسی به انرژی‌های تجدیدپذیر یکی از ویژگی‌هایی است که لزوم استفاده از انواع این انرژی‌ها را در کشور مشخص می‌سازد.

برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران با توجه به مشکلات و راهکارهای مطرحه می‌توان این گونه توضیح داد که دو اولویت زیر وجود دارد:

الف- واقعی نمودن قیمت‌های حامل‌های انرژی که امید میرود با نزدیک شدن قیمت‌های سوخت فسیلی به ارزش واقعی خود این موضوع عملیاتی شود.

ب- ایجاد صندوق حمایت مالی از سوخت‌های تجدیدپذیر توسط دولت که با اخذ عوارض برق سبز از محل افزایش قیمت فروش برق به مشترکین خانگی، عمومی و تجاری حتی بمبلغ ناچیز به ازای هر کیلووات ساعت، منبع مالی لازم برای ایجاد مشوق‌های مالی و ایجاد بستر و شرایط مناسب جهت توسعه صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور فراهم میکند.

تدوین استراتژی کلان ملی انرژی در کشور ضروری می‌باشد در این رابطه توان کنترل موارد تاثیرگذار از موارد اساسی چنین تعیین استراتژی می‌باشد.

۴. منابع

- [۱] بریمانی، م، کعبی نژادیان، ع (۱۳۸۹). انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار در ایران. دومین کنفرانس بین المللی گرمایش-سرمایش و تهویه مطبوع، تهران.
- [۲] بن، (۲۰۰۴). آینده متعلق به انرژی‌های تجدیدپذیر است. بیانیه کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر.
- [۳] صادقی، ح (۱۳۸۸). رهیافت‌های توسعه کارگروه‌های بهینه سازی مصرف سوخت. سازمان بهینه سازی مصرف سوخت. نشر پیک ادبیات.
- [۴] کریمی، ز (۱۳۹۸). بررسی فرصت‌ها و ضعف‌های استفاده از فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران با استفاده از تحلیل (SWOT). چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت صنعتی، یزد.
- [۵] کنعان، ش؛ علاسوند، گ (۱۳۹۲). انرژی جزر و مدی دریا، روش‌های استحصال آن و تاثیر آن بر محیط زیست. دومین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان.
- [۶] گرجی کندی، س؛ مستوفی، ف (۱۳۹۲). انرژی خورشیدی بزرگترین منبع انرژی تجدیدپذیر. دومین همایش ملی حفاظت و برنامه ریزی محیط زیست، همدان.

- [۷] مسعودی، ح (۱۳۹۵). روش‌های تولید انرژی الکتریکی از امواج آب دریا. فصل‌نامه علمی-ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، سال سوم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۵، ص ۹-۱۴
- [۸] ناطق پور، ر؛ اشجاری، م (۱۳۹۲). انرژی زمین گرمایی جهت تولید برق، گرمایش و سرمایش. اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان
- [۹] نیاکان، ل؛ منظور، د (۱۳۹۱). توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور: موانع و راهبردها. مجله انرژی ایران، دوره پانزدهم، پاییز ۱۳۹۱، شماره ۳ (پیاپی ۴۳)





کاربرد تصویربرداری فراطیفی در بررسی کیفیت مواد غذایی

تینا عالیقدری (دانشجوی کارشناسی علوم و صنایع غذایی دانشگاه محقق اردبیلی)

کیفیت مواد غذایی با پارامترهای داخلی و خارجی سنجیده می‌شود. پارامترهای خارجی عبارتند از رنگ سطح، بافت، وجود تیرگی یا نقص، که توسط کارگران، کنترل و طبقه بندی می‌شوند. پارامترهای داخلی عبارتند از: سفتی و نرمی، محتویات، اسیدیته که با تکنیک‌های معمولی ارزیابی می‌شوند. برخی از ویژگی‌ها مانند شیرینی و عطر و طعم؛ همچنین ایمن بودن ماده غذایی (مثلاً وجود باکتری‌های بیماری‌زا بر روی محصول، آلوده بودن آن به مدفوع حیوانات، وجود سموم دفع آفات بر روی محصول و سایر مواد خطرناک) مواردی هستند که قابل اطمینان بودن ماده غذایی را تحت تاثیر قرار می‌دهند.

بررسی همه این موارد در بازار غذایی امروزه توسط تکنیک‌های قدیمی زمان-گیر و هزینه-بر است. برخلاف روش‌های سنتی که در بررسی کیفیت مواد غذایی به محصولات آسیب وارد می‌کردند، سیستم‌های تصویربرداری کامپیوتری هیچ گونه خسارتی به محصول وارد نمی‌کنند و از تکنیک‌های تحلیل سریع و پردازش درون خطی استفاده می‌کنند. مزیت دیگر این سیستم‌ها این است که می‌توانند برای تجزیه و تحلیل یک آیتم، یا یک دسته از آیتم‌های مواد غذایی و محصولات کشاورزی، مانند میوه‌ها، حتی زمانی که هنوز چیده نشده‌اند، استفاده شوند. با استفاده از تکنیک پردازش تصویر، شدت هر ویژگی آنالیز شده مشخص می‌شود.

۱. پردازش تصویر و مراحل اصلی آن

بنیایی ماشین، سیستمی است که تجهیزات و الگوریتم‌هایی دارد که می‌تواند اطلاعات مربوط به شیء موردنظر را کسب کند. از اطلاعات حاصل از آیتم مورد نظر می‌تواند برای طبقه‌بندی، تشخیص کیفیت، شناسایی ویژگی‌های داخلی و خارجی و غیره استفاده کند. کسب خصوصیات آیتم طی یک سری از مراحل رخ می‌دهد. تصویر

برداری، پیش پردازش، بخش بندی تصویر، بازنمایی و توضیح، تشخیص و تفسیر اساس مراحل فرآیندهای بینایی ماشین و پردازش تصویر هستند و برای رضایت بخش بودن نتیجه نهایی، هر مرحله باید به دقت انجام شود. با تصویربرداری کامپیوتری، سیگنال الکترونیکی حاصل از دستگاه سنجش به فرم عددی درمی‌آید. دستگاه‌های سونوگرافی، اشعه ایکس، طیف نگار مادون قرمز نزدیک و اسکنر اسناد و سایر دستگاه‌های این چینی از سنسورهایی برای ایجاد تصاویر دیجیتال استفاده می‌کنند. برای کسب تصویر مناسب، باید از نورپردازی و ترکیب نور مناسبی استفاده شود، برای این هدف از لامپ‌های رشته‌ای، لیزرها، لامپ‌های اشعه ایکس و مادون قرمز استفاده می‌شود. مرحله قبل از پردازش تصویر شامل یک یا چند عملیات کاهش نویز، تصحیح هندسی شکل، تصحیح سطح خاکستری و تصحیح جابجایی است و هدف آن بهبود کیفیت تصویر است. بخش بندی تصویر یکی از مهم‌ترین مراحل است. سیستم پردازش تصویر، تصویر را به قسمت‌هایی تفکیک می‌کند. بعد از بخش بندی، تصویر معمولاً یک مرز یا یک منطقه را نشان می‌دهد. یک نوع تصویر برای تحلیل اندازه و شکل مناسب است و نوع دیگر برای تعیین بافت و نقص تصویر استفاده می‌شود. نمایش تصویر باید بر طبق کاربرد برنامه ریزی شده، انتخاب شود. تشخیص و تفسیر برای پردازش تصویر با استفاده از دسته بندی‌کننده‌های آماری یا شبکه‌های عصبی چندلایه انجام می‌شود. این دسته بندی‌ها برای تعیین کیفیت و درجه کیفیت توسط پردازش‌ها و ماشین‌های کنترلی سودمند هستند. منطق فازی، درخت تصمیم گیری و الگوریتم ژنتیک جزئی از تکنیک‌های یادگیری هستند که در راستای این هدف استفاده می‌شوند.

۲. کاربردهای پردازش تصویر در ارزیابی کیفیت و دسته بندی مواد غذایی

از سیستم‌های تصویربرداری کامپیوتری می‌توان برای مرتب سازی محصولات، کشف نقایص، تشخیص خصوصیات داخلی و خارجی مواد غذایی و بازرسی از تجهیزات تولید مواد غذایی و غیره استفاده کرد، طیف گسترده ای از برنامه‌ها برای سیستم‌های تجزیه و تحلیل به کمک کامپیوتر وجود دارند و محبوبیت آن‌ها روز به روز در حال افزایش است. در ادامه ارزیابی کیفیت مواد غذایی و خوراکی‌های مختلف توسط پردازش تصویر را بررسی می‌کنیم.

۳. میوه‌ها و سبزیجات



ظاهر خارجی میوه و سبزیجات تازه یکی از عوامل مؤثر بر درک مصرف کننده است. از آنجایی که اولین درک مصرف کننده یک درک بصری و توجه به ظاهر، طراوات، پلاسیده نبودن و رسیده بودن محصولات است، در زمان ارائه محصول به بازار، در نظر گرفتن این ویژگی‌ها، بسیار مهم است.

سیستم‌های بینایی ماشین، ابزارهای جدیدی هستند که کیفیت را بسته به تقاضای مصرف کننده مشخص می‌کنند. در این روش، بسته بندی محصولات از نظر شکل، تشخیص نقص، درجه بندی کیفیت امکان پذیر است. عده‌ای از پژوهشگران در مورد امکان تشخیص آلودگی بر روی سطح سیب‌ها، با استفاده از تصویربرداری فلورانس با استفاده از اسکن خطی hyperspectral تحقیق کردند و یک الگوریتم ساده چندوجهی را توسعه دادند. برای تشخیص قسمت‌های آلوده با غلظت‌های مختلف؛ از یک جفت نور خطی قرمز-بنفش استفاده کردند. این الگوریتم از چهار تراکم فلورسانس در چهار باند موج (۶۸۰، ۶۸۴، ۷۲۰ و ۷۸۰) استفاده می‌کند.

با این روش بیش از ۹۹٪ نقطه‌های آلوده در سیب‌های آلوده شناسایی شده‌اند. استفاده از این سیستم در خط فرآوری سریع سیب، با هدف جلوگیری از بیماری‌های ناشی از غذا، برای تضمین کیفیت مواد غذایی و کاهش خطرات امکان پذیر است. گروهی دیگر از پژوهشگران یک سیستم اسکن آنلاین سریع با بازتاب Vis / NIR و فلورسانس در VIS ایجاد کردند. این سیستم سرعت پردازش سه سیب در ثانیه را دارد.

با استفاده از تصویربرداری فلورسانس و بازتاب مادون قرمز نزدیک، عملکرد عالی با میزان ردیابی سموم دفع آفات ۱۰۰٪ (بدون مثبت کاذب) و ۹۹.۵٪ (فقط با ۲٪ مثبت کاذب) بدست آمد. یکی دیگر از سیستم‌های تصویربرداری بسیار قطعی توسط EIMasry و همکارانش توسعه داده شد. در یک مطالعه جدید، لکه‌های روی سیب‌ها قابل تشخیص بودند. سیب‌های لک شده با موفقیت از سیب‌های سالم شناسایی شدند.

تفاوت این سیستم با سیستم قبلی در این است که سیستم قبلی تنها لکه‌هایی که در یک ساعت گذاشته ایجاد شده بودند را تشخیص می‌داد. سیستم همچنین می‌تواند رنگ سیب‌ها را (قرمز، سبز، زرد) تشخیص دهد.

وانگ و همکارانش نیز به دنبال کشف آلودگی ایجاد شده توسط حشرات در میوه عناب بودند. با استفاده از یک تصویربرداری بازتابی قطعی و پردازش تصویر در طیف ۷۲۰-۴۰۰ نانومتر این کار را انجام دادند. نتایج طبقه بندی عناب‌های آلوده و غیرآلوده با موفقیت ۹۸٪ همراه بود.

همچنین با استفاده از پردازش تصاویر بسته قارچ‌ها، بدون لمس آن‌ها، با توجه به رنگ قارچ‌ها، تازگی و کیفیت آن‌ها قابل تشخیص است.

به دلیل سختی تشخیص پلاسیدگی نارنگی‌ها، از نور ماورا بنفش استفاده می‌شد. اما مدتی بعد، به دلیل اثبات ضروری که نور ماورا بنفش برای کارگران داشت، از بینایی ماشین استفاده شد.

برخی از پلاسیدگی‌ها و فساد محصولات به سایر محصولات دیگر منتقل می‌شوند و امکان دارد که یک نارنگی فاسد در یک جعبه همه نارنگی‌های جعبه را خراب کند. سیستم بینایی کامپیوتر، با قابلیت تشخیص درست در ۹۱٪ از مواقع، توانست جلوی خسارت‌های ناشی از این گونه موارد را بگیرد.

برخی از ویژگی‌های میوه‌ها و سبزیجات را می‌توان بدون آسیب رساندن به محصولات، با بینایی ماشین تشخیص داد. میزان رطوبت، سفتی و نرمی، و مقدار PH میوه‌های توت فرهنگی را می‌توان با تصویربرداری با مادون قرمز با ضریب همبستگی بالا تعیین کرد. برای تعیین سطح رسیده بودن توت فرنگی‌ها، از تجزیه و تحلیل بافت توت فرهنگی بر اساس تصاویر حاصل ماتریس همزمانی وقوع همزمان گام‌های خاکستری (GLCM) استفاده شد. دقت طبقه‌بندی این رویه ۸۹.۶۱٪ بود.

یکی از تکنیک‌های دیگر در پردازش تصویر، استفاده از دوربین‌های حرارتی است. هدف از این سیستم، نظارت بر فرایند، تنظیم سطح بخار گرما و به دست آوردن یکنواختی بر روی قسمت‌های سطحی از میوه‌هایی مانند هویج با استفاده از یک روش بخار کوتاه ۳ ثانیه بود.

۴. گوشت



سیستم‌های تصویربرداری رایانه ای در صنعت گوشت نیز کاربرد دارند. این سیستم‌ها می‌توانند برای تعریف برخی از ویژگی‌های کیفیت گوشت گاو تازه مانند رنگ گوشت، pH و حساسیت به مواد، آلودگی‌ها مورد استفاده قرار گیرند. با استفاده از سیستم تصویربرداری hyperspectral قابلیت شناسایی آلاینده‌هایی مانند مدفوع و مواد سمی بر روی لاشه مرغ و طیور ایجاد شد. این سیستم حدود ۱۴۰ لاشه را در هر دقیقه بررسی می‌کند.

۵. دیگر مواد غذایی

خرد بودن، یکدستی، یکنواختی و براق بودن سطح ماکارونی در خط تولید نیز تحت مطالعه قرار گرفت. از یک نور LED و یک دوربین CCD برای این کار استفاده شدند. یک سیستم نظارت بر خط دوربین با یک دوربین میکروکنترلر نیز برای فرآیند تجزیه و تحلیل سریع به کار رفته‌اند. خطاها در تعیین خرد شدن ماکارونی و نامنظم بودن و خراب بودن آن‌ها حدود ۱٪ تا ۵٪ بود.

سیستم‌های پردازش تصویر دیگری نیز برای طبقه بندی مافین‌ها و کلوچه‌ها، لوبیاها و حبوبات و سایر مواد غذایی با استفاده از شبکه‌های عصبی و پارامترهایی مانند رنگ و اندازه استفاده شده‌اند.

سیستم تعیین کیفیت عسل از تخمین میزان خاکستری بودن و آنتی اکسیدن در شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده می‌کند. این سیستم کاربرد صنعتی بسیاری دارد.

سیستم‌های بینایی ماشین یا بینایی کامپیوتری در صنایع لبنی نیز قابل استفاده هستند. تعیین ملامین در شیر با یک سیستم تصویربرداری با مادون قرمز امکان پذیر است. مطالعات نشان داده‌اند وجود ملامین بسیار کم در

شیر توسط این سیستم‌ها قابل تشخیص است.

۶. نتیجه گیری

این مقاله دانش اساسی در مورد سیستم‌های تجزیه و تحلیل تصویر کامپیوتری مورد استفاده در صنایع غذایی از جمله مرحله کلی پردازش تصویر را نشان می‌دهد و نمونه‌هایی را برای مثال عنوان می‌کند. سیستم‌های تصویربرداری کامپیوتری تخمین برخی پارامترهای کیفیت داخلی و خارجی و افزایش ایمنی و کیفیت محصولات غذایی و کشاورزی را ممکن می‌سازند.

بازرسی خودکار، سریع، بهداشتی، غیر مخرب و عینی با این سیستم‌ها قابل دستیابی است. داشتن طیف گسترده‌ای از زمینه‌های کاربردی، ارزان بودن و قابل استفاده بودن در فرآیندهای درون خطی و انعطاف پذیری آن‌ها سیستم‌های تصویربرداری را جذاب‌تر کرده است. به نظر می‌رسد که پیشرفت‌های بیشتر در فناوری و توسعه مداوم در فناوری تصویربرداری کامپیوتری، بینایی ماشین، درک بیشتری از این سیستم‌ها را در پی داشته باشد و می‌تواند نیازهای فزاینده صنایع غذایی را برطرف کند.

۷. منابع

کاربرد تصویربرداری فراطیفی در مواد غذایی

Amerandish.com

<https://amerandish.com/%D%A%86%D%A%AF%D9%88%D9%86%D%A%AF%D-B%8C-%D8%A7%D8%B1%D8%B2%DB%8C%D8%A7%D8%A8%DB%8C-%DA%A9%DB%8C%D9%81%DB%8C%D8%AA-%D9%85%D9%88%D8%A7%D8%AF-%D8%BA%D8%B0%D8%A7%DB%8C%DB%8C-%D8%A8%D8%A7-%D8%A7%D8%B3%D8%AA/>



ترتیب



گاهنامه علمی **töran**
انجمن علمی مهندسی صنایع غذایی
دانشگاه محقق اردبیلی
شماره پنجم، بهار ۱۴۰۰

