

به نام خدا



موضوع مقاله:

کیتوزان: پلیمر چند منظوره در صنایع غذایی

نویسنده و مترجم:

شاهین یوسف خان

تاریخ: آبان ماه 1403

مقدمه

کیتین یکی از فراوان ترین پلیمرهای زیستی زمین است، اما حلالیت آن کاربردها و کاربردهای آن را محدود می کند. استیل زدایی کیتین منجر به کیتوزان می شود. کیتین و کیتوزان فراوان ترین پلیمرهای زیستی با منابع متنوعی مانند حشرات، قارچ ها، اسکلت بیرونی سخت پوستان و نرم تنان هستند که منبع اصلی برای به دست آوردن این پلیمرها پوسته سخت پوستان است. ثابت شده است که کیتوزان برای سنتز و توسعه مواد فعال زیستی با ماهیت ناسازگار و خواص عملکردی آن مانند زیست تخریب پذیری، زیست سازگاری، غیرسمی بودن، تشکیل فیلم و خاصیت ژل شدن، پتانسیل کپسولاسیون، کیلیت، آنتی اکسیدان، ضد انعقاد و ویژگی های ضد میکروبی مفید است. . بنابراین در صنایع غذایی مشتقات آن به دلیل آلودگی محصولات غذایی پتانسیل قابل توجهی دارند. از دهه گذشته، علاقه و تقاضا برای توسعه فیلم های فعال زیستی افزایش یافته است که با فعالیت های ضد قارچی مختلف برای کاهش استفاده از نگهدارنده های شیمیایی و افزایش ذخیره و نگهداری مواد غذایی متمایز می شوند. فیلم های مبتنی بر کیتوزان توجه جدی را در فناوری نگهداری و بسته بندی مواد غذایی به خود جلب کرده اند. این عمدتاً به دلیل فعالیت ضد میکروبی بالا در برابر میکروارگانیسم های بیماری زا و عامل فساد از جمله قارچ ها و باکتری های گرم مثبت و گرم منفی است. این بررسی بر مروری بر کاربردهای اصلی و پیشرفت ها در توسعه کیتوزان و مشتقات آن، به ویژه کاربردهای جدید آن ها در صنایع غذایی متمرکز است.

چگونه کیتوزان می تواند از صنعت غذایی حمایت کند

کیتوزان ماده خام دریایی است که محصولات پرایمکس را تامین می کند. کیتوزان به لطف پلیمر فیبری طبیعی و زیست فعال بسیار کارآمد خود، ده ها کاربرد در صنایع غذایی، آشامیدنی و نگهداری مواد غذایی و غیره دارد.

حرکت به سمت آینده ای سالم تر و سبزتر یکی از نگرانی های بسیاری از مصرف کنندگان امروزی است. افزودنی ها، نگهدارنده ها و بسته بندی های غیردوستانه با محیط زیست تنها برخی از مشکلات مرتبط و نگران کننده ای هستند که صنایع غذایی با آن مواجه هستند. کیتوزان و مشتقات آن، مانند پودر کیتوزان، می توانند متحد قدرتمندی در تغییر شیوه هایی باشند که استانداردهای زیست محیطی سبزتر را برآورده می کنند و در عین حال به مصرف کنندگان از اقدامات ایمن تر اطمینان می دهند.

کیتوزان توسط سازمان غذا و داروی ایالات متحده به عنوان یک فیبر رژیمی ایمن، افزودنی غذایی و یک ماده کاربردی برای مصرف مصرف کننده تایید شده است. ما به عنوان تولید کنندگان کیتوزان با بیش از 20 سال تجربه و یک کارخانه مدرن کیتوزان، کیتوزان خالص و با کیفیت بالا را در قالب های مختلفی از جمله پودر کیتوزان به مشتریان خود ارائه می دهیم.

نگهداری مواد غذایی

از آنجایی که کیتوزان یک پلیمر طبیعی، غیر سمی، زیست سازگار و زیست تخریب پذیر است، کاربردهای زیادی از جمله در صنایع غذایی دارد.

کیتوزان به عنوان نگهدارنده مواد غذایی می تواند:

با محلول پاشی یا پوشش غوطه ور اعمال شود
به دلیل ساختار شیمیایی طولانی، امکان تشکیل فیلم را فراهم می کند
ارائه فعالیت ضد میکروبی، حذف استفاده از مواد شیمیایی سمی
افزایش عمر ماندگاری با حفظ یا بهبود کیفیت حسی بسیاری از غذاها
کیتوزان به دلیل فعالیت های استثنایی ضد میکروبی و تشکیل فیلم، می تواند در کشاورزی از جمله به عنوان یک پوشش نگهدارنده مواد غذایی استفاده شود. می توان آن را به صورت پودرها، اسپری ها، فیلم های خوراکی و محلول هایی فرموله کرد که می تواند غذاها را از میکروارگانیسم های در حال تخریب محافظت کند. ساختار شیمیایی کاتیونی کیتوزان به آن اجازه می دهد تا مستقیماً به غشای خارجی سلول های میکروارگانیسم ها متصل شود و محافظت ضد میکروبی برای میوه ها، سبزیجات، گوشت ها، غذاهای دریایی و محصولات مایع ایجاد کند.

علاوه بر این، کیتوزان خواص مکانیکی بسیار خوبی از خود نشان داده است، به این معنی که می تواند مواد کاربردی مانند ویتامین ها و عوامل ضد میکروبی را در خود جای دهد یا ارائه دهد. این می تواند در کاهش نیاز به آفت کش های شیمیایی مضر در حفاظت از محصولات و جایگزینی آنها با محصولات طبیعی و زیست سازگار مبتنی بر کیتوزان موثر باشد.

صنعت نان

نان سبوس دار در مقایسه با نان سفید دارای خواص سلامتی زیادی است، اما اغلب پوسته سفت تر، حجم کمتر و بافت متراکم تری دارد. خواص نان گندم کامل با لاکتات کیتوزان بهبود می یابد.

نان یکی از غذاهای اصلی دنیاست و منبع فیبر، ویتامین ها، ریزمغذی ها و آنتی اکسیدان ها است. این ماده عمدتاً از آرد، آب، مخمر و نمک تشکیل شده است و دارای پوسته قهوه ای، ترد و داخلی نرم است. ترکیب بسته به نوع نان متفاوت است. کیفیت آرد به طور خاص یک عامل تعیین کننده برای بافت، طعم و کیفیت کلی نان در نظر گرفته می شود. به همین دلیل باید با دقت انتخاب شود. آرد گندم تصفیه شده که برای نان سفید استفاده می شود دارای شاخص گلیسمی (GI) بالایی است. در طول فرآیند پخت در دمای 250 درجه سانتی گراد، مولکول های نشاسته به شدت ژلاتینه می شوند و بعداً به سرعت توسط α - آمیلازهای بزاق و پانکراس تجزیه می شوند. این منجر به افزایش سریع غلظت قند خون می شود که به نوبه خود با سطح بالای انسولین همراه

است. سطح بالای انسولین باعث افزایش رسوب چربی، کاهش تجزیه چربی، بیماری های قلبی عروقی و دیابت نوع II می شود.

وضعیت در مورد نان سبوس دار متفاوت است. پاسخ گلیسمی کندتری دارد. همچنین منبع عالی اسیدهای آمینه ضروری، آنتی اکسیدان ها، ویتامین ها، مواد معدنی و فیبر است. این امر با جنبه های سلامتی مثبتی مانند کاهش خطر بیماری های قلبی عروقی، دیابت، سرطان و چاقی همراه است. با این حال، استفاده از آرد گندم کامل بر کیفیت محصول تأثیر منفی می گذارد و خواص حسی آن تغییر می کند. به عنوان مثال، در مقایسه با نان سفید، نان سبوس دار اغلب دارای حجم نان کمتر، بافت نان متراکم تر، پوسته سفت تر و طعم آجیل تر است. این را می توان با افزودن پلی ساکاریدهایی مانند آلژینات سدیم یا کیتوزان تغییر داد. مطالعات نشان داده است که پلی ساکاریدها کیفیت خمیر را بهبود می بخشد، حجم خمیر را افزایش می دهد و بافت نان تمام شده را بهبود می بخشد. کیتوزان به ویژه امیدوارکننده است زیرا به دلیل خواص ضد میکروبی آن می تواند ماندگاری نان را افزایش دهد. کیتوزان همچنین می تواند اثر پری بیوتیکی داشته باشد و محافظت بیشتری در برابر سرطان روده یا بیماری های دستگاه گوارش ارائه دهد. با این حال، کیتوزان کمتر آب دوست است، به همین دلیل است که استفاده از مشتقات محلول در آب سودمندتر است.

در مطالعه ارائه شده در اینجا، تأثیر لاکتات کیتوزان بر نان گندم کامل پس از فرآیند پخت بررسی شد. غلظت های بین 0 تا 3 درصد کیتوزان

لاکتات اضافه شد. سپس نان برای پارامترهای مختلف از جمله رطوبت، خواص بصری و حسی مشخص شد. از لاکتات کیتوزان با درجه استیل زدایی 90 درصد و ویسکوزیته mPas 08/109 استفاده شد. در فروشگاه آنلاین ما همچنین می توانید لاکتات کیتوزان را پیدا کنید.

بسته بندی مواد غذایی

کیتوزان را می توان در قالب های مختلفی از جمله الیاف، فیلم، ژل، دانه ها یا نانوذرات برای ایجاد پوشش و مواد بسته بندی که زیست سازگار و زیست تخریب پذیر هستند، فرموله کرد. این بدان معنی است که کیتوزان می تواند جایگزین پلیمرهای غیر قابل تجزیه و تجدید ناپذیری شود که به طور سنتی برای این اهداف استفاده می شد.

علاوه بر این، ماتریس های مبتنی بر کیتوزان برای بسته بندی فعال و هوشمند نوشیدنی ها، مانند نوشیدنی های لبنی، نوشیدنی های الکلی، آب میوه ها، چای، قهوه و کنسانتره آب میوه استفاده شده است.

صنعت نوشیدنی

کیتوزان همچنین می تواند برای نگهداری، شفاف سازی و کپسوله کردن نوشیدنی ها استفاده شود. این معمولاً توسط صنعت شراب انجام می شود، جایی که کیتوزان می تواند برای شفاف سازی، تثبیت، اسید زدایی و حذف مواد نامطلوب مانند آفت کش ها و فلزات استفاده شود.

مواد مغذی

کیتوزان یک افزودنی ارزشمند به صنعت مواد غذایی است که شامل غذاهای کاربردی، مکمل‌های غذایی و محصولات گیاهی یا طبیعی است. خواص کیتوزان که برای استفاده در مواد مغذی عمل می‌کند، شامل فعالیت‌های زیستی ضد باکتری، ضد التهابی، آنتی اکسیدانی، ضد سرطان زا و ضد زخم است.

محصولات پرایمکس در این دسته شامل LipoSan Ultra، یک مکمل طبیعی، ایمن و موثر برای کنترل وزن است که در کنار یک سبک زندگی سالم استفاده می‌شود. کیتوزان به عنوان یک فیبر غذایی می‌تواند جذب چربی‌ها، چربی‌ها و کلسترول‌ها را مسدود کند، کلسترول خون یا کبد را کاهش دهد، فشار خون را کاهش دهد و کاهش وزن را تسهیل کند. کیتوزان همچنین دارای خواص پری بیوتیکی است که سلامت روده بزرگ را ارتقا می‌دهد و اثر آنتی اکسیدانی دارد.

خوراک حیوانات

کیتوزان و مشتقات آن، مانند پودر کیتوزان، در صنعت تغذیه حیوانات نیز موثر بوده است. در سال‌های اخیر، بازیافت پروتئین از زباله‌های زیستی و تبدیل آن به خوراک دام خانگی به بازاری رو به رشد تبدیل شده است.

کیتوزان به دلیل اثرات پری بیوتیکی و ضد میکروبی و خواص تغذیه ای آن به عنوان یک ماده برای خوراک دام عمل می کند.

توانایی تقویت روده با باکتری های مفید و سرکوب باکتری های بیماری زا را دارد. به علاوه، از آنجایی که کیتوزان سطح کلسترول خون را تنظیم می کند و سندرم کبد چرب را کاهش می دهد، سلامت کلی حیوانات افزایش می یابد و بهره وری تولید کننده افزایش می یابد. خوراک دام کیتوزان به طور موثر برای خوک ها، اردک ها، جوجه های گوشتی و مرغ های تخمگذار استفاده شده است.

چندین فرضیه در مورد عملکرد ضد میکروبی کیتوزان ارائه شده است. برهمکنش های یونی که بین بارهای مثبت گروه های آمینه و مولکول های سطح منفی باکتری در شرایط اسیدی رخ می دهد، نفوذپذیری غشاء را تغییر می دهد که منجر به لیز سلولی می شود. تعامل با مواد مغذی لازم برای باکتری ها می تواند مکانیسم دیگری باشد. اثر باکتری کش کیتوزان نیز ممکن است تحت تأثیر اندازه تلقیح به رشد باکتری باشد. در برخی از مطالعات، تمام ترکیبات آزمایش شده پس از 4 ساعت انکوباسیون برای اندازه تلقیح 103 سلول در میلی لیتر در هر غلظتی از کیتوزان مورد آزمایش قرار گرفتند. در مقابل، در غلظت اولیه تلقیح بالاتر، 0.1% (w/v)

کیتوزان فقط باکتریواستاتیک بود. صرف نظر از سطح تلقیح، هر مخلوط کیتو-الیگوساکارید 0.25% (w/v) برای کاهش جمعیت شروع *E. coli* حداقل با 3 چرخه log کافی بود. با این حال، نتایج در مورد اثر اندازه تلقیح قطعی نیست زیرا با pH و نوع میکروارگانیسم متفاوت است. بنابراین، پیش بینی فعالیت ضد میکروبی بالاتر در یک اندازه تلقیح معین در همه موارد ممکن نیست.

اسید تیکوئیک موجود در لایه پتیدوگلیکان روی سطح سلول برای رشد باکتری های گرم مثبت و همچنین برای تقسیم سلولی حیاتی است. کیتوزان و مشتقات آن می توانند به صورت غیر کووالانسی به اسید تیکوئیک روی سطح باکتری های گرم مثبت متصل شوند. اثر کیتوزان بر غشای سلولی هنوز به وضوح کشف نشده است. با این حال، به خوبی شناخته شده است که غشای سلولی را تحت تأثیر قرار می دهد زیرا قطر هیدرودینامیکی بیشتری نسبت به اندازه منافذ پتیدوگلیکان ها دارد. به طور عجیبی، کیتوزان با MW 5 کیلو دالتون سنتز DNA را سرکوب می کند و رشته باسیلوس مگاتریوم را ترویج می کند، که نشان می دهد MW کیتوزان در پتانسیل آن برای تأثیرگذاری بر نفوذپذیری غشای سلولی نقش دارد. علاوه بر این، اثر کیتوزان بر اسید تیکوئیک با آزمایش سویه های جهش یافته استافیلوکوکوس اورئوس فاقد ژن های مورد نیاز برای بیوسنتز اسید تیکوئیک نشان داده شده است. سویه های جهش یافته نسبت به سویه نوع وحشی نسبت به شرایط محیطی مقاوم تر بودند، که نشان می دهد اسید آنیونی تیکوئیک خواص ضد باکتریایی کیتوزان را در برابر

باکتری های گرم مثبت بهبود می بخشد. اسید تیکوئیک دارای عملکردهای بسیار جالبی است. فعالیت آنزیم ها را کنترل می کند، به مقابله با استرس محیطی کمک می کند و با اتصال به سطح سلول و گیرنده سلول، غلظت کاتیونی در پوشش سلولی را مدیریت می کند. مکانیسم اثر ضد میکروبی کیتوزان بر باکتری های گرم مثبت به دلیل اثر الکترواستاتیکی با اسید تیکوئیک است که منجر به اختلال و مرگ سلول می شود [18]. دو مکانیسم مختلف برهمکنش بین کیتوزان و غشای خارجی باکتری های گرم منفی را واسطه می کنند. مکانیسم اول شامل کیتوزان کیتوزان با کاتیون های مختلف زمانی است که pH بالاتر از pKa است، که منجر به تجزیه در جذب مواد مغذی ضروری و تجزیه یکپارچگی دیواره سلولی می شود. مکانیسم دوم شامل برهمکنش های الکترواستاتیکی بین کیتوزان و آنیون های مرتبط با لیپوپلی ساکاریدها در غشای خارجی است. کیتوزان همچنین اختلالاتی در غشای داخلی ایجاد می کند و باعث نشت محتوای داخل سلولی می شود. علاوه بر این، کیتوزان می تواند از غشای سلولی باکتری های گرم منفی عبور کند، جایی که احتمالاً در سنتز DNA/RNA اختلال ایجاد می کند و باعث ایجاد پاسخ درون سلولی در سلول ها می شود. بنابراین، برهمکنش های الکترواستاتیک بین کیتوزان و سطح آنیونی برای خواص ضد میکروبی کیتوزان در برابر باکتری های گرم منفی بسیار مهم است. علاوه بر این، کیتوزان می تواند به صورت غیر کووالانسی به غشای سلولی باکتری های گرم منفی متصل شود، که نشان می دهد نقش مهمی در فعالیت ضد

میکروبی ایفا می کند. تفاوت بین باکتری های گرم مثبت و گرم منفی در مقایسه با قارچ های مقاوم به کیتوزان و قارچ های حساس به کیتوزان آشکارتر است. اعتقاد بر این است که کیتوزان با یک جزء فسفولیپید قارچ های حساس به کیتوزان به صورت الکترواستاتیکی تعامل دارد، در نتیجه آن را تجزیه می کند و در سلول مشارکت می کند و در نهایت منجر به جلوگیری از DNA/RNA و همچنین سنتز پروتئین می شود. با این حال، کیتوزان به دلیل سیالیت متغیر، قادر به نفوذپذیری دیواره سلولی قارچ های مقاوم به کیتوزان نیست، بنابراین در سطح سلول باقی می ماند و پلیمری را تشکیل می دهد تا به عنوان مانعی در برابر اکسیژن و مواد مغذی لازم عمل کند و در نهایت منجر به مرگ سلولی شود. کاهش فعالیت ضد میکروبی کیتوزان همچنین در سویه جهش یافته *Neurospora crassa* مشاهده شد که سطوح پایین اسیدهای چرب غیراشباع را نسبت به سویه نوع وحشی توضیح می دهد. بنابراین، اثر ضد باکتریایی کیتوزان بر روی قارچ ها به شدت تحت تأثیر روانی غشای سلولی و نوع قارچ قرار می گیرد. کیتوزان از رشد آسپرژیلوس فلاووس و آفلاتوکسین در کشت مایع، ذرت و بادام زمینی قبل از برداشت جلوگیری کرد و تولید فیتوالکسین را در بادام زمینی جوانه زده افزایش داد. کیتوزان به اولین ترکیب در لیست مواد اساسی مورد تایید اتحادیه اروپا برای حفاظت از گیاهان در شیوه های کشاورزی، هم برای کشاورزی ارگانیک و هم برای کنترل یکپارچه آفات تبدیل شده است (Tes. EU 66 2014/563). بنابراین، کیتوزان می تواند به عنوان یک قارچ کش زیست تخریب پذیر

استفاده شود. علاوه بر این، کیتوزان فعالیت ضد ویروسی در برابر ویروس های گیاهی نشان می دهد. نشان داده شده است که کیتوزان عفونت تولیدی ناشی از باکتریوفازها را مهار می کند. کارایی مهار باکتریوفاز مستقیماً به غلظت نهایی در محیط بستگی دارد. عوامل اصلی که کیتوزان عفونت فاز را سرکوب می کند، غیرفعال شدن ذرات فاز و مهار رشد باکتریوفاز در سطح سلولی است. کیتوزان را می توان برای القای مقاومت فاگوری در کشت های میکروارگانیسم های صنعتی به منظور جلوگیری از فاگولیز ناخواسته ناشی از آلودگی تلقیح با باکتریوفازهای بدخیم یا القای خودبه خودی پروفاز در کشت لیزوژنیک استفاده کرد.

همانطور که قبلاً گفته شد، pH می تواند نقش کلیدی در فعالیت ضد میکروبی کیتوزان، و pKa توالی کیتوزان از 6.3 تا 6.5 ایفا کند. کیتوزان تنها در محیط آبی اسیدی حل می شود و زمانی که مقدار pH کمتر از pKa باشد، پلی کاتیونی می شود. مولکول های کیتوزان پلی کاتیونی با مولکول های دیواره سلولی دارای بار منفی، از جمله پروتئین ها، فسفولیپیدها، پلی ساکاریدها و اسیدهای چرب به دلیل شدت بالای گروه های آمینه موجود در سطح پلیمر، واکنش داده و در نهایت باعث نشت مواد داخل سلولی می شوند. کیتوزان در مقادیر pH پایین ($6 >$) فعالیت ضد میکروبی بالاتری از خود نشان می دهد زیرا گروه آمینه آن با نرخ pH پایین یونیزه می شود. علاوه بر این، بار مثبت کیتوزان در مقادیر pH پایین بهبود می یابد و جذب کیتوزان را در دیواره سلولی باکتری افزایش می دهد. علاوه بر این، در مقادیر pH بالاتر (بیشتر از 6) گروه آمینو کیتوزان

آپروتیک می شود که ممکن است منجر به رسوب از محلول شود. یک مطالعه نشان داد که فعالیت های ضد میکروبی کیتوزان علیه کلبسیلا پنومونیه تا حدی ناشی از ماهیت چند کاتیونی کیتوزان است، بنابراین با پروتونه شدن گروه آمینه مرتبط است. پروتونه شدن گروه آمینه با درجه پلیمریزاسیون و همچنین pH محیط مرتبط است. به عنوان مثال، کیتوزان در pH 4 برابر کاندیدا لامبیکا موثرتر از pH 6 است.

در اوایل دهه 1960، توانایی کیتوزان برای اتصال به گلبول های قرمز خون مورد بررسی قرار گرفت. در آن زمان به عنوان یک عامل هموستاتیک نیز دیده می شد. کیتوزان در 30 سال گذشته در تصفیه آب مورد استفاده قرار گرفته است. از آن زمان، مطالعات متعددی برای یافتن راه هایی برای استفاده از این مواد انجام شده است. امروزه کیتوزان به عنوان یک مکمل غذایی برای کاهش وزن شناخته شده است. در واقع حدود 20 سال است که برای این منظور در ژاپن و همچنین اروپا به بازار عرضه شده است. بسیاری از مردم حتی آن را "ضد چربی" می نامند. کیتوزان به دلیل افزایش تقاضای آن به عنوان یک پلیمر زیستی بسیار مفید در زمان های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. کیتوزان که از استیل زدایی کیتین با هیدروکسید سدیم (NaOH) به دست می آید، می تواند از انواع قارچ ها، حشرات و سخت پوستان استخراج شود. اساساً کیتوزان پلیمری متشکل از واحدهای توزیع شده تصادفی -N-استیل--D-گلوکزآمین و -D-گلوکزآمین با درجه استیلاسیون، نوع استیلاسیون و وزن مولکولی متفاوت

است که می تواند از نظر شیمیایی به مشتقات آن تغییر یابد. این مشتقات بر تأثیر ضد باکتریایی کیتوزان و حلالیت آن در محلول های اسیدی تأثیر می گذارد. سه گروه عملکردی واکنشی کیتوزان عبارتند از: گروه آمینه در موقعیت C-6، گروه هیدروکسیل اولیه در موقعیت C-6 و گروه هیدروکسیل ثانویه در موقعیت C-3. گروه آمینه در موقعیت C-6 با کیتوزان بدست آمده از کیتین به دلیل عملکردهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی آن متفاوت است. کیتوزان به دلیل ساختار شیمیایی متنوع، یک بیوپلیمر بسیار مفید و جذاب است. تنوع ساختاری را می توان در MW از کم (100 کیلو دالتون) تا زیاد (300 کیلو دالتون) و همچنین DD از کیتین ($>60\%$) تا کیتوزان ($<60\%$) مشاهده کرد. طیف گسترده ای از نمونه های کیتوزان که در مطالعات مختلف توصیف شده اند شگفت آور است. علاوه بر این، در مورد استفاده از کیتوزان در کاربردهای مختلف بیولوژیکی تضادهای مختلفی وجود دارد.

صحبت از سنتز مشتقات کیتوزان، سودمندترین مزیت کیتوزان این است که می توان آن را از نظر شیمیایی به انواع مختلفی از مشتقات تغییر داد. به دلیل وجود یک گروه الکل اولیه و یک گروه آمینه، کیتوزان اصلاح شده با N، O و همچنین کیتوزان اصلاح شده با O را می توان به کیتوزان اصلاح شده با N تغییر داد. دلیل اصلی سنتز مشتقات مختلف کیتوزان بهبود خواص خاص است. به عنوان مثال، مشتقات کیتوزان چهارتایی شده فعالیت ضد میکروبی و حلالیت در آب را بهبود بخشیده اند، در حالی که

مشتقات کیتوزان فسفریله شده حلالیت را بهبود بخشیده اند و مشتقات کیتوزان N-بنزیل /N-آلکیل فعالیت ضد میکروبی بهبود یافته را نشان می دهند [27]. امروزه می توان کیتوزان را با استفاده از دو روش اصلاح کرد: اصلاحات انتخابی و غیر انتخابی. گروه هیدروکسیل کمتر از گروه آمینه هسته دوست است. با این حال، هر دو گروه هنوز هم می توانند با الکتروفیل ها، از جمله ایزوتیوسیانات ها و اسیدها، تعامل داشته باشند. این واکنش ها منجر به سنتز مشتق انتخابی O-chitosan توسط یک واکنش یک نقطه ای می شود، در حالی که مشتق غیرانتخابی N-، O-chitosan سنتز می شود. یک محلول اسیدی مانند اسید سولفوریک H_2SO_4 می تواند در تولید مشتق O-chitosan استفاده شود. گروه آمینو با استفاده از محلول اسیدی پروتونه می شود که باعث واکنش پذیری گروه عاملی الکل می شود. این واکنش 90 تا 95 درصد از اسیدهای آمینه را حفظ می کند. همچنین یک راه بسیار موثر و آسان برای به دست آوردن مشتق کیتوزان اصلاح شده با O است. از سوی دیگر، مشتق انتخابی کیتوزان مجهز به این روش فقط به الکتروفیل ها محدود می شود و تنها می تواند با گروه آمینه واکنش دهد.

کیتوزان به دلیل هزینه کم، زیست سازگاری، عدم سمیت و زیست تخریب پذیری، کاربردهایی در زمینه های مختلفی مانند مهندسی بافت، آرایشی، زیست پزشکی و بیوتکنولوژی دارد. کیتوزان را می توان برای شفاف سازی فاضلاب عامل و حذف یون های رنگ یا فلز به دلیل پتانسیل آن برای

پروتونه کردن گروه آمینه استفاده کرد. می توان آن را به طور گسترده در صنایع غذایی به عنوان یک مهار کننده قهوه ای شدن در آب میوه ها، یک آنتی اکسیدان در سوسیس، یک عامل تصفیه کننده در آب سیب و یک عامل ضد میکروبی استفاده کرد. کیتوزان همچنین می تواند برای انتقال پروتئین ها و پپتیدهای ترانس مخاطی به دلیل توانایی آن در چسبیدن به مخاط و اتصالات باز سلول های اپیتلیال استفاده شود. در نهایت می توان از آن به عنوان حامل داروهای ماکرومولکولی استفاده کرد. به طور معمول، کیتوزان به شکل طبیعی خود با محدودیت هایی مانند سطح کم، تخلخل کم و حلالیت کم در pH خنثی استفاده می شود. عملکرد کیتوزان را می توان با تولید مشتقات مختلف از طریق فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی مختلف افزایش داد.

امروزه با حفظ خواص ارگانولپتیکی و تغذیه ای محصولات غذایی، به ایمنی میکروبیولوژیکی مواد غذایی اهمیت زیادی داده می شود. برای تطبیق با این فرآیندها، صنایع غذایی باید از مواد بسته بندی ویژه ای استفاده کنند که از کیفیت و ایمنی مواد غذایی محافظت می کند. علاوه بر این، انتظار می رود مواد بسته بندی مواد غذایی نسل جدید دارای خواص ضد میکروبی باشند که محیطی را ایجاد می کند که رشد میکروبی را به تاخیر می اندازد یا به طور کامل از آن جلوگیری می کند و در نتیجه ماندگاری محصولات غذایی را افزایش می دهد. مواد ضد میکروبی را می توان به دو دسته کلی طبقه بندی کرد: مواد آلی و مواد معدنی. به عنوان مواد معدنی، فلزات،

فسفات‌های فلزی و اکسیدهای فلزی مورد توجه ویژه‌ای هستند که برای استفاده انسان و/یا حیوان ایمن در نظر گرفته می‌شوند. مواد معدنی در شرایط سخت پایدار هستند. با این حال، نمونه‌هایی از مواد ضد میکروبی آلی شامل ترکیبات هالوژنه، نمک‌های آمونیوم چهارتایی و فنل‌ها هستند. همچنین، مطالعات اخیر نشان داده است که پلیمرهای طبیعی مانند کیتوزان و مشتقات آن دارای فعالیت ضد باکتریایی هستند. بنابراین کیتوزان ماده امیدوارکننده‌ای است که به دلیل توانایی آن در جلوگیری از گاز یا عطر در حالت خشک و تشکیل فیلم عالی می‌تواند در بسته‌بندی مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد و برای این منظور از کیتوزان در مواد غذایی مختلف برای افزایش ماندگاری استفاده می‌شود.