مقاله تحلیلی

فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۶۶، پاییز ۱۴۰۲ (۱۴۲- ۱۳۳)

مروری بر کاربردهای کیتین و کیتوزان در صنایع مختلف

معصومه کردی [۱]

ناصر فرَخی [۲*]

n_farrokhi@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۱۱ **تاریخ پذیرش: ۹۸/۱/۲۸**

چکیده

زمینه و هدف: کیتین در اسکلت خارجی حشرات، پوسته سخت پوستان و دیواره سلولی قارچها یافت می‌شود. کیتین با فرمول بتا ۱ و ۴ - *N*استیل D- گلوکز آمین، اولین بار در سال ۱۸۸۴ شناسایی شد. کشورهایی مانند هندوستان، ژاپن، لهستان و استرالیا از جمله تولیدکنندگان اصلی این بیوپلیمر به حساب می‌آیند.

روش بررسی: در این پژوهش به مطالعه ساختار و اهمیت کیتین و یکی از مشتقات ارزشمند آن، کیتوزان پرداخته شده است. کیتین ماده ای سخت با ساختار کریستالی و سفید رنگ است. منبع اصلی تولید صنعتی کیتین در دنیا، ضایعات پوسته حاصل از صنایع فرآوری میگو و خرچنگ است. کیتوزان از مشتقات کیتین است که با فرآیند دی استیلاسیون کیتین به‌دست می‌آید. در واقع، کیتوزان پلیمر ترکیبی گلوکز آمین و N- استیل گلوکز آمین است که به وسیله پیوندهای ۱و ۴ گلیکوزیدی به هم متصل شده‌اند. به دلیل وجود گروه‌های آمینی در ساختمان کیتوزان، این ماده در محیط‌های اسیدی از حلالیت بهتری برخوردار است.

یافته‌ها: به دلیل خواص منحصر به فرد کیتین و کیتوزان، کاربرد آن در صنایع مختلف از جمله مهندسی آب، صنعت کاغذ، صنعت نساجی، پردازش غذا، کشاورزی، آزمایشگاهی (کروماتوگرافی)، باتری های حالت جامد، ژل کیتوزان برای LED، در زمینه پزشکی و زیستی از جمله مهندسی بافت، بهبود زخم/پانسمان زخم، چشم پزشکی گزارش شده است.

بحث و نتیجه گیری: به طور کلی کیتین و کیتوزان در کلیه زمینه های اشاره شده کاربرد دارد. استفاده از این ترکیبات سالم و دوستدار محیط زیست خصوصا در حوزه‌ی پزشکی و سایر صنایع بسیار مقرون به صرفه و سودآور می باشد.

واژه‌های کلیدی: کیتین، تولید، صنعت، زیست فناوری، پزشکی.

۱- دانشجوی دکتری بیوتکنولوژی کشاورزی، گروه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲- دانشیار گروه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، گروه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

Human and Environment, No. 66, Autumn 2023

An overview of the applications of chitin and chitosan in different industries

Masoumeh Kordi [1]
Naser Farrokhi [2*]
n_farrokhi@sbu.ac.ir

Admission Date: April 17, 2019 Date Received: May 1, 2018

Abstract

Background and Objective: Chitin is found in the external skeleton of insects, the shell of crustaceans and the fungal cell wall. Chitin with the formula B-1, 4 N- acetyl glucosamine, it was first identified in 1884. Countries such as India, Japan, Poland and Australia are among the main producers of this biopolymer.

Material and Methodology: In this research, the structure and importance of chitin and one of its valuable derivatives, chitosan, have been studied. Chitin is a hard substance with a crystalline structure and white color. The main source of industrial chitin production in the world is shell waste from shrimp and crab processing industries. Chitosan is a derivative of chitin obtained by deacetylation of chitin. In fact, chitosan is a composite polymer of glucose amine and N-acetylglucose amine, which are connected by 1 and 4 glycosidic bonds. Due to the presence of amino groups in the structure of chitosan, this substance has better solubility in acidic environments.

Findings: Due to the unique properties of chitin and chitosan, its use in various industries such as water engineering, paper industry, textile industry, food processing, agriculture, laboratory (chromatography), solid state batteries, chitosan gel for LED, it has been reported in medical and biological fields including tissue engineering, wound healing/wound dressing, ophthalmology.

Discussion and Conclusion: In general, chitin and chitosan are used in all mentioned fields. The use of these healthy and environmentally friendly compounds, especially in the field of medicine and other industries, is very economical and profitable.

Key words: chitin, production, industry, biotechnology, medicine.

1- PhD candidate of Agricultural Biotechnology, Department of Cell & Molecular Biology, Faculty of Life Sciences & Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2- Associate Professor in Cell & Molecular Biology, Department of Cell & Molecular Biology, Faculty of Life Sciences & Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. *(*Corresponding Author*)

مقدمه

کیتین و کیتوزان به عنوان فراوان ترین آمینوپلی‌ساکاریدها در طبیعت، دارای خصوصیاتی از جمله سازگاری زیستی بالا، سمیت پایین، زیست تخریب‌پذیری و خواص ضدمیکروبی قابل قبول هستند. این خصوصیات منحصر به فرد، موجب شد تا کیتین و کیتوزان توجه زیادی را نه تنها از نظر فراوانی در منابع طبیعی بلکه به دلیل پتانسیل بالا، جهت تهیه مواد کاربردی، به طرف خود معطوف کنند.

۱. کیتین و کیتوزان

کیتین پس از سلولز فراوان‌ترین پلی‌ساکارید طبیعی متشکل از واحدهای (*N*-acetylglucosamine) 2-acetamido-2-deoxy-B-D-glucose متصل شده با پیوندهای β (۱→۴) می‌باشد. کیتین از نظر ساختاری همانند سلولز است، اما دارای گروه‌های استامید (-$NHCOCH_3$) در موقعیت‌های C_2 می‌باشد. کیتوزان پلی‌مر خطی از واحدهای 2-amino-2-deoxy-B-D-glucopyranose است که با پیوندهای α (۱→۴) به هم متصل شده‌اند که به آسانی و از طریق *N*- داستیلاسیون تولید می‌شوندانواع کیتوزان به درجه داستیلاسیون آن بستگی دارد و بنابراین کوپلیمری از *N*- استیل‌گلوکزآمین و گلوکزآمین است (۱).

کیتین پلی‌ساکارید نیتروژن‌دار[1] سفید، سخت و غیرقابل‌انعطاف است که در اسکلت خارجی و ساختارهای درونی بی‌مهرگان دیده می‌شود. ضایعات این پلیمرهای طبیعی منبع اصلی آلودگی سطحی در محیط‌های ساحلی است. تولید کیتوزان از اسکلت خارجی سخت پوستان به عنوان ضایعات صنعت غذا از نظر اقتصادی عملی است، مخصوصا اگر همرا با بازیابی کاروتنوئیدها باشد. اسکلت خارجی حاوی مقادیر قابل توجهی از استاگزانتین، هستند که به عنوان افزودنی به محیط‌های پرورشی ماهی (مخصوصا برای پرورش ماهی آزاد) مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱، ۲).

۱-۱. اهمیت کیتین و کیتوزان

کیتین و کیتوزان پلی‌مرهای فراوان و تجدیدشدنی هستند که واجد خصوصیاتی از قبیل، تجزیه‌پذیری زیستی، قابلیت سازش-پذیری زیستی می‌باشند (۳).

این دو پلیمر، پلی ساکارید ازت‌دار طبیعی هستند که در ساختمان شیمیایی هر کدام بیشتر از ۵۰۰۰ مونومر گلوکزآمین وجود دارد. تاکنون بیش از ۳۰۰۰ اختراع کاربردی از کیتین و کیتوزان و مشتقات آنها به علت ساختار شیمیایی، خصوصیات و عملکردهای متفاوت اینها به ثبت رسیده است. این پلیمرها در صنایع مختلف داروسازی، آرایشی، کشاورزی، صنایع غذایی، تولیدات گیاهی، پالایش آب، زیست فناوری، پزشکی، کاغذسازی، پالایش فلزات سنگین، تغذیه حیوانات، شیمی فیبر و نساجی کاربرد دارند. تا به‌حال بیش از ۳۰۰ منبع مختلف از انواع بی‌مهرگان و گیاهان دریایی، جلبک‌ها، باکتری‌ها، حشرات، قارچ‌ها، مخمرها و غیره برای استخراج این مواد مورد بررسی قرار گرفته‌اند. آنها حاصل ضایعات صنعت کنسروسازی میگو، کریل و خرچنگ هستند. سازمان تجارت آمریکا[2] در ۱۹۷۳ گزارش کرده است که بالای ۱۵۰،۰۰۰ میلیون تن کیتین از پردازش ضایعات سخت‌پوستان، کریل، صدف‌ها، اویسترها، ماهی‌های مرکب، و قارچ‌ها تولید می‌شود. کیتین و کیتوزان گرانتر از سلولز هستند و میزان نیاز جهانی کیتین ۱۵۰،۰۰۰ تن در سال برآورد شده است، درحالی‌که میزان تولید فعلی آن ۳۰۰۰ تن در سال می‌باشد. عدم امکان تولید بیشتر به دلیل محدودیت منابع قابل دسترس و فصلی بودن صید سخت پوستان می‌باشد. در حال حاضر بیش از ۴۵ شرکت در دنیا به تولید و تجارت این دو اشتغال دارند. تجارت جهانی سالیانه آنها در ژاپن، بزرگترین مصرف کننده، و در آمریکا، بزرگترین تولیدکننده آن، میلیونها دلار می‌باشد. نظر به اهمیت و کاربردهای فراوان این دو پلیمر طبیعی دستیابی به منابع جدید و روشهای نوین در عمل‌آوری آنها مدنظر بسیاری از کشورها می باشد (۳، ۴، ۵).

1- Nitrogenous

2- US Department of Commerce

۲-۱. خصوصیات شیمیایی و زیستی کیتوزان

اغلب پلی‌ساکاریدهای اسیدی موجود در طبیعت مثل سلولز، دکسترین، پکتین، آلژنیک اسید، آگار، آگارز و کاراگنان به طور طبیعی اسیدی هستند، در حالی‌که کیتین و کیتوزان مثال‌هایی از پلی‌ساکاریدهای به شدت بازی می‌باشند (۱).

باوجود اینکه پیوندهای β (۴ → ۱) انهیدروگلوکوزیدیک کیتین در سلولز نیز وجود دارد اما سلولز از نظر خصوصیات با کیتین/کیتوزان متفاوت است. کیتین به شدت هیدروفوب و نامحلول در آب و اغلب محلول در حلال‌های آلی مثل هگزافلوروایزوپروپانول، هگزافلورواستون و کلروالکل‌ها و همچنین در محلول‌های آبی اسیدهای معدنی و دی متیل‌استامید (DMAc) حاوی ۵ درصد لیتیم کلرید (LiCl) محلول است. اخیرا دوتا و همکاران انحلال کیتوزان در *N*- متیل مورفولین *N*- اکسید (H_2O/(NMMO) گزارش کردند. در هیدرولیز کیتین با اسیدهای غلیظ قندهای آمینی، D- گلوکزآمین نسبتا خالص تولید می‌شود (۶، ۷).کیتوزان پلی‌آمینی خطی، با گروه‌های آمینو و هیدروکسیل واکنش‌پذیر است از جمله خصوصیات شیمیایی کیتوزان اینکه یون‌های فلزی قابل جابجایی را کلاته کرده و از جمله خصوصیات زیستی کیتوزان اینکه پلیمری طبیعی با قابلیت هضم زیستی، ایمن و غیر سمی، با اثرات احیاکنندگی روی بافت-های پیوندی چسبی[1] ،منعقدکننده[2] قابلیت کشتن سلول‌های نطفه‌ای، ضدتومور، جلوگیری از افزایش کلسترول[3] سرعت دهنده شکل‌گیری استخوان، آرامبخش سیستم عصبی مرکزی، حامل آنتی‌بادی می باشد (۱، ۲).

۲. کاربردهای کیتین و کیتوزان

تاریخچه مطالعه کیتین به زمان بررسی خصوصیات رفتاری و شیمیایی لیزوزیم، آنزیم موجود در مایعات بدن انسان برمیگیرد. لیزوزوم با شکستن مواد کیتین‌دار دیواره سلولی باکتری ها را متلاشی می‌کند (۸، ۹).

عامل محدودکننده عمده در استفاده و بررسی خواص و ساختار کیتین حلالیت ضعیف آن می‌باشد. با وجود این محدودیت‌ها، کاربردهای بسیاری برای کیتین و کیتوزان به عنوان ماده اولیه برای ساخت الیاف سنتتیک گزارش شده است. الیاف ساخته شده از کیتین و کیتوزان به عنوان بخیه‌ی قابل جذب و مواد پانسمان زخم مفید می‌باشد.مواد مورد استفاده در پانسمان زخم که از الیاف کیتینی ساخته شده باشد سبب افزایش ۷۵ درصدی سرعت بهبود زخم می‌شود. به جز کاربردهای حوزه‌ی پزشکی، فیبرهای کیتین و کیتوزان دارای کاربردهای بالقوه‌ای در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب هستند، که در حذف یون‌های فلزات سنگین توسط کیتوزان از طریق کلاته کردن جلب توجه کرده است. همچنین به مصارف آنها در صنایع پوشاک نیز می‌توان اشاره کرد (۱۰، ۱۱).

۱-۲. کاربردهای صنعتی کیتوزان

به سبب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، کیتوزان در تولید دامنه-ی وسیعی از محصولات مختلف کاربرد دارد. فیلم‌های کیتوزانی، فیبرها، میکروذرات و نانوذرات کیتوزانی برای مهندسی بافت، انتقال دارو، واکسینه کردن و انتقال DNA کاربرد دارند (۱۲). در حال حاضر، کیتوزان در علوم پزشکی و صنایع غذایی به دلیل خواص ضد باکتریایی (۱۳، ۱۴)، ضد توموری(۱۵) و عملکرد هیپوکلسترومیک (۱۶) مورد توجه است. امروزه خواص ضد باکتری و ضدقارچی کیتوزان علیه دامنه گسترده‌ای ازسویه‌های باکتریایی و قارچی گزارش شده است (۲۱-۱۷).

۱-۱-۲. مهندسی آب

کیتوزان بیوپلیمری طبیعی است که در تصفیه آب و فاضلاب کاربرد دارد و دارای توانایی‌های منحصر به فردی در انعقاد و لخته‌سازی ذرات معلق و کلوئیدی، جذب روغن و گریس محلول و همچنین فلزات سنگین کلاته شده می‌باشد. کیتوزان می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای نمک‌های آلومینیوم و پلی-الکترولیت‌های سنتتیک در تصفیه آب و فاضلاب مورد توجه قرار گیرد. استفاده از کیتوزان در تصفیه آب و فاضلاب دارای مزایایی از قبیل کاهش اثرات سوء بهداشتی باقیمانده آلومینیوم و پلیمرهای مصنوعی، تولید لجن قابل تجزیه بیولوژیکی، جداسازی

1- connective gum tissue
2- Hemostatic
3- Anticholesteremic

یون‌های فلزی محلول و فلزات سنگین، کاهش یون‌های محلول موجود در آب و فاضلاب، و .. می‌باشد (۲۲).

ولتروسکی و همکاران (۱۹۹۶) مشتقات کیتوزان N- بنزیل سولفونات را به عنوان جاذبی برای حذف یون‌های فلزی در محیط کشت‌های اسیدی استفاده کردند . باهوانی و دوتا (۱۹۹۹) حذف رنگ از فاضلاب خانگی را با استفاده از کیتوزان به عنوان رونشین شونده گزارش کردند. مقادیر قابل توجه‌ای از تولید کیتین و کیتوزان دنیا و مشتقاتشان در تصفیه فاضلاب استفاده می‌شود. مولکول‌های کیتوزان عمدتا (به مقدار زیادی) ضایعات آنیونیک محلول را برای شکل دادن به رسوبات پردازش ضایعات غذا ذخیره می‌کنند. پس کیتوزان می‌تواند به طور موثری با رزین‌های سنتتیک در حذف فلزات سنگین از آب رقابت کنند. بنابراین کیتین برای آلودگی‌زدایی فاضلاب‌های حاوی پلوتونیم، و آب حاوی متیل جیوه (مرکوری) استات، استالدهید، استفاده می‌شود. کاربرد مخلوط کیتوزان/کیتین برای حذف آرسنیک از آب آشامیدنی آلوده نیز گزارش شده است (۱۰). از توانایی اسید زدایی کیتین در صنعت قهوه و پالایش آشامیدنی‌هایی مثل نوشیدنی‌های الکلی و آب میوه نیز استفاده می‌شود (۱، ۲۳، ۲۴).

۲-۱-۲. صنعت کاغذ

کیتن و کیتوزان با قابلیت تجزیه پذیری می توانند به بازیابی کاغذ کمک کنند و تولید بسته بندی‌ها و سایر محصولات دوستدار محیط زیست را افزایش دهند. از زمان‌های قدیم در کارخانه‌های کاغذ از کیتوزان به دلیل شباهت بالا به سلولز سازنده دیواره سلولی گیاهان استفاده شده است. اخیرا کاغذهای تولیدی با کیتوزان سطوح صافتری دارند و نسبت به رطوبت مقاوم‌تر هستند. در بین سایر اقلام کیتوزان بیشترین ارزش را در تولید دستمال‌توالت و کاغذ بسته‌بندی و مقوا دارد. هیدروکسی متیل کیتین و سایر مشتقات محلول آن در ساخت کاغذ مفید هستند که می‌توانند به عنوان مواد بسته بندی تجزیه پذیر برای بسته-بندی غذا و سایر محصولات استفاده شوند (۲).

۳-۱-۲. صنعت نساجی (پارچه)

مشتقات کیتین در دفع نیروی الکتریسیته و خاک پارچه‌ها استفاده می‌شوند. کیتین قابلیت استفاده در مقوله چاپ در صنعت نساجی را دارا می‌باشد. در حالیکه کیتوزان قادر است تا رنگ‌ها را از فاضلاب‌ها حذف کند. علاوه بر این، کیتین و کیتوزان هر دو در تولید نخ پارچه‌ای پزشکی، ریسمان و فیبرها کاربرد داشته‌اند (۱۲).

۴-۱-۲. پردازش غذا

از آنجاکه کیتوزان برای حیوانات خونگرم سمی نیست، استفاده از آن در صنعت غذا به خوبی شناخته شده است. کریستال‌های ریز کیتین خصوصیات امولسیون کنندگی عالی، غلیظ کنندگی بالا، ژله کنندگی برای پایداری غذا از خود نشان داده‌اند. از جمله خصوصیات مهم کیتوزان آثار ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی آن است که تحقیقات قابل ملاحظه‌ای در مورد این خواص کیتوزان و کاربرد آن در صنایع غذایی انجام شده است. استفاده از کیتوزان در ژاپن در سال ۱۹۸۳ و در کره در سال ۱۹۹۵ در برخی از مواد غذایی مجاز اعلام شده است و تحقیقات زیادی در مورد خواص ضد میکروبی و قدرت نگهدارنده کیتین و کیتوزان انجام شده است (۱).

در تولید سس‌های مایونز از مواد تثبیت کننده و قوام‌دهنده مانند زانتان، کربوکسی‌متیل‌سلولز، کاراگنان، آلژینات‌ها، کتیرا، پکتین، گوار و سایر مواد صمغی و هیدروکلوئیدی استفاده می‌شود تا ثبات و دوام بیشتری به ساختار امولسیون در سس ببخشند. در پژوهشی که توسط برزگر و مصباحی ۱۳۸۵ انجام شد از کیتوزان استخراجی از پوسته میگو به عنوان جایگزینی جدید برای پایدار-کردن و قوام‌دهی در سطح تجاری مورد بررسی قرار گرفت و تاثیر این ماده بر بافت و خواص رئولوژیک سس مایونز بررسی شد. کیتوزان تجاری و کربوکسی‌متیل‌سلولز مورد تحقیق واقع شد. برخی از تحقیقات انجام شده در مورد کیتوزان و کاربردهای آن در صنایع غذایی شامل رولر و کوویل (۲۰۰۰)، بنجاکول و همکاران (۲۰۰۰) و سانگ و همکاران (۲۰۰۱) می‌باشد (۲۵، ۲۶، ۲۷).

۵-۱-۲. کشاورزی

تیمار بذور با کیتین (گندم) سبب تسریع رشد و افزایش اثرات رشدی می‌شود. افزودن مواد کیتین‌دار به خاک گلدان سبب

کاهش معنی‌دار هجوم پاتوژن‌های قارچی و نماتدها به گیاه می‌شود (۱، ۲).

۶-۱-۲. جداسازی‌های کروماتوگرافی

کیتین و کیتوزان نقش عمده‌ای در جداسازی از طریق کروماتوگرافی دارند. حضور گروه‌های آزاد NH_2، گروه‌های OH اولیه و گروه‌های OH ثانویه در کیتوزان آن را به عنوان رزین مناسبی در کروماتوگرافی معرفی کرده است. استفاده از کیتوزان در کروماتوگرافی لایه نازک برای تفکیک نوکلئیک‌اسیدها نیز گزارش شده است (۱، ۲، ۲۴). ری و همکاران (۱۹۹۸) کیتین و کیتوزان را به عنوان ماده‌ی جاذب فاز جامد استخراج از فنل و کلروفنول با استفاده از HPLC کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا استفاده کردند (۲۶).

۷-۱-۲. باتری‌های حالت جامد

به سبب حل نشدن کیتوزان در آب در ساختن باتری‌های پلیمر رسانا پروتون حالت جامد به کار می‌رود. بنابراین کیتوزان در استیک‌اسید برای تولید رسانایی یونیک حل می‌شود. رسانایی به سبب وجود پروتون در محلول استیک‌اسید است. انتقال این پروتون‌ها بررسی شده که از طریق میکروویدها موجود در پلیمر رخ می‌دهد (۱، ۲۴).

۸-۱-۲. ژل کیتوزان برای LED

اخیرا، رنگ‌های حاوی ژل‌های کیتوزان به عنوان ترکیبات قوی در لیزرها و سایر دستگاه‌های ساطع‌کننده نور (LEDs) استفاده شده‌اند (۱).

۲-۲. کاربردهای پزشکی زیستی[1] کیتوزان

یکی از مسائلی که در حال حاضر در مراکز آموزشی درمانی و بیمارستان‌ها با آن مواجه می‌باشند، مقاومت باکتری‌های بیماری‌زانسبت به آنتی بیوتیک‌ها است.که سبب ایجاد عفونت در بیماران بستری شده در بیمارستان‌ها می‌شود، بطوریکه آلودگی میکروبی اتاق عمل، اتاق زایمان، بخش سوختگی، پانسمان و تزریقات، از مهمترین عوامل زمینه‌ساز عفونت‌های بیمارستانی بوده و در این محیط‌ها این گونه عفونت‌ها شایع است. امروزه محققین به دنبال یافتن مواد ضد میکروبی جدید به دلیل تغییر فرم مقاومتی باکتری‌ها، به خصوص باکتری‌های بیماریزامی‌باشند(۲۷).

طراحی سیستم‌های کلیه مصنوعی همودیالیز مکرر را ممکن ساخته است و بیماران با ضعف کلیوی مزمن را زنده نگه‌داشته است. غشاهای کیتوزانی به دلیل توانایی تراوایی مناسب و توانایی کششی بالا به عنوان غشاهای کلیه مصنوعی پیشنهاد شده‌اند (۶، ۲۷، ۲۸).

مهمترین قسمت کلیه مصنوعی غشا نیمه تراوای آن است که تاکنون از سلولز تجاری ساخته شده است، و نظر به‌اینکه عمل اولیه غشا سلولزی غربالگری آن است، انتخاب‌پذیری پایینی در جداسازی دو مولکول خیلی مشابه دارد. که لازم است غشاهای جدیدی برای کنترل بهتر تصفیه شکل بگیرند (۶، ۲۷، ۲۸)

یک سری از غشاهای حاصل از کیتین و مشتقات آن خصوصیات دیالیز را توسعه داده‌اند. یکی از مشکلات جدی استفاده از این غشاهای مصنوعی، القا سطحی ترمبوز (لخته شدگی) است، از این نقطه نظر، کیتوزان هموستاتیک است برای مثال باعث ایجاد لخته می‌شود (۲۸).

۱-۲-۲. مهندسی بافت

مهندسی بافت، توسعه و دستکاری سلول‌های رشد یافته آزمایشگاهی، بافت‌ها یا ارگان‌ها است که یا جایگزین شده‌اند یا عملکرد ناقص قسمت‌های آسیب دیده بدن را حمایت می‌کنند. از جمله پیشرفت‌های مهندسی بافت شامل توسعه تکنولوژی تولید جایگزین برای مفصل ران، زانو، زردپی، رباط، و بافتهای آوندی می‌باشد.

تکنولوژی مهندسی بافت برای ساختن بافت‌های مصنوعی از انواع متفاوت مواد طبیعی متشکل از پلیمرهای طبیعی و سنتتیک استفاده می‌نماید. در بین این مواد پلی‌لاکتید، پلی‌گلیکولید و یا کوپلیمر، پلی‌لاکتید کوگلیکولید به دلیل توانایی هضم زیستی و توانایی رقابت زیستی، مواد مناسبی برای مهندسی بافت هستند. کیتوزان و برخی از مشتقات آن نیز می‌تواند در چنین مواردی در زیست پزشکی مورد استفاده قرار گیرد (۲).

1- Biomedical

۲-۲-۲. بهبودی زخم/پانسمان زخم (مرهم)

کیتوزان سبب تسریع بهبود زخم‌ها می‌شودبه همین دلیل به عنوان پو ش شی طبیعی در پز شکی ا ستفاده می شود. ابریـ شم استاندارد و روده‌های بخیه پوشیده شده با کیتوزان اثرات بهبودی بر روی زخم دارند. گاز جراحی پوشیده شده با کیتوزان میزان فعالیت حقیقی بالاتری نسبت به گروه کنترل پوشیده نشده داشته است (۲، www.bae.ncsu.edu, www.vanson.com).

کیتوزان بواسطه اینکه می‌تواند سبب چسبناکی، جذب آب و تشکیل بیوفیلم گردد، نقش موثری در درمان عوارض بیولوژیکی بدن دارد. این فیلم‌ها نسبت به اکسیژن تراوا هستند که این در اکسیژن‌رسانی به بافت‌های آسیب دیده کمک می‌کند. علاوه بر این، فیلم های کیتوزانی جاذب آب و از طرف دیگر و به طور طبیعی توسط آنزیم‌های بدن هضم می‌شوند (۱). اثر تیمار کیتوزان و محلول نمکی روی بهبودی و تنش تار (پیدایش بافت های تاری مثلا روی زخم التیام یافته) زخم‌ها توسط وارد کردن اسکالپل در پوست و بافت‌های زیرپوستی در سطح شکمی سگ گزارش شده است. به نظر می‌رسد که پلی‌ساکاریدهای کیتوزان خصوصیات ساختاری مشابه با گلوکزآمین‌گلایکن‌ها را دارند که می‌توانند برای توسعه پوست مصنوعی جهت جایگزینی پوست بررسی شوند. امروزه بررسی‌هایی روی زخم مغزی، جراحی پلاستیک پوست با استفاده از کیتوزان انجام شده است (۲۹، ۳۰).

۳-۲-۲. چشم پزشکی[1]

کیتوزان جایگزین پلیمرهای سنتتیک در چشم‌پزشکی شده است. کیتوزان دارای همه خصوصیات مورد نیاز برای لنزهای تماسی مطلوب از قبیل وضوح دیداری، پایداری مکانیکی، تصحیح دیداری، تراوایی در مقابل هوا و به طور جزئی در برابر اکسیژن، قابلیت خیس شدن و سازش‌پذیری از نظر ایمنی‌شناسی می‌باشد. لنزهای تماسی از کیتوزان خالص و جدا شده از ماهی مرکب با تکنولوژی سانتریفیوژ ساخته شده‌اند، و این لنزهای تماسی شفاف، سخت و خصوصیات فیزیکی دیگری از قبیل قدرت کششی، قدرت اشک (پارگی)، کشیدگی، محتوای آب و تراوایی نسبی به اکسیژن هستند. خصوصیات آنتی میکروبی و بهبودی زخم کیتوزان به همراه قابلیت شکل‌گیری فیلم، ویژگی‌های مناسب آن برای بستن زخم‌های عدسی چشم می‌باشند (۳۱).

۳-۲. تصفیه آب و فاضلاب

پساب های صنایع مختلف شامل فلزات سنگینی می باشد که برای انسان و محیط زیست مضر است. جهت کاهش مشکل آلودگی آب با فلزات سنگین روش های مختلف استفاده شده است از جمله جداسازی شیمیایی، فیلتراسیون، تصفیه الکترو شیمیایی، تبادل یونی، تبخیر، اسمز معکوس، انعقاد و ته نشینی که به طور کلی گران یا بی اثر هستند. لذا امروزه دانشمندان به دنبال روشهای ارزان، با اثرات بالا هستند. کیتوزان مشتق دی استیله کیتین است که به عنوان یک پلیمر کاتیونی قابل تجزیه زیستی مطرح است. پلیمر زیستی کیتوزان دارای توانایی منحصر به فردی در انعقاد و لخته سازی ذرات معلق و کلوئیدی، جذب روغن و گریس محلول و فلزات سنگین می باشد. استفاده از کیتوزان در تصفیه آب و فاضلاب دارای مزایایی از قبیل کاهش اثرات سو بهداشتی باقیمانده آلومینیوم و پلیمرهای مصنوعی، تولید لجن قابل تجزیه زیستی، جداسازی یونهای فلزی محلول و فلزات سنگین و ... است (۲۲، ۳۲).

نتیجه‌گیری

به طور کلی کاربرد کیتین و کیتوزان در کلیه زمینه های اشاره شده خصوصا حوزه‌ی پزشکی بسیار مقرون به صرفه و ارزشمند است. در زمینه صنایع نیز استفاده از این ترکیبات با توجه به اینکه مانع از وارد آمدن خسارت به سلامت و محیط زیست می‌گردد درنتیجه هزینه‌های بعدی را به دنبال نخواهد داشت بسیار ارزشمند است و کار در این صنعت سودآوری بالایی خواهد داشت.

References

1. Dutta, PK., Dutta, J., Tripathi V., 2004. Chitin and chitosan: chemistry, properties and applications. Journal of

1- Opthalmology

Scientific & Industrial Research, 63, 20-31.
2. Dutta, PK., Ravikumar, MN., Dutta, J., 2002. Chitin and chitosan for versatile applications. JMS Polym Rev, 42, 307.
3. Hudson, SM., Smith, C., 1998. Polysaccharide: chitin and chitosan: chemistry and technology of their use as structural materials. Biopolymers from renewable resources, 96, 118.
4. Kim, SJ., Kim, SS., Lee, YM., Synthesis of chitosan derivatives with quaternary ammonium salt and their antibacterial activity. Polymer Bulletin, 38, 387.
5. Kurita, K., Tomita, K., Ishii, S., Nishimura, S., Shimoda, K., chitin as a convenient starting material for acetolysis for efficient preparation of *N*-acetylchitin to oligosaccharides. Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry, 31, 23-39.
6. Dutta, PK., Vishwanathan, P., Mimrot, L., Ravikumar, MNV., 1997. Use of chitosan-amine oxide gel as drug carriers. Journal of Polymer Materials, 14, 531.
7. Ravi Kumar Majeti, NV., A review of chitin and chitosan applications. Reactive and Functional Polymers, 46 (1), 1-27.
8. Wang, H., Li, W., Lu, Y., Wang, Z., Zhong, W., 1996. Studies on chitosan and poly (acrylic acid) interpolymer complex. II.solution behaviors of the mixture of water-soluble chitosan and poly (acrylic acid). Journal of Applied Polymer Science, 61, 2221-2224.
9. Le, Y., Anand, SC., Horrocks, AR., 1997. Recent development in fibres and materials for wound management, Indian Journal of fibre & textile Research, 22, 337.
10. Jeon, C., Holl, WH., 2003. Chemical modification of chitosan and equilibrium study for mercury ion removal. Water Research, 37, 4770
11. Lim, S., Hudson, SM., 2003. Review of chitosan and its derivatives as antimicrobial agents and their uses as textile chemicals. JMS Polym Rev, 43.
12. Yilmaz, E., 2004. Chitosan: A versatile biomaterial. Advances in Experimental Medicine and Biology, 553, 59–68.
13. No, HK., Park, NY., Lee, SH., Meyers, S., 2002. Antibacterial activity of chitosan and chitosan oligomers with different molecular weights. International Journal of Food Microbiology. 74, 65–72.
14. Rabea, EI., Badawy, MET., Stevens, CV., Smagghe, G., Steurbaut, V., 2003. Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. Biomacromolec, 6, 1457–1465.
15. Tokoro, A., Tatewaki, N., Suzuki, K., Mikami, T., Suzuki, S., Suzuki, M., 1988. Growth-inhibitory effect of hexa-N-acetylchitohexaose and chitohexaose against Meth-A solid tumor. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 36, 784–790.
16. Sugano, M., Yoshida, K., Hashimoto, M., Enomoto, K., Hirano, S., 1992. Hypocholesterolemic activity of partially hydrolyzed chitosans in rats. In C. J. Brine, P. A. Sandford, & J. P. Zikakis (Eds.), Advnces in chitin and chitosan. Proceedings from the fifth international conference on chitin and chitosan, London: Elsevier, 472–478.
17. Fujimoto, T., Tsuchiya, Y., Terao, M., Nakamura, K., Yamamoto, M., 2006. Antibacterial effects of chitosan solution against Legionella pneumophila, Escherichia coli, and

Staphylococcus aureus. International Journal of Food Microbiology, 112 (2), 96–101.

18. Hayashi, Y., Ohara, N., Ganno, T., Ishizaki, H., Yanagiguchi, K., 2007. Chitosan- containing gum chewing accelerates antibacterial effect with an increase in salivary secretion. Journal Dentist, 35(11), 871–874.
19. Li, B., Wang, X., Chen, R., Huangfu, V., Xie, G., 2008. Antibacterial activity of chitosan solution against Xanthomonas pathogenic bacteria isolated from Euphorbia pulcherrima. Carbohydrate Polymers, 72(2), 287–292.
20. Liu, N., Chen, XG., Park, HJ., Liu, CG., Liu, CS., Meng, XH., 2006. Effect of MW and concentration of chitosan on antibacterial activity of Escherichia coli. Carbohydrate Polymers, 64(1), 60–65.
21. Xu, J., Zhao, X., Han, X., Du, Y., 2007. Antifungal activity of oligo-chitosan against Phytophthora capsici and other plant patho-genic fungi in vitro. Pesticide Biochemistry Physiology, 87(3), 220–228.
22. Nadafi, K., Tayefeh Rafi, M., Gholampour, A., 2005. Application of chitosan in water and wastewater treatment. The 8th National Environmental Health Conference. (In Persian)
23. Bhavani, KD., Dutta, PK., 2000. Physico-chemical adsorption properties on chitosan for dye house effluent. Indian Journal of Chemical Technology, 7, 198.
24. Sridhari, TR., Dutta, PK., 2000. Synthesis and characterization of maleilated chitosan for dye house effluent, Indian Journal of Chemical Technology, 7, 198.
25. Roller, S., Covil, N., 2000. The antimicrobial properties of chitosan in mayonnaise and mayonnaise- based shrimp salads. Journal of Food Protection, 63(2), 202-209.
26. Benjakoul, SW., Viessanguan, M., Tanaka, S., Ishizaki, R., Suthdham, & O Sugpech. 2000. Effect of chitin and chitosan on gelling properties of surimi from barred garfish (Hemiraphus far). Journal of the Science of Food and Agriculture, 81(1), 102-108.
27. Song, Y., Babiker, E., Yusai, M., Kato, A., 2002. Emulsifying properties and bactericidal action of chitosan-lysozyme conjugates. Food Research International, 35, 459-466.
28. Rhee, J., Jung, M., Paeng, K., 1998. Evaluation of chitin and chitosan as a sorbent for the preconcentration of phenol and chlorophenols in water. Anaytical Sciences, 14, 1089-1092.
29. Lin, WC., Liu, TY., Yang, MC., 2003. Hemocompatibility of Polyacrylonitrile dialysis membrane immobilized with chitosan and heparin conjugate, Biomaterials, (In Press), 25, 1947-1957.
30. Domard, A., Domard, M., Chitosan: Structure-properties relationship and biomedical applications, Polymeric biomaterials, edited by S Dumitriu, Second ed, (Marcel Dekker, New York), 2003.
31. Mucha, M., 1997. Rheological characteristics of semi-dilute chitosan solutions. Macromolecular Chemistry and Physics, 198, 471.
32. Rahimizadeh, Z., Hamidiyan, A., Hosseini, SV., 2014, The application of chitosan biopolymer in water and

wastewater treatment, the second national water crisis conference (climate change, water and environment), Shahrekord, Shahrekord University. (In Persian)