العنوان: تطوير مواد تغليف للأغذية مضادة للميكروبات وصديقة للبيئة باستخدام أغشية متراكبات حيوية متناهية الصغر

اسم الطالب: أ.د. رشاد رزق الهندي

اسم المشرف على الرسالة: أ.د. رشاد رزق الهندي

المستخلص عربي:

قد تساهم التقنيات الحديثة في تحسين فعالية مواد تغليف الأغذية بغرض الحد من مسببات الأمراض المنقولة بواسطة الأغذية وتقليل النفايات البيئية. بشكل تقليدي، يتم تغليف الغذاء بمواد بلاستيكية والتي نادرًا ما يمكن إعادة تدويرها، مما يؤثر سلبًا على البيئة. لذلك تلعب مواد التغليف القابلة للتحلل الحيوي دورًا مهمًا في الحفاظ على صحة النظام البيئي. ولكن توجد بعض المعوقات عند استخدام المواد الحيوية (مثل الشيتوزان، كحول عديد الفينيل، نشا البطاطس، كاربوكسي ميثيل السليلوز، نشا الذرة واللبان العربي)، تشمل ضعف الحاجز ضد الأكسجين والروائح والغازات والخواص الميكانيكية والتي تتسبب في كثير من الأحيان في خفض مدة صلاحية الغذاء بالمقارنة مع مواد التغليف التقليدية. لذلك كان أحد الحلول الفعالة للتغلب على هذه المعوقات هو مزج مواد معينة بأحجام متناهية الصغر مع المواد الحيوية والتي يمكن أن تحسن من خصائص مواد تغليف الغذاء من خلال تعزيز نشاطها المضاد للميكروبات وبالتالي الحد من مسببات الأمراض المنقولة بواسطة الأغذية، وبالتالي تؤدي الى تحسن ملحوظ في خصائص المواد الحيوية كمواد تغليف للأغذية. أن الغرض الأساسي من هذا البحث هو دراسة إمكانية استخدام أغشية من متراكبات حيوية متناهية الصغر للحد من مسببات الأمراض المنقولة بواسطة الأغذية من خلال تعزيز خصائص الأغشية المحضرة واستخدام مواد قابلة للتحلل الحيوي. تم في هذا البحث تحضير المتراكبات الحيوية متناهية الصغر ذات الخصائص المضادة للميكروبات بالإعتماد على الشيتوزان و كحول عديد الفينيل وجزيئات أكسيد الزنك و ثاني أكسيد السيليكون متناهية الصغر. تم تحضير جزيئات ثاني أكسيد السيليكون متناهية الصغر الممتزجة مع جزيئات أكسيد الزنك متناهية الصغر بتقنية الصول-جل ومن ثم مزجها بخليط من الشيتوزان و كحول عديد الفينيل بتراكيز مختلفة (٠,٥٠% , ١,٠% , ٣,٠% , ٥,٠٪) بطريقة الصب لانتاج أغشية من متراكبات حيوية متناهية الصغر. تم تقييم المتراكبات النانوية من ثاني أكسيد السيليكون وأكسيد الزنك بالإضافة إلى المتراكبات الحيوية المتناهية الصغر باستخدام الميكروسكوب الألكتروني الماسح والميكروسكوب الألكتروني النافذ والتحليل الطيفي باستخدام جهاز الأشعة تحت الحمراء واستخدام جهاز حيود الأشعة السينية وزاوية التلامس النهائية. وبالاضافة الى ذلك، تم تقييم الخواص الميكانيكية ونفاذية الغاز ومعدل انتقال بخار الماء لإغشية المتراكبات الحيوية المتناهية الصغر. تمت دراسة النشاط المضاد للميكروبات بطريقة كيربي- باير و طريقة عد الوحدات المكونة للمستعمرات لتقييم مدى حساسية ونشاط الميكروبات عند تعرضها لأغشية المتراكبات الحيوية المتناهية الصغر. كما تمت دراسة التغييرات المورفولوجية لخلايا البكتيريا عند تعرضها لتأثير اكسيد الزنك وأكسيد ثاني أكسيد السيليكون متناهية الصغر وذلك من خلال المجهر الألكتروني النافذ. أيضا تم تقييم السمية للمتراكبات الحيوية المتناهية الصغر باستخدام بكتيريا الإضاءة الحيوية (فيبريو فيشيري) وذلك لوصف مدى تأثير أكسيد الزنك و ثاني أكسيد السليكون المتناهية الصغر في كبح أو تثبيط انبعاث الضوء. أظهرت النتائج نشاط تثبيطي لأغشية المتراكبات الحيوية المتناهية الصغر ضد الميكروبات التالية: ستافيلوكوكاس أوريوس، سالمونيلا إنتيريكا، سيدوموناس إيروجينوزا، إيشيريشيا كولاي، شيجيلا سوني و كانديدا ألبيكانز. وأيضا أظهرت النتائج عند الزيادة في تركيز أكسيد الزنك وثاني أكسيد السيليكون متناهية الصغر نشاط تثبيطي وانخفاض لأعداد المستعمرات البكتيرية وذلك من خلال زيادة التركيزات النانوية وخاصة بالتركيز ٥٪ من أكسيد الزنك وثاني أكسيد السيليكون. أيضا من خلال الدراسة المورفولوجية للخلايا البكتيريا السالبة والموجبة لصبغة جرام لوحظ تراكمات وانجذاب لأكسيد الزنك وثاني أكسيد السيليكون متناهية الصغر حول الجدار الخلوي مما يعزز احتمالية وجود تفاعل بين المواد في حجمها المتناهي الصغر والخلايا البكتيرية مما قد يؤثر سلبا على سلامة الخلية البكتيرية. وأوضحت النتائج عند تغليف عينات من الخبز وتخزينه عند درجة حرارة الغرفة لمدة ١٠ أيام تحسنًا كبيرًا في الشكل الظاهري للخبز المغلف بإستخدام أغشية المتراكبات الحيوية المتناهية الصغر للتركيز٠,٥٪ و ٥٪ مقارنة بالخبز المغلف بالأغشية الحيوية من الشيتوزان وكحول عديد الفينيل وأيضا التغليف المكون من البولي ايثيلين المستخدم بشكل واسع تجاريا. وأيضا أظهرت الخصائص الميكانيكية تحسنا تدريجيا ملحوظا بقوة الشد عند زيادة تركيز أكسيد الزنك وثاني أكسيد السيليكون متناهية الصغر من ١٨ الى ٣٧,٥ ميجاباسكال. لوحظ أيضا انخفاض ملموس بنسبة الأوكسجين ومعدل انتقال بخار الماء بزيادة تركيز أكسيد الزنك وثاني أكسيد السيليكون متناهية الصغر مما يعزز تحسن الحاجز للأغشية من المتراكبات الحيوية المتناهية الصغر. ويمكننا الإستنتاج من جميع النتائج المتحصل عليها بإمكانية إستخدام هذه التقنيات (أغشية المتراكبات الحيوية المتناهية الصغر) بكفاءة وفعالية في تطوير مواد تغليف للأغذية صديقة للبيئة ومضادة للميكروبات.

Title: Development of Eco-friendly Antimicrobial Food-Grade Packaging Materials Using Bionanocomposite Films

BY: Nasser Ahmad M Al-Tayyar

Supervised By Prof. Dr. Rashad Rizk Al-Hindi

Abstract:

Modern technologies can improve the effectiveness of food packaging materials to prevent foodborne pathogens and reduce environmental waste. Traditionally, food is packaged in plastic that is rarely recyclable, negatively impacting on the environment. Conversely, biodegradable wrapping materials can be instrumental in maintaining the health of ecosystems. Unfortunately, however, there are some obstacles in the utilization of bio-based materials ((e.g. chitosan, poly (vinyl alcohol) (PVA), potato starch, carboxymethyl cellulose (CMC), corn starch and Arabic gum)), including poor barriers against oxygen, odors, gases and mechanical properties that frequently cause a shorter shelf-life compared to conventional food packaging materials. Consequently, one effective solution to overcome these obstacles is to incorporate nanomaterials into a bio-based polymer, which can improve the properties of food packaging constituents via enhancing the antimicrobial activity, thus reducing foodborne pathogens. The main objective of this research is to investigate the possibility of using bionanocomposite films to reduce foodborne pathogens by enhancing the properties of the prepared films while incorporating biodegradable materials. In this study, antimicrobial bionanocomposite films were fabricated based on chitosan (CS), poly (vinyl alcohol) (PVA) and silicon dioxide doped with zinc oxide (ZnO-SiO2) nanocomposites, which was developed via the sol gel method and incorporated into PVA/CS blended with different ratios (0.50, 1.0, 3.0 and 5.0%) to achieve PVA/CS/ZnO-SiO2 bionanocomposites by the casting method. Subsequently, a series of tests were performed, beginning with the ZnO-SiO2 nanocomposites as well as PVA/CS/ZnO-SiO2 bionanocomposite films which were evaluated using SEM, FT-IR, XRD and final contact angle. The mechanical properties, gas permeability (GTR) and water vapor transmission rate (WVTR) of the achieved PVA/CS/ZnO-SiO2 bionanocomposite films were also assessed. Subsequently, antimicrobial activity was studied using the Kirby - Bauer and the CFU methods to assess the sensitivity and activity of microbes when exposed to the bionanocomposite films. Afterwards, the morphological changes of bacterial cells, when exposed to the influence of bionanocomposite films, were studied through the TEM. Finally, the toxicity of the bionanocomposite films was evaluated using Vibrio fischeri to assess the effect of bionanocomposite films in suppressing or inhibiting light emission. The first key result of these analyses was the superior displayed antimicrobial activity of fabricated bionanocomposites films against tested pathogens (i.e., Staph. aureus, Salmonella enterica, Pseudomonas aeruginosa, E. coli, Shigella sonnei and Candida albicans). Additionally, it was noticed that when there was an increase in the concentration of ZnO-SiO2 NPs, the number of bacterial colonies decreased, especially at concentration of 5% ZnO-SiO2 NPs. Furthermore, through the morphological study of gram-negative and gram-positive bacteria, accumulations and attractions of ZnO-SiO2 NPs were observed around the cell wall, which enhanced the possibility of an interaction between ZnO-SiO2 NPs and bacterial cells

negatively affecting the integrity of the bacterial cell. Moreover, results illustrated that packaging bread sapmles using bionanocomposite films of 0.5% and 5% concentration and storing them at room temperature for 10 days significantly improved the appearance of bread compared to those packaged with either CS/PVA or the commercially widely-used polyethylene. The mechanical properties also showed a remarkable improvement in tensile strength when increasing the concentration of ZnO-SiO2, from 18 to 37.5 MPa. Finally, there was also a significant decrease in the oxygen and water vapor transmission rate observed when increasing concentrations of ZnO-SiO2, which enhances the improvement of the barrier of Bionanocomposite Films. We conclude that Bionanocomposite Films could be used effectively and feasibly to develop antimicrobial and environment-friendly food packaging materials.