

العنوان: تطوير مواد تغليف للأغذية مضادة للميكروبات وصدقية للبيئة باستخدام أغشية مترابكات حيوية متناهية الصغر

اسم الطالب: ناصر أحمد محمد الطيار

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 نادراً ما يمكن إعادة تدويرها، مما يؤثر سلباً على البيئة. لذلك تلعب مواد التغليف القابلة للتحلل الحيوي دوراً مهماً 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 إلى تحسن ملحوظ في خصائص المواد الحيوية كمواد تغليف للأغذية. أن الغرض الأساسي من هذا البحث هو دراسة إمكانية استخدام أغشية من مترابكات 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 المترابكات الحيوية متناهية الصغر ذات الخصائص المضادة للميكروبات بالاعتماد على الشيتوزان و كحول عديد الفينيل وجزئيات أكسيد الزنك و ثاني أكسيد السيليكون متناهية الصغر. تم تحضير جزئيات ثاني أكسيد السيليكون متناهية الصغر الممتزجة مع جزئيات أكسيد الزنك متناهية الصغر بتقنية الصول-جل ومن ثم مزجها بخليط من الشيتوزان و كحول عديد الفينيل بتركيز مختلفة (% 0.05 , % 1.0 , % 3.0 , % 5.0) بطريقة الصب لإنتاج أغشية من مترابكات حيوية متناهية الصغر. تم تقييم المترابكات النانوية من ثاني أكسيد السيليكون وأكسيد الزنك بالإضافة إلى المترابكات الحيوية المتناهية الصغر باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح والميكروسكوب الإلكتروني النافذ والتحليل الطيفي باستخدام جهاز الأشعة تحت الحمراء واستخدام جهاز حيود الأشعة السينية وزاوية التلامس النهائية. وبالإضافة إلى ذلك، تم تقييم الخواص الميكانيكية و نفاذية الغاز ومعدل انتقال بخار الماء لإغشية المترابكات 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 المترابكات الحيوية المتناهية الصغر. كما تمت دراسة التغييرات المورفولوجية لخلايا البكتيريا عند تعرضها لتأثير أكسيد الزنك وأكسيد ثاني أكسيد السيليكون متناهية الصغر وذلك من خلال المجهر الإلكتروني النافذ. أيضاً تم تقييم السمية للمترابكات الحيوية المتناهية الصغر باستخدام بكتيريا الإضاءة الحيوية (فيبريو فيشيرى) وذلك لوصف مدى تأثير أكسيد الزنك و ثاني أكسيد السيليكون المتناهية الصغر في كبح أو تثبيط انبعاث الضوء. أظهرت النتائج نشاط تثبيطي لأغشية المترابكات الحيوية المتناهية الصغر ضد الميكروبات التالية: ستافيلوكوكاس أوربوس، سالمونيلا إنتيرىكا، سيدوموناس إبروجينوزا، إيشيريشيا كولاي، شيجيلا سوني و كانديدا أليكانز. وأيضاً 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 5% من أكسيد الزنك وثاني أكسيد السيليكون. أيضاً من خلال الدراسة المورفولوجية للخلايا البكتيرية 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 سلباً على سلامة الخلية البكتيرية. وأوضحت النتائج عند تغليف عينات من الخبز وتخزينه عند درجة حرارة الغرفة لمدة 10 أيام تحسناً كبيراً في الشكل الظاهري للخبز المغلف باستخدام أغشية المترابكات الحيوية المتناهية الصغر للتركيز 0.5% و 5% مقارنة بالخبز المغلف بالأغشية الحيوية من الشيتوزان وكحول عديد الفينيل وأيضاً التغليف المكون من البولي إيثيلين المستخدم بشكل واسع تجارياً. وأيضاً أظهرت الخصائص الميكانيكية تحسناً تدريجياً ملحوظاً بقوة الشد عند زيادة تركيز أكسيد الزنك وثاني أكسيد السيليكون متناهية الصغر من 18 إلى 37.5 ميجاباسكال. لوحظ أيضاً انخفاض ملموس بنسبة الأوكسجين ومعدل انتقال بخار الماء بزيادة تركيز أكسيد الزنك وثاني أكسيد السيليكون متناهية الصغر مما يعزز تحسن الحاجز للأغشية من المترابكات الحيوية المتناهية الصغر. ويمكننا الإستنتاج من جميع النتائج المتحصل عليها بإمكانية استخدام هذه التقنيات (أغشية المترابكات 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-SiO<sub>2</sub>) 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-SiO<sub>2</sub> bionanocomposites by the casting method. Subsequently, a series of tests were performed, beginning with the ZnO-SiO<sub>2</sub> nanocomposites as well as PVA/CS/ZnO-SiO<sub>2</sub> 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-SiO<sub>2</sub> 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-SiO<sub>2</sub> NPs, the number of bacterial colonies decreased, especially at concentration of 5% ZnO-SiO<sub>2</sub> NPs. Furthermore, through the morphological study of gram-negative and gram-positive bacteria, accumulations and attractions of ZnO-SiO<sub>2</sub> NPs were observed around the cell wall, which enhanced the possibility of an interaction between ZnO-SiO<sub>2</sub> NPs and bacterial cells

negatively affecting the integrity of the bacterial cell. Moreover, results illustrated that packaging bread samples 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-SiO<sub>2</sub>, 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-SiO<sub>2</sub>, 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.