Kingdom of Saudi Arabia
Al-Imam Mohammed Ibn Saud
Islamic University
Faculty of Science
Department of Physics

المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم
جامعة الامام محمد بن سعود الاسلامية
كلية العلوم
قسم الفيزياء

Enhancing Radiation Shielding Properties of Pharmaceutical Polymers through Zinc Oxide Incorporation: A Study on Gamma Energy Attenuation

A thesis submitted in partial fulfilment of the
requirements for the degree of Master of
Science in Nuclear Physics

By
Afnan Abdulaziz Alsalman

Supervisor
Dr. Mohammad Marashedah

Department of physics
Imam Mohammed Ibn Saud Islamic University, KSA-Riyadh

Feb - 2024

الملخص

إن حماية الأدوية والحبوب الصيدلانية من الإشعاعات المؤينة الخارجية أمر مهم للحفاظ على سلامتها وفعاليتها واستقرارها . يمكن للإشعاعات المؤينة، مثل الأشعة السينية وأشعة جاما، أن تغير الأدوية كيميائيًا، مما يؤثر على صفاتها العلاجية ويحتمل أن ينتج عنها منتجات ثانوية ضارة. ويكون هذا الخطر مرتفعًا بشكل خاص في بيئات مثل المستشفيات وبعض الأماكن الصناعية وأثناء السفر الجوي، حيث تكون مستويات الإشعاع مرتفعة. تمثل البوليمرات المصممة للحماية من الإشعاع بديلاً جيداً ، حيث يمكن تخصيصها لامتصاص الإشعاع أو عكسه، وبالتالي نحافظ على المستحضرات الصيدلانية من التلف. ومن بين هذه البوليمرات الصيدلانية نوع بوليمر الهيبروميلوز (Benecel K-4M) . في هذه الدراسة تم اقتراح تصنيع أربعة مركبات مختلفة من (Benecel K-4M) بناءً على نسبة تركيز اكسيد الزنك (0%، 2%، 4%، و6%) . وتراوحت الكثافة المقاسة لأقراص (Benecel K-4M)المصنعة من (0.493 إلى 0.678 جم / سم ^{3}) . علاوة على ذلك، تم تقييم معاملات التوهين الخطي والكتلي لهذه العينات عند طاقات مختلفة لأشعة جاما (59.5، 661.6، 1173، و1332 كيلو فولت) . كانت نتائج معاملات التوهين الخطي للعينات الأربعة تتراوح بين (0.029 سم$^{-1}$ و0.174 سم$^{-1}$) . واوضحت النتائج ان عينة (Benecel K-4M + ZnO (6% لديها أعلى توهين عبر جميع أشعة جاما الساقطة و أيضاً لها معامل التوهين الكتلي أفضل μ/ρ بين المركبات، كما أن النتائج المقاسة تتفق جيدًا مع القيم النظرية بواسطة XCOM لجميع العينات في نطاق طاقة الفوتون (59.5 – 1332 كيلو فولت)، مع نسبة خطأ 2% – 8% . بالإضافة إلى ذلك، تم تقييم قدرة التدريع لهذه العينات المصنعة، بما في ذلك كفاءة الحماية من الإشعاع (RPE)، ومتوسط المسار الحر (MFP) عند طاقات فوتون محددة. أظهرت النتائج أن العينة S6 تحتوي على افضل قيمة (MFP)، لذا فإنها تعتبر أفضل عينة في قدرات الحماية من أشعة جاما مقارنة بعينة البوليمر النقية. علاوة على ذلك، فإن (RPE) أعلى للعينة S6 بنسبة 15.97% مقارنة بالعينات S0 وS2 وS4 في نطاقات طاقة الفوتون (59.5 كيلو إلكترون فولت – 1332 كيلو فولت)، مما يدل على أن العينة S6 لديها مستوى أعلى في جودة في تثبيط اختراق الإشعاع مقارنة بالعينات الأخرى. وقد تكون جودة ذلك حيوية في العديد من التطبيقات، وخاصة في قطاع الأدوية، حيث تضمن حماية الأدوية من الإشعاع استقرارها وفعاليتها .

ABSTRACT

Protecting medicines and pharmaceutical pills from external ionizing radiation is vital for maintaining their safety, efficacy, and stability. Ionizing radiation, such as X-rays and gamma rays, can chemically alter medications, impacting their therapeutic qualities and potentially creating harmful by-products. This risk is especially high in environments like hospitals, certain industrial settings, and during air travel, where radiation levels are elevated. Polymers designed to shield against such radiation present a promising solution, as they can be customized to absorb or deflect radiation, thus protecting pharmaceuticals from damage. Among these pharmaceutical polymers is hypromellose polymer type of Benecel K-4M. As four different composites of Benecel K-4M based on the Concentration of ZnO (0%, 2%, 4%, and 6%) were fabricated. The estimated densities of fabricated Benecel K-4M tablets ranged from 0.493 to 0.678 g/cm^3. Furthermore, the linear and mass attenuation coefficients of these samples at gamma ray energies 59.5, 661.6, 1173, and 1332 keV were evaluated. The results of the linear attenuation coefficients of the four Benecel K-4M samples were between (0.029 cm^{-1} and 0.174 cm^{-1}) . The Benecel K-4M + ZnO (6%) sample has the highest attenuation across all incident gamma ray energies. The mass attenuation coefficient μ/ρ results show that the sample with 6% ZnO exhibited the better μ/ρ among the selected composites. Also, the measured results are in good agreement with the theoretical values by XCOM for all of the other samples and at photon energy range (59.5 – 1332 keV), with an error range 2% - 8%. In addition, the shielding ability of these fabricated samples was evaluated, including the radiation protection efficiency (RPE), and mean free path (MFP) At specified photon energies. The results showed that sample S6 has lowest MFP, so the best gamma ray shielding capabilities compared with the Benecel K4M polymer sample including free ZnO sample (S0) has the maximum MFP. Moreover, the RPE is higher for Sample S6 with 15.97%. compared to Samples S0, S2, and S4 in the photon energy ranges (59.5 keV – 1332 keV), this indicate that sample S6 has a higher level of efficacy in inhibiting the penetration of radiation compared to the other samples. The efficacy of this might be vital in many applications, especially in the pharmaceutical sector, where protecting pharmaceuticals against radiation ensures their stability and effectiveness.