Розробка нанокомпозитних полімерних біоматеріалів з ефективною противірусною та антимікробною дією і технології 3D друку виробів з них

Були синтезовані матеріали на основі біополімеру – полілактиду із солями срібла. Проведено ітентифікацію термовідновлення іонів срібла у полімерних плівках до наночастинок срібла у різних температурних режимах методом ширококутового розсіювання рентгенівських променів. Методом ширококутової рентгенографії було досліджено особливості структурної організації полімерних срібловмісних нанокомпозитів, сформованих методом термохімічного відновлення іонів Ag^+ у полімерних плівках типу «ПЛА – AgPalm – поліетиленімін» та «ПЛА – AgPalm – хітозан», в інтервалі температур від 100° С до 170° С та встановлено, оптимальні параметри при термохімічному відновленні іонів срібла в полімерних плівках T=160 °С і тривалість відновлення t=5 хв. Показано, що при підвищенні температури нагрівання плівок нанокомпозитів зростає їх ступінь кристалічності, а при T =150–160 °С різко падає, що пов'язано із плавлення кристалічної фази полілактиду. Встановлено, що середній розмір наночастинок срібла у полімерній матриці при застосуванні поліетиленіміну у якості відновника і стабілізатора становить 6,7 нм і розмір наночастинок срібла лежить у досить широкому діапазоні, в той час як при застосуванні хітозану розмір наночастинок у полімерній матриці становить 4,2 нм і знаходиться в досить вузькому діапазоні. Були визначені температуні переходи (склування, кристалізації та плавлення кристалітів полімерної матриці вихідного полілактиду та срібловмісних нанокомпозитів на його основі, перехід полімерної матриці до в'язкотекучого стану). Методом ІЧ-Фур'є спектроскопії була проведена ідентифікація взаємодій між компонентами досліджуваних систем (ПЛА, хітозан, ПЕІ, AgPalm, Ag).

Були сформувати серії монофіламентів із плівкових матеріалів та проведено 3D друк полімерних виробів в різних режимах. Методом ширококутової дифракції рентгенівських променів буде визначена структура срібловмісних нанокомпозитних матеріалів (філаментів, виробів). Методом трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ) були визначені форма, розмір та розподіл наночастинок срібла у створених монофіламентах та виробах, отриманих за технологією 3D друку. Виявлено, що структура та морфологія філаментів та виробів є подібною до структури і морфології синтезованих плівок срібловмісних нанокомпозитів.

Проведено дослідження антимікробної та противірусної активності срібловмісних нанокомпозитів отриманих шляхом термохімічного відновлення іонів срібла в полімерних плівках на основі біополімеру полілактиду і синтетичного полімеру – поліетиленіміну та на основі біополімеру – полілактиду і полімеру природнього походження - хітозану в різних температурних режимах за різної тривалості відновлення іонів срібла, а також філаментів та виробів, отриманих за технологією 3D друку щодо грам позитивних референтних штамів умовно-патогенних мікроорганізмів *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, грам негативних – *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, дріжджоподібних грибів *Candida albicans* ATCC 885-653 та вірусів герпесу, грипу та аденовірусу. Показано, що сформовані срібловмісні нанокомпозити, філаменти та вироби, отримані за технологією 3D характеризуються антимікробною та противірусною активністю. Визначено, цитотоксичну дію срібловмісних нанокомпозитів. Показано, що зі збільшенням вмісту іонів срібла до 4% вони проявляли вищу противірусну дію щодо вірусу грипу типу А, аденовірусу людини та вірусу герпесу, незалежно від основи композиту (поліетиленіміну та хітозану).

Проведено дослідження мутагенної дії срібловмісних нанокомпозитів отриманих шляхом термохімічного відновлення іонів срібла в полімерних плівках на основі біополімеру полілактиду і синтетичного полімеру – поліетиленіміну та на основі біополімеру – полілактиду і полімеру природнього походження - хітозану в різних температурних режимах за різної тривалості відновлення іонів срібла, а також філаментів та виробів. Підібрано оптимальний розмір срібловмісних матеріалів для досліджень.

Аналіз цитогенетичних даних показав, що полімери на основі полілактиду і хітозану при збільшенні концентрації наночастинок срібла не проявили мутагену дію. Частота аберацій хромосом не перевищувала 4% для даних зразків, спектр представлений аберраціями хроматидного типу. У срібловмісних матеріалів на основі біополімеру полілактиду і синтетичного полімеру – поліетиленіміну виявлено не значну мутагенну дію. Частота аберацій хромосом не перевищувала 6%, спектр аберацій представлений одиночними та парними фрагментами та у двох випадках – обмінами, що характерно для дії хімічний мутагенів. Методом кометного електрофорезу було досліджено апоптогену активність ЛПК. Було показано, що не залежно від варіанту зразку та наповненості сріблом частота апоптозів становила 1% - що відповідає середньопопуляційним значенням контролю.

Було вивчено зв'язок між структурою, морфологією та противірусними, антимікробними і цитотоксичними властивостями полімерних нанокомпозитних матеріалів.

Максим Юрженко,
доктор технічних наук,
завідувач відділу зварювання пластмас