Praca dyplomowa inżynierska

Wpływ parametrów procesu na szybkość transportu substancji w symulowanym układzie biomedycznym

Autor: Zbigniew Adam Grzeszczuk

Nr albumu: 298004

Promotor: Anna Adach-Maciejewska

Rok akademicki: 2022/2023

Wprowadzenie

Migracja substancji aktywnej w organizmie człowieka jest zwykle procesem wieloetapowym, na który wpływ ma sposób i miejsce transportu danej substancji (np. leku), jej stężenie, aktywność oraz szybkość wchłaniania. Transport różnych składników z tkanek do przepływającej krwi jest jednym z układów biomedycznych, z którymi spotykamy się w wielu procesach następujących w organizmie ludzkim. Taki właśnie układ był symulowany w mojej pracy inżynierskiej.

Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu parametrów procesu na szybkość migracji substancji w symulowanym układzie biomedycznym, który imitował transport składnika aktywnego z tkanki do krwi. Wybranymi parametrami, których wpływ badano były:

•stężenie początkowe czerwieni koszenilowej w hydrożelu,

•przepływ objętościowy cieczy imitującej krew,

•lepkość cieczy symulującej krew.

W ramach pracy przeprowadzono szereg badań doświadczalnych uwzględniających zmienność ww. parametrów a następnie przeanalizowano uzyskane wyniki i zaproponowano ich interpretację.

Część doświadczalna i analiza wyników

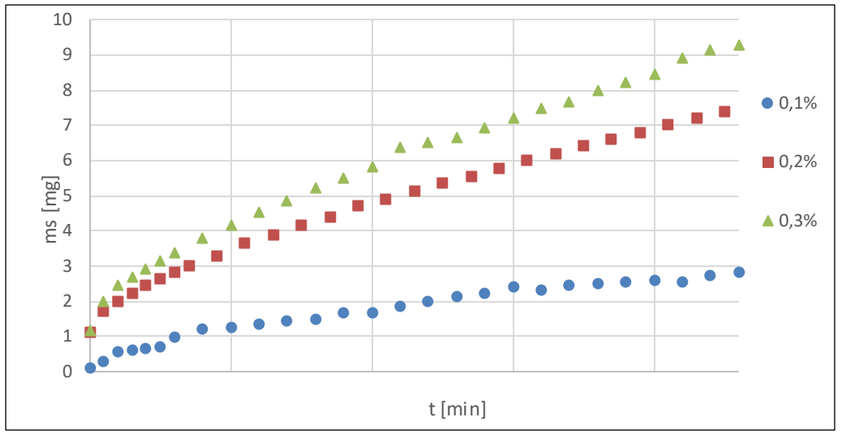
•W ramach badań doświadczalnych pomiary wykonywano w specjalnie skonstruowanym układzie przepływowym, w którym hydrożel z czerwienią koszenilową imitował tkankę z lekiem zaś woda lub woda z dodatkiem CMCNa symulowała krew. W określonych odstępach czasu mierzono absorbancję składnika w roztworze, którą przeliczano na stężenie czerwieni koszenilowej posługując się krzywą wzorcową.

•W układzie tym badano szybkość uwalniania składnika do cieczy zmieniając warunki prowadzenia procesu: stężenie początkowe czerwieni koszenilowej w hydrożelu, przepływ objętościowy cieczy imitującej krew oraz lepkość cieczy symulującej krew.

•Porównano wyniki badań dla różnych wartości parametrów procesu

•Wzrost początkowej wartość stężenia składnika powodowała znaczący wzrost szybkość jego uwalniania do cieczy przepływającej w układzie, co ma związek ze wzrostem siły napędowej wymiany masy (Rys. 1.)

- W kilku wariantach zmieniano przepływ objętościowy cieczy imitującej krew w zakresie 13 ml/min ÷ 500 ml/min, zgodnie z wartościami podyktowanymi przepływem krwi w różnych naczyniach krwionośnych. Na podstawie pomiarów pokazano jednak, że nawet znaczna zmiana wartości przepływu cieczy w układzie ma znikomy wpływ na szybkość transportu substancji. Świadczy to o dominujących oporach dyfuzyjnych transportu składnika w hydrożelu.



Rys.1. Zależność masy czerwieni koszenilowej w roztworze od czasu prowadzenia procesu dla różnych stężeń początkowych substancji w hydrożelu, Q=29,75 ml/min.

•Porównanie pomiarów, w których wykorzystano ciecz o lepkości zbliżonej do lepkości krwi (ok. $3{,}3 \cdot 10^{-3}$ Pa·s) z doświadczeniami z przepływem wody przez układ pokazuje bardzo zbliżone wartości szybkości uwalniania czerwieni koszenilowej do cieczy. Zbieżność wyników widoczna jest zarówno w ilości masy składnika w cieczy w danym momencie procesu jak i w wartościach średnich strumieni masy. Jest to zgodne z korelacjami dotyczącymi wyznaczania współczynnika wnikania w cieczy, które dla reżimu laminarnego oparte są na liczbie Pecleta niezwierającej lepkości.

•Transport masy w danym układzie zależny jest od dwóch mechanizmów: dyfuzji nieustalonej substancji z hydrożelu i konwekcyjnego wnikania masy w cieczy. Szybkość całego procesu zależeć będzie od wolniejszego etapu, który jest etapem limitującym transport masy

•Wyznaczone współczynniki wnikania, wartości strumieni i masy składnika masy po stronie cieczy , które wynikałyby z konwekcji, gdyby był to mechanizm limitujący transport składnika w układzie były, dla wszystkich wariantów doświadczeń, kilkadziesiąt razy większe niż masy substancji otrzymane eksperymentalnie. Potwierdza to, iż etapem najwolniejszym w układzie jest dyfuzja substancji w hydrożelu. Potwierdziły to też pośrednio warianty eksperymentów z różnymi wartościami natężenia przepływu cieczy.

•Do wyznaczenia ubytku masy czerwieni koszenilowej w hydrożelu posłużono się modelem dyfuzyjnym zaczerpniętym z literatury [Siepmann, 2013]. Wyniki wykazują taki sam trent, ale są rozbieżności w ubytkach masy wyznaczonych na podstawie modelu i uzyskanych z danych eksperymentalnych. Mogą one niewątpliwie wynikać z błędów pomiarowych, ale mogą też być związane z dodatkowymi efektami jak degradacja polimeru, pęcznienie hydrożelu itp.

•Wartość efektywnego współczynnika dyfuzji czerwieni koszenilowej w agarze jak parametr procesowy na podstawie reprezentatywnego doświadczenia ($D=6{,}79 \cdot 10^{-11} m^2/s$). Tak otrzymaną wartość dyfuzyjności wykorzystywano w obliczeniach dotyczących pozostałych wariantów.

Wnioski

•W pracy pokazano, które z badanych parametrów mają znaczący wpływ na szybkość uwalniania substancji z hydrożelu.

•Pokazano, że mechanizmem limitującym szybkość procesu jest dyfuzja w hydrożelu.

•Praca stanowi początkowy etap szerszego zakresu badań dotyczącychj migracji składników aktywnych w symulowanych układach biomedycznych, ale wniosła znaczny wkład w ten temat.