

U3.1

Vodná suspenze částic mikrokryalické sraženiny se zpracovává membránovou mikrofiltrací (MF) s podélným tokem retentátu. K filtraci je použita symetrická polymerní membrána s tloušťkou 0,275 mm, jejíž rejekční faktor pro částice sraženiny má hodnotu 1. Membrána má celkovou filtrační plochu 1,55 m² a při rozdílu tlaků 37 kPa byl naměřen objemový průtok permeátu o hodnotě 0,00175 m³s⁻¹. Na povrchu membrány se při filtraci netvořila vrstva částic sraženiny. Určete permeabilitu membrány, jestliže filtrace proběhla při teplotě 20 °C. Je-li koncentrace částic v suspenzi na vstupu do MF zařízení 3,5 obj.% a objemový tok suspenze je 5·10⁻³ m³s⁻¹, určete koncentraci částic v retentátu a jeho objemový tok. Membrána se při filtraci nezanáší.

Výsledek: Permeabilita membrány má hodnotu 8,4·10⁻¹⁵ m². Objemový zlomek částic v retentátu bude mít hodnotu 0,05385 a objemový tok retentátu bude 3,25·10⁻³ m³s⁻¹.

U3.2

Po změně podmínek při mikrofiltraci popsané v úloze U3.1 se na povrchu MF membrány vytvořila kompaktní nestlačitelná vrstva mikrokrytalů a za stejných provozních podmínek MF zařízení byl pozorován pokles objemového průtoku permeátu na hodnotu 0,000535 m³s⁻¹. Určete velikost hydrodynamického odporu vrstvy krystalů a jeho podíl na celkovém odporu proti toku permeátu.

Výsledek: Hydrodynamický odpor vrstvy krystalů bude 7,466 · 10¹⁰ m⁻¹, a představuje 69,6 % celkového odporu proti toku permeátu.

U3.3

Při membránové filtraci nepurifikovaných proteinů byla zjišťována závislost intenzity objemového toku permeátu na aplikovaném tlakovém rozdílu. Získaná experimentální data jsou uvedena v tabulce:

Δp [kPa]	0	13	27	36	45	55	62	81	105	118	136
J_v [10 ⁻³ m s ⁻¹]	0	0,046	0,105	0,150	0,200	0,249	0,295	0,350	0,365	0,370	0,363

Rozhodněte, zda se při filtraci na povrchu membrány tvořila gelová vrstva a případně odhadněte limitní hodnotu intenzity toku permeátu.

Výsledek: Gelová vrstva na povrchu membrány se vytvářela, limitní hodnota intenzity toku permeátu je asi 0,365·10⁻³ m s⁻¹.

U3.4

V ultrafiltračním membránovém modulu protéká retentátový proud vnitřkem membránových vláken o vnitřním průměru 0,1 cm a délce 100 cm. Rychlost proudění ve vláknech je 3 m s⁻¹. Retentátový proud obsahuje rozpuštěný protein s difusním koeficientem 9·10⁻¹¹ m²s⁻¹. Roztok má viskozitu 0,0012 Pa s a hustotu 1 100 kg m⁻³. Intenzita objemového toku permeátu membránou je 0,045 m h⁻¹. Určete hodnotu polarizačního modulu při této filtraci a posuďte, zda je polarizace membrány významná. Jak by se poměry při ultrafiltraci změnilly, pokud by byla použita vlákna o vnitřním průměru 0,25 mm?

Výsledek: Polarizační modul ve vláknech o průměru 0,1 cm má hodnotu 1,49 a koncentrační polarizace membrány tedy není významná. Ve vláknech o průměru 0,25 mm má polarizační modul hodnotu 5,36; polarizace je tedy významná.

U3.5

Vodná suspenze částic kaolinu se má zahušťovat mikrofiltrací (MF). Tloušťka aktivní vrstvy MF membrány je 100 μm . Retenční faktor MF modulu má hodnotu 0,8. Suspenze přicházející do MF zařízení obsahuje 8 obj.% kaolinových částic. Retentát má obsahovat 15 obj.% částic. Střední hodnota tlakového rozdílu přes membránu při mikrofiltraci je 0,7 MPa. Při permeačním pokusu s čistou vodou při rozdílu tlaků 0,36 MPa a stejné teplotě 20 °C jako při vlastní filtraci byla naměřena pro tutéž MF membránu hodnota intenzity objemového toku filtrátu 0,416 $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$. Vypočítejte jak velkou plochu membrány musí mít MF zařízení pro zpracování 125 m^3 za den suroviny. Jaká budou množství zahuštěné suspenze a filtrátu za den?

Výsledek: Množství retentátu je 52,1 m^3 za den, množství permeátu je 72,9 m^3 za den, potřebná plocha membrány je 3,8 m^2 .

U3.6

Je známo, že bílkoviny krevní plasmy při ultrafiltraci vytvářejí gelovou vrstvu na povrchu membrány, ve které hmotnostní zlomek bílkoviny má hodnotu 0,2. Bílkovinné molekuly lze považovat za kulové částice o průměru 30 nm. Při pokusu s čistou vodou byla změřena intenzita objemového toku permeátu UF membránou $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ při rozdílu tlaků před a za membránou $\Delta p = 68,96 \text{ kPa}$. Při ultrafiltraci krevní plasmy při rozdílu tlaků $\Delta p = 103,44 \text{ kPa}$ má intenzita objemového toku filtrátu hodnotu $0,416 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$. Filtrace probíhá při teplotě 20° C. Pomocnými pokusy bylo zjištěno, že gelová vrstva má permeabilitu $3,1 \cdot 10^{-18} \text{ m}^2$. Jaká je tloušťka gelové vrstvy v ustáleném stavu, tj. po dosažení limitní hodnoty intenzity toku filtrátu? Předpokládejte pro jednoduchost, že viskozity roztoku plasmy a filtrátu se sobě rovnají a mají hodnotu viskozity vody při teplotě ultrafiltrace.

Výsledek: Tloušťka gelové vrstvy v ustáleném stavu je 68,5 μm .

U3.7

V ultrafiltračním membránovém modulu se zahušťuje vodný koloidní roztok. Vstupní koncentrace rozpuštěné látky je 50 kg m^{-3} , výstupní koncentrace v retentátu má hodnotu 200 kg m^{-3} . Rejekční faktor použité UF membrány je roven jedné (ideální membrána). Objemový tok suroviny činí 3,6 $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$. Rozpuštěná složka vytváří na povrchu membrány gelovou vrstvu s koncentrací rozpuštěné složky 300 kg m^{-3} . Hydraulický odpor použité membrány má hodnotu $7,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$. Modul je sestaven z membránových trubek o vnitřním průměru 5 mm a délce 1250 mm. Retentátový proud protéká vnitřkem trubek. Vypočítejte intenzitu objemového toku filtrátu a potřebnou celkovou plochu membrány při střední rychlosti retentátového proudu v trubkách 1,0 m s^{-1} . Hustota retentátového proudu je 1260 kg m^{-3} , jeho dynamická viskozita $2,12 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s}$ a difusivita rozpuštěné složky ve vodě má hodnotu $2,75 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

Výsledek: Intenzita objemového toku filtrátu je $6,581 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ a potřebná plocha membrány 11,4 m^2 .