

**SZŰRÉSI MODELL KIVÁLASZTÁSA A BOR
MEMBRÁNSZŰRÉSE ESETÉBEN**

dr. Tóthné Hodúr Cecília

Hovorkáné Horváth M. Zsuzsanna

Bevezetés

A szűrés egy olyan áramlási művelet, amely során a fluidumban szuszpendált részecskéket egy szűrőközeg segítségével mechanikusan leválasztjuk.

Az áramláshoz szükséges hajtóerő nagyságának ismeretéhez feltétlenül szükséges a szűrési ellenállás meghatározása. Munkánk során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a bor membránszűrése esetében milyen matematikai modellel számítható az ellenállás értéke:

Elmélet

Az általánosan elfogadott és használt szűrőegyenlet Darcy nevéhez fűződik;

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\Delta p A}{\zeta \left(R_M + \kappa \cdot w \frac{V}{A} \right)}$$

ahol $\frac{dV}{dt}$ - a szűrlettérfogat változásának idő szerinti deriváltja (m^3/s)

Δp - nyomáscsökkenés (Pa)

A - szűrőfelület (m^2)

ζ - fluidum viszkozitása

R_M - szűrőközeg ellenállása

κ - fajlagos lepényellenállás

w - iszaplepeny sűrűsége

V - szűrlet mennyiség

A zárójelben lévő két kifejezés jelenti a szűrési ellenállást.

Az első kifejezés a szűrőközeg és az esetleges szűrési segédanyag áramlási ellenállása. A második kifejezés $\left(\kappa \cdot w \frac{V}{A} \right)$ a kiülepedő iszaplepeny ellenállását adja meg.

A fenti egyenletet átrendezve és R , (pillanatnyi) aktuális ellenállást kifejezve kapjuk a következő egyenletet:

$$R = R_M + c \cdot w \frac{V}{A} = \frac{dT}{dV} \frac{\Delta p A}{\eta}$$

R értéke az egységnyi szűrletmennyiségek átfolyásához szükséges szűrési időkből számítható Δp , A és η állandó értékeinek ismeretében.

De La Gorza és Boulton (1984) felállított még két, általánosabban megfogalmazott szűrési modellt.

Az egyik az exponenciális-, a másik a hatvány modell.

Az exponenciális modell kimondja, hogy a szűrés előrehaladtával az eltömődés exponenciálisan, láncreakció szerűen növekedik.

Igy a szűrési ellenállás:

$$R = \frac{dT}{dV} \frac{\Delta p A}{\eta} = R_M e^{b \frac{V}{A}}$$

ahol b az exponenciális eltömődési koefficiens a hatványmodell szerint pedig az eltömődési érték nem szükségszerűen jelentős mértékű a szűrés kezdetekor, de gyorsan növekedhet, s így a hatvány eltömődési konstans (b) is általában nagyobb mint egy. Tehát:

$$R = \frac{dT}{dV} \frac{\Delta p A}{\eta} = R_M + a \left(\frac{V}{A} \right)^b$$

ahol a a hatványeltömődési koefficiens.

Kísérleti módszer

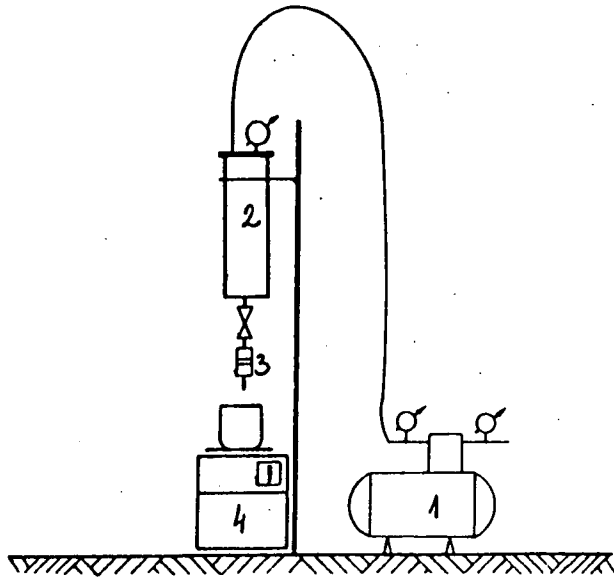
R vagyis az aktuális ellenállás értékének meghatározásához ismernünk kell az egységnyi szűrletmennyiségek kifolyásához szükséges időket.

Méréseinket egy 25 mm \emptyset szűrőházba foglalt 0,8 μ m pórusméretű cellulóz-acetát alapanyagú membrán segítségével végeztük. Kompresszorral biztosított, állandó 0,2 MPa nyomás mellett szűrünk összesen 600 g bort.

Mértük rendre a 100-100 g bor (szűrlet) átfolyásához szükséges időt.

A bor minden esetben 10°C-os volt.

A kísérleti berendezés vázlatja az 1. ábrán látható.



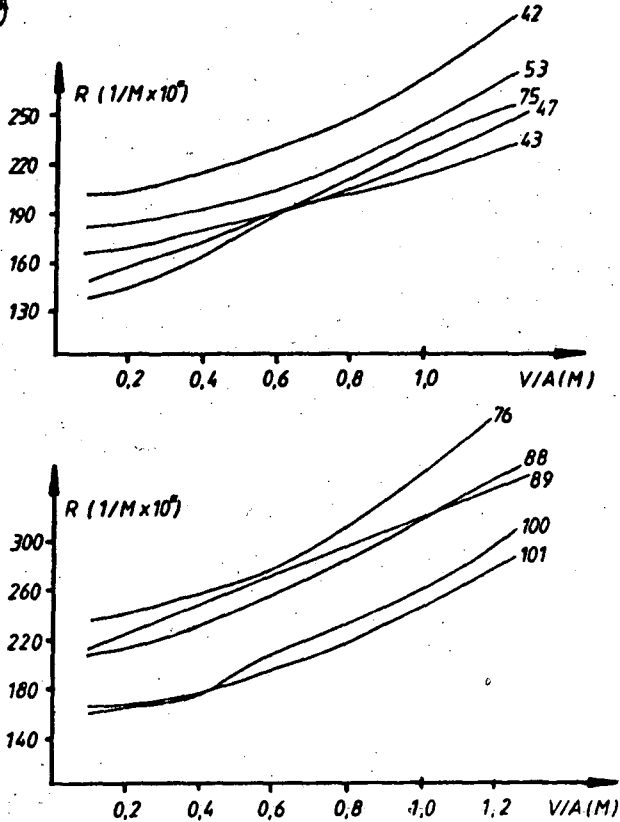
1. ábra

A kísérleti berendezés

- 1 - kompreszor
- 2 - tartály
- 3 - szűrőház
- 4 - mérleg

A lineáris modell alkalmazhatóságának vizsgálata

Amennyiben a folyamat az egyenlettel modellezhető, úgy $R = f\left(\frac{V}{A}\right)$ függvényt ábrázolva egyeneshez kell jutnunk. (2. ábra)



Különböző borminták szűrési ellenállása fajlagos (egységszerű felületre eső) szűrlettérfogat függvényében.

(A függvények melletti számok az egyes bormintákat jelentik; lásd a mellékletben)

Láthatjuk, hogy a függvények egy része valóban egyenes, ám néhány zavarosabb, azaz nagyobb zavarosítóanyag tartalmú minta függvénye eltér az egyenestől.

E miatt nem tarthatjuk általános érvényűnek a Darcy-féle lineáris model-egyenletet.

Az egyenestől eltérő függvények lefutása exponenciális- vagy hatványfüggvény görbének felelnek meg.

Az exponenciális modell vizsgálata

Azért, hogy az eredményeket jobban tudjuk szemléltetni, logaritmizáljuk 3 egyenletet.

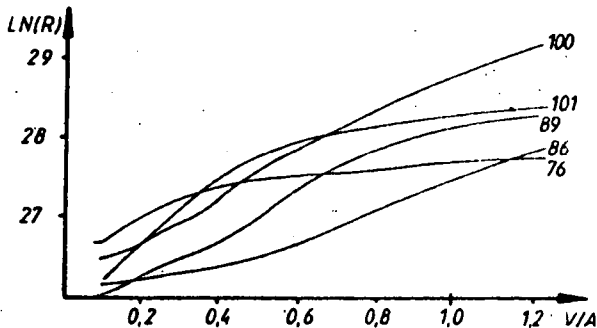
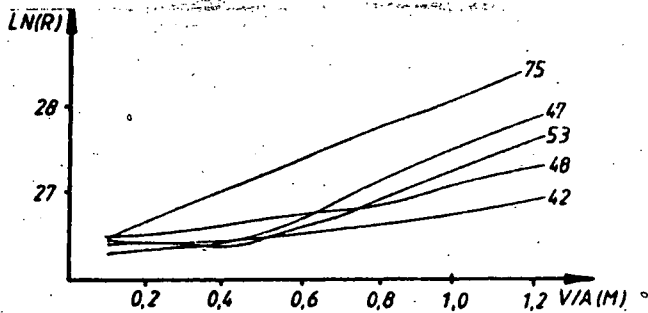
$$\ln R = \ln R_m + b \left(\frac{V}{A}\right) \quad 5$$

Igy egy lineáris egyenlethez jutunk.

Kísérleti eredmények és értékelésük

Az előző pontban leírt módon elvégeztük 120 bor minta mérését. A mérési eredményeket számítógép segítségével értékeltük. Minden minta esetében elvégeztük mindhárom modell helyességének vizsgálatát. Az alábbiakban néhány tipikus bor minta értékelésén keresztül mutatjuk be a kapott eredményeket.

Tehát amennyiben az exponenciális modell a kielégítő $\ln R = \left(\frac{V}{A}\right)$ függvény ábrázolásakor egyeneshez kell jutnunk. (3. ábra)



3. ábra

Logaritmizált exponenciális modell

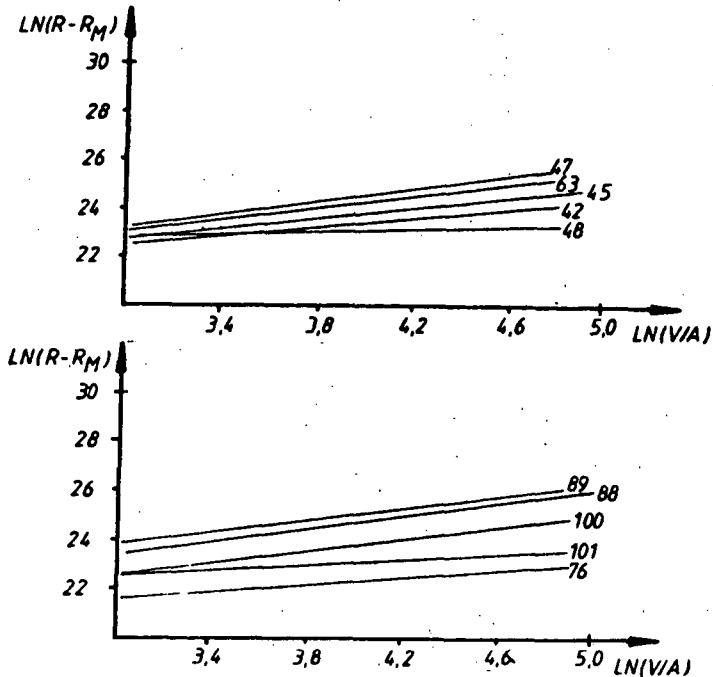
A 3. ábrán jól látható, hogy a függvények nem adhatók meg egy egyenes lineáris egyenlettel, azaz az exponenciális modell feltételezése nem helyes

Hatvány modell alkalmazhatósága

Az előbbiekhöz hasonlóan végezzük el 4 egyenlet logaritmizálását.

$$\ln(R - R_m) = \ln a + b \ln\left(\frac{V}{A}\right) \quad 6$$

Tehát hatvány modell feltételezésekor az $\ln(R - R_m) = f\left(\frac{V}{A}\right)$ függvény ábrázolás esetén kell egyeneshez jutnunk. (4. ábra) R_m értékét a lineáris modellnél nyert értékből iterációval határoztuk meg.



4. ábra

Logaritmizált hatvány modell

A függvények linearitása igazolja kezdeti állításunk helyességét. Természetesen a modellek helyességének vizsgálatánál az ábrázoláson túl összefüggés vizsgálatot is végeztünk, amely alátámasztja eredményeinket.

Összefoglalás

Kísérleti méréseink alapján megállapíthatjuk, hogy a szűrést leíró három modell közül a hatvány modell alkalmazható általánosan. Ez a függvény egyformán pontosan írja le a tiszta, tükrös ill. a homályos, zavaros borminták szűrésénél tapasztaltakat.

A lineáris modell csak a tiszta minták szűrési ellenállását adja meg helyesen.

Ez a két fenti megállapítás matematikailag is igazolható, hiszen ha a hatvány függvényben szereplő hatvány eltömdési koeficiens $\underline{a} = \alpha \cdot \omega$ és a hatvány eltömdési konstans $\underline{b} = 1$ azaz a függvényünk éppen a Darcy-féle linearizált alakot adja.

Az eltömdési mechanizmus tehát hatvány-jellegű, egy kezdeti fokozata lassú eltömdést (lineáris szakasz) követ egy gyors hatványeltömdési szakaszt.

Mivel az exponenciális függvény alkalmazásakor a kezdeti feltételezésünk nem igazolódott, így a bor membránszűrésével nem számolhatunk láncreakció szerű eltömdési mechanizmussal.

CHOICE OF A MODEL FOR THE MEMBRANE FILTRATION OF WINE

C. Hodúr-Tóth and Zs. H. Hovorka

The aim was the choice of a generally applicable model for the membrane filtration of wine.

On the basis of a computer analysis involving three selected models, it can be stated that the power function can be applied generally to describe this operation for the full range of turbidity.

The classical Darcy linear model can be regarded as a special case of this function, when the turbidity of the samples is within a certain limiting value.

AUSWAHL EINES FILTRIERMODELLS BEI DER MEMBRANFILTRATION DES WEINES

C. Tóth-Hodúr - Zs. Hovorka

Zielsetzung unserer experimentellen Arbeit war die Wahl eines allgemein brauchbaren Filtriermodells zum Membranfiltrieren des Weines.

Aufgrund der mit drei ausgewählten Modellen durchgeführten computergestützten Analyse ist zu sagen, dass im allgemeinen - alle Trübungsbereiche umfassend - die Potenzfunktion zur Beschreibung dieser Operation geeignet ist, während das als klassisch geltende Darcy'sche Modell als spezieller Fall dieser Funktion aufzufassen ist. Wo nämlich der Trübungswert der Proben innerhalb eines gewissen Grenzwertes liegt.

**Выбор фильтрационной модели в случае мембранной
фильтрации вина**

д-р Тотнэ Цецилия Ходур - Ховорканэ Х. Жужанна

Целевая установка нашей экспериментальной работы - выбор общепользуемой фильтрационной модели для мембранной фильтрации вина.

На основе анализа вычислительной машины, проведенного на трех выбранных моделях, мы можем установить, что как правило, в описании этой операции, охватывая все области замутнения, может применяться потенциальная (степенная) функция.

В то время, как классическая линейная модель Дарси может быть принята как специальный случай этой функции, степень мутности образцов находится внутри определенного граничного значения.