

# Membránszűrők gyakorlati alkalmazása napjaink borászati technológiájában: a kerámia cross-flow megjelenése

Nagy B., Szendei G., Kellner N., Tar T., Szövényi Á., Nyitrai Dr. Sárdy D.  
Szent István Egyetem, Szőlészeti és Borászati Intézet, Borászati Tanszék

## Összefoglaló

A szűrés fontos lépés a bor életében, hiszen kiszűrhetjük a minőségét veszélyeztető zavarosító anyagokat, így a palackozástól a fogyasztásig eltelt idő alatt is szavatolható a stabilitása. Érdekes azonban megvizsgálni, hogy melyik szűrési módszer a legalkalmasabb a bor tisztítására mind technológiai, mind mikrobiológiai és borkémiai, valamint érzékszervi szempontból. Jelen munkánkban napjaink modern szűrési lehetőségeiről készítettünk összefoglaló elemzést, fókuszálva a kerámia cross-flow megjelenésére.

## SUMMARY

Filtration is an important part of the wine technology. It can eliminate quality hazards that can endanger its stability from bottling to consumption. It is worth examining which filtration method leads to result advanced prosperous technology which ensures the right microbiology and chemistry parameters and also desired organoleptics in wines. In our work we present and summarize the modern filtration possibilities focusing on ceramic cross-flow filtration systems in wine technology

## Bevezetés

A szűrés a bor tisztításának egyik folyamata, mely általában a derítést követi, valamint a palackozást megelőző egyik legfontosabb lépése. A bor lebegő zavarosságainak eltávolítása mellett a stabilitás biztosítása is fontos szempont. Elvárt, hogy tükrös tisztaságú bor legyen a palackban. Ezt a tisztaságot a zavarosságot okozó részecskék eltávolításával érhetjük el (Fessler, 1952). A borok erjesztése után visszamaradt finom borseprőben lévő folyadékfázis kinyerésére lehet további cél a technológiában (Guerrini, 2019). A szűrés hatóereje a nyomáskülönbség a szűrő két oldala között. A szűrési nyomás folyamatosan emelkedik az eltömődések miatt, ezért a szűrés folyamán egyre növelni kell a nyomást azért, hogy fenntartható legyen az állandó áramlási sebesség.

Fehérbornál sokkal elfogadottabbnak tekinthető a steril szűrés, főként a maradék cukrot tartalmazó, vagy nem almasavbontott tételeknél. A vörösborknál jobban szoktak tartózkodni a steril szűréstől, hiszen szín-, íz-, és zamatanyag-vesztéssel járhat, ami egy testes vörösbornál minőségvesztéget jelent (Patterson, 2007).

A szűréssel mikrobiológiailag csírátlan folyadékot kaphatunk, mely megelőzheti a borbetegségek kialakulását azzal, hogy eltávolítja a borból a mikrobiológiai szervezeteket. A borban élesztőgomba, ecetsav- és tejsavbaktérium lehet jelen, mint a bor minőségét rontani képes mikrobák. Alapvetően elmondható, hogy a szűrő pórusméreteinél nagyobb méretű részecskéket tart vissza a szűrő, emellett pedig kisebb részecskéket is visszatarthat a szűrő adszorptív hatásával (Ron, 1994). Membránszűrővel biztosíthatunk teljes csírátlanságot, a többi szűrésnél maradhat pár sejt benne, maximum 3 tizedesjeggyel csökkenthetjük ezekkel az élő csíraszámot. Az élesztősejtek visszatartására elegendő a 0,8-1,0 µm-es pórusméret, azonban az ecetsav- és tejsavbaktériumok eltávolításához már 0,45 µm-es pórusméret szükséges (Békássyné, 1999). A bor sterilizálását a baktériumokra értjük. Meg kell említeni, hogy a borban nincsenek jelen vírusok, mivel a bor polifenoljai kicsapják azok fehérjéit. Emiatt nem szükséges 0,45 mikronnál kisebb pórusméretet alkalmazni (a vírusokat 0,01-0,1 mikronos pórusmérettel kellene kiszűrni). Palackozás előtt mindenképpen szükséges elvégezni a szűrést, hogy a már lepalackozott borban ne okozzanak borbetegséget (pl. újraerjedés, ecetesedés, egéríz stb.) az ott maradó mikrobák (Magyar, 2010).

A bor csíra-mentessége biztonsággal csak membránszűréssel érhető el. Az élesztősejtek visszatartására megfelelő a 0,8-1,0 µm-es pórusméretű, a baktériumsejtek eltávolításához pedig 0,45 µm-es pórusú szűrőgyertya szükséges (Kállay, 2012).

Alapvetően három szűrőhatás létezik: a szita-, a mélységi, és az adszorpciós hatás. A szitahatás a lapszűrőre és a memb-

ránszűrőre jellemző, mikor a kapilláriscsöveknél akad fenn a szilárd részecske, a szűrés pedig addig tart, míg ki nem alakul egy záró filmréteg.

A mélységi hatás magából a szűrőlepeny szerkezetéből adódik, ekkor a kapilláriscsövek iránytöréseinek akadnak fenn a részecskék. Az adszorpciós hatást pedig a töltéskülönbségeken alapuló mechanizmus teszi lehetővé (részecskék adhéziója és elektromos töltésük), melynek köszönhetően a pórusméretnél kisebb részecskék is visszatartathatók (Eperjesi, 2010, Ron, 1994).

A hagyományos szűrési módokat csoportosíthatjuk a szűrőanyag adagolása szerint is. Ekkor megkülönböztetünk két- és háromdimenziós szűrést. A két szűrési mód között a különbség az, hogy míg a kétdimenziós szűrésnél egyszerre adagolják a szűrési anyagot, majd ennek mennyisége később nem változik, a háromdimenziós szűrésnél folyamatosan töltődik fel, ezzel megakadályozva a zárófilm kialakulását.

Ekkor a bor zavarosságai beágyazódnak a szűrőanyagba. Ez az utóbbi szűrés térbeli szitaként működik, a szűrés addig folytatható, míg a szűrőanyagban van még hely a berendezésben (Eperjesi, 2010).

Hagyományos szűrőkor a bort lamináris áramlással vezetjük át a szűrőanyagon, a részecskéket pedig az adszorpció és a szűrőhatás visszatartja. Egy újabb szűrési mód a frontális technika (dead-end), mely lehetővé teszi a segédanyag nélküli szűrést. Ez kétdimenziós szűrés, melynél a szitahatás érvényesül, és membránokkal oldható meg. Itt egy fontos tényező a pórusméret, mely meghatározza, hogy milyen anyagokat lehet kiszűrni (a pórusméretnél nagyobbakat). A membránt azonban érdemes kis mennyiségű üledékanyaggal terhelni (Eperjesi, 2010).

A dead-end szűrés esetén a szűrőanyag a membránra merőleges irányból érkezik. A hajtóerő hatására bizonyos komponensek áthaladnak a membránra, míg általában a nagyobb méretű molekulák visszamaradnak, és ezek feldúsulnak a membrán felületén. Így egy koncentrációpolarizációs réteg alakul ki. A folyamat előrehaladtával a lerakódó réteg maga is egy szűrőréteget képez, viszont ez nagyban befolyásolja a membrán „teljesítményét” (Cséfalvay, 2008).

### Anyag és módszer

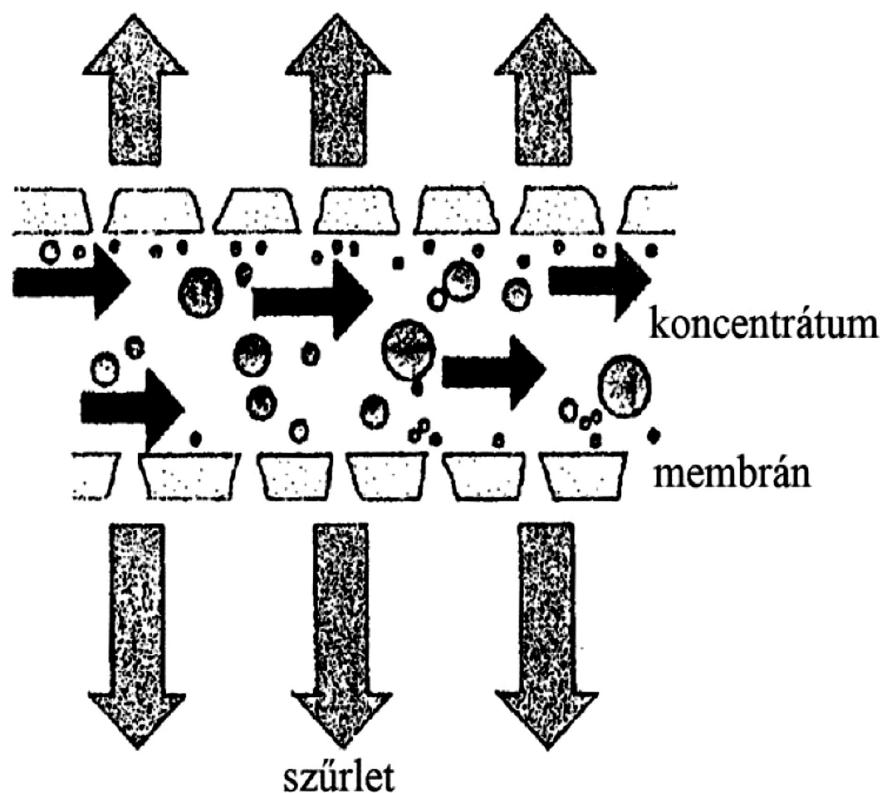
A tangenciális szűrés, más néven keresztirányú vagy cross-flow szűrés. A szűrőközeg lehet műanyagmembrán vagy ásványi anyag.

Fontos ismertetni a pórusmérethez kapcsolódó információkat. Először is meg kell említeni, hogy a borban nincsen patogén mikroba, hiszen a bor polifenoljai kicsapják a fehérjéket. Csak a bor minőségét veszélyeztető mikrobaikat kell kiszűrni. A vírusokat a

0,02-0,2  $\mu\text{m}$ -es pórusmérettel lehetne kiszűrni, ha lenne rá szükség. A polifenolokat, proteineket és poliszacharidokat kb. a 0,009-0,1  $\mu\text{m}$ -es, az aminosavakat pedig a 0,0005-0,003  $\mu\text{m}$ -es tartományú pórusméret szűrné ki, de nyilván ez nem cél a borászatban. A mikrobiológiailag stabil borban nincs élesztőgomba, ecetsav-, és tejsavbaktérium sem. Az élesztősejtek kiszűréséhez elég lenne nagyobb pórusméret, mint 0,45 mikron, azonban szükséges, hogy a borban még jelenlévő baktériumokat is kiszűrjük. A baktériumok kiszűrése érdekében használatos tehát a 0,45 mikronos pórusméretű szűrés.

A membrán szó latin eredetű, melynek jelentése hártya vagy héj. A membránnak permszelektív tulajdonsága van, mely azt jelenti, hogy különböző anyagokat különböző mértékben enged át (Fonyó, 1998). Ez a szűrési technika lehetővé teszi a molekuláris tartományban történő szétválasztást is. A dead-end és a cross-flow, más néven a tangenciális szűrés tartozik ide. A membrán pórusméretétől függ a funkciója. Moduloknak nevezzük a szűrőegységeit, ezeket néha cserélni kell, de egy ideig lehet regenerálni visszamosással. Azért, hogy a szűrőfelületet növelni lehessen, cső formájában is el lehet helyezni a membránt, így lesz gyertya alakú a membrán, ami bár térfogatra kisebbnek tűnik, mint sok szűrő, mégis a belső szűrőfelülete jóval nagyobb. A pórusok az összfelület 70-84%-át teszik ki, tehát nagy az aktív felületük méretükhöz viszonyítva. Ezek a gyertyák kívülről befelé szűrnek, anyaguk pedig műanyag.

A membrán pórusmérete szerint csoportosíthatjuk a szűréseket: a mikroszűrés, az ultraszűrés és a fordított ozmózis alkotják ezeket a csoportokat. Mikroszűrésen a 0,1 és 10 mik-



1. ábra. A cross-flow szűrés sémája

ronos tartományt értjük, mely alkalmazásával steril borhoz juthatunk.

Ultraszűrés alatt a 0,01 és 0,1 mikronos tartományt értjük, mely eltávolítja a makromolekulákat és a kolloid részecskéket is. Fordított ozmózissal pedig eltávolíthatóak a kis molekulású részecskék és ionok is, pórusmérete 0,001-0,01 mikron (Ron, 1994). A tangenciális szűrő rengeteg (250-2000 db) vízszintesen elhelyezett kis átmérőjű csőből áll, melyek belsejében áramlik a betáplált, szűrendő bor, erre pedig merőlegesen a kis csövek falán át távozik a leszűrt (Eperjesi, 2010; Ron, 1994).



2. ábra. Della Toffola OMNIA kerámia cross-flow szűrő

A szűrlet a keringetés irányára merőlegesen távozik, innen az elvezetés. A csövek belsejében pedig a retentát (viszszamaradó anyag), egyre töményebb oldat marad, amit a következő betáplált folyadék mos majd ki, így ez egy öntisztító rendszer. Ezek a membránok általában poliszulfonból készülnek. A membránszűrésnél tehát nincs szükség segédanyagra. A betáplált folyadék 20%-a szűrlet, a maradék 80%-ot pedig visszakeringetjük, így a keringetett folyadék egyre töményebb lesz. A membránok anyaga lehet cellulóz-nitrát, cellulóz-acetát, polipropilén, nejlón, poliszulfon, cellulóz-triacetát, teflon stb. Használható kétrétegű membrán is, melynek első membránrétege előszűrést végez 0,8-1,2  $\mu\text{m}$ -es pórusmérettel (poliszulfon). A szűrés egy 0,45  $\mu\text{m}$ -es pórusméretű membránon fejeződik be (nejlón). A szűrés hatóereje a nyomáskülönbség. A nyomás növelésével egy adott mértékig növelni tudjuk az átáramlott folyadék mennyiségét (a fluxust), azonban érdemes a berendezés terhelhe-

tőségét és a borra ható nyúzóhatást is figyelembe venni. A membránszűrőkkel megvalósítható a tükrös tisztaságúra való szűrés, illetve a sterilszűrés is, ami tökéletesen alkalmazható emiatt palackozás előtti tisztításra. A borseprő szűrése esetében végzett külföldi kutatások alapján (Guerrini, 2019) a szűrés ciklusok alkalmazásában a 65%-os lényeredé-  
kig történő ismétlést tartották ideálisnak, ugyanis a további szűrés idő során a nemkívánatos vegyületek emelkednek a folyadékfázisban. Ez az ideális kihozatali arány ideális kompromisszumnak bizonyult a borok erjedési kockázatában és a lé minőségi paraméterei között.

További előnye a membránszűrőknek, hogy a szűrőanyag hiányában a borban később biztos nem található meg a bortól idegen anyag. Illetve előny, hogy a kovaföldes szűrésnél a fáradt kovaföld veszélyes hulladéknak számít, ennek a kezelése plusz költséget jelent. A membránszűrésnél nincs ilyen probléma, így ígéretesebb technológia (Gergely et. al. 2003).

Érdemes a szűrés után legalább két hónapot pihentetni a bort (Eperjesi, 2010), hiszen a membránszűrés megnyúzza, vagyis érzékszervileg szétesik a bor. Összehasonlítva a membránszűrés technológiákat, a dead-end szűrés kevésbé viseli meg a bort, mint a cross-flow szűrés.

Alapvetően elmondható, hogy a membránszűréskor a szitahatás érvényesül, azonban ennél a szűrésnél is adszorpciós hatása, melynek mértéke függ a szűrő anyagától. A



3. ábra. A kerámiaszűrő és rosta (előszűrő) által visszatartott szűrlet konzisztenciája

szűrő pórusméreténél kisebb részecskék egy részét visszatartja, más részét átengedi a szűrő a felületi adszorpció miatt. Ez fontos tényező a mélységi szűrésnél, a membránszűrésnél pedig kevésbé (Ron, 1994).

Korábbi kutatások már arra is rámutattak, hogy

a polifenolok és poliszacharidok jelentős szerepet játszanak a membránszűrő adszorpció miatti eltömődésében, emellett arra is, hogy, az adszorpciója a fő hajtóereje a polifenolok és a membrán közötti kölcsönhatásnak. Ennek következménye, hogy a PP membránt alacsonyabb adszorpciós hajlama miatt nagyobb fluxus és hosszabb élettartam jellemzi (Vernhet, 1999).

A szűrőfelület eltömődéséért leginkább a membrán és a fehérjék közti hidrofób kölcsönhatás a felelős (Vernhet, 1999). Az adszorpció a membrán felszínén eredményezhet eltömődést, emellett a fehérjék, és polifenolok is a folyamat indukáló elemei. A pórusokban felhalmozódott poliszacharidok csökkentik a permeabilitást. A különböző porozitás figyelembevételéhez az adszorbeált mennyiséget össze kell kapcsolni a fajlagos felülettel. A PP membrán fajlagos felülete szignifikánsan nagyobb volt a PES membránénál. Fontos azt is megemlíteni, hogy a polifenolok adszorpcióját szabályozza a membrán polimerizáltsági foka.

Arriagada (2005) és munkatársai vizsgálták a membránszűrés hatását az aroma- és a fenolos komponensekre vörösbornál (Cabernet sauvignon). Előszűrést végeztek 1,2 mikronon, majd 0,65 mikronon a végső szűrést. Szignifikáns



4. ábra. A vertikális rotációs szita (rosta) – előszűrő

csökkenés volt megállapítható mind az aromás, mind a fenolos vegyületeknél. Érzékszervi bírálatot is végeztek a szűrt boron. A kapott eredmények azt mutatták, hogy a különbségek a membrán adszorpció hatása miatt adódtak.

### Eredmények

Minden termelőüzem, vállalkozás legfőbb érdeke, hogy a feldolgozás alatt képződő veszteséget, hulladékot minimalizálja. Fontos, hogy az előállítási veszteségeket optimalizáljuk a maximális mennyiség szem előtt tartása mellett, mindemellett, hogy a legnagyobb tisztaságot és minőséget tudjuk elérni, különösen magas értékű termékek esetében.

A borok készítése során a technológiai veszteségtényezőket minimalizálására legfőképpen a magas szedimenttartalmú boraljak nedvességtartalmának kivonása alkalmával van lehetőségünk.



5. ábra. Membrántisztító egység műanyagkefés rendszere

A modern kerámia cross-flow alkalmazása során egyedülállóan, 90%-os szűrési hatékonyságot érhetünk el (olyan derítési aljaknál is, amelyek szenet, bentonitot vagy kazeint stb. tartalmaznak), amit a mechanikailag nagyon ellenálló és magas minőségű kerámiából készült membránnak köszönhet.

A Della Toffola cég által kifejlesztett OMNIA kerámia-membrán használatával lehetőség nyílik a magas szedimenttartalmú anyagok szűrésére (pl.: aljak a szőlőmustból és borból, ciderek és más üdítőitalok). A derítés nélküli vagy derített borok esetében is a jellegzetes karakter szűrés után is megmarad, beleértve a legfontosabb alkotóelemeket, melyek a bor stabilitását biztosítják, úgymint például a mannoproteinek és a védőkolloidok. A folyamat nem igényel semmilyen szűrési segédanyagot, valamint a kezelés oxigénfelvétel és színcsökkenés elkerülése mellett végezhető. A bor esetében a palackozásra való előkészített állapotot lehet elérni, a szűrési index < 10 oS derítés előtt vagy utáni termékek esetében, valamint 0.00 NTU turbiditás érhető el a kezdeti 25-1000 NTU értékből kiindulva. A borokon kívül egyéb köztes technológiai termékek tisztítására van lehetőség, mint pl. fermentációból keletkező boralj (seprő) és a derítés utáni boralj (derítési alj).

A szűrőelemek élettartama több mint ötszöröse az átlagos organikus membránokhoz képest. Kevés mennyiségű mosóvízzel, magas hőmérsékleten mosható (70-80°C, 158-176°F) a könnyű és hatékony membránregeráció érdekében.

Az OMNIA kerámia cross-flow gép működése a következő öt fő szerkezeti részegységből áll.

A *vertikálisan forgó szita* (rosta) előszűrő, amely egy önmagát tisztító, folyamatos működésű készülő kefék egység. A kefék a szűrőegység felületét folyamatosan tisztán tartják működés közben. A folyadék és kisebb átmérőjű szilárd részek átmennek a szita előszűrőn (rostán) és a fő *cross-flow szűrő modulba* kerülnek. A nagyobb szennyeződések egy automatikus rendszer távolítja el. *Volumetrikus szivattyú* táplálja a szitát (rostát) és ezzel biztosítja a megfelelő működést, ha magas arányú a szilárd szennyeződés. A felügyelhető saválló *acél előszűrő takarítóelem* a membránok eltömődését akadályozza meg és eltávolítja a nagyobb szennyeződést. A megfelelő méretű vezetékeléssel ellátott fő *recirkulációs kör* (hurok) összeköttetést ad a recirkulációs szivattyú és a membrántároló között.

A membrántisztító egység (5. ábra) egy élelmiszeripari műanyagkefe, a membránt tartalmazó tartály/modul tetejébe került elhelyezésre, amely folyamatosan távolítja el és felszívja a membrán tetején fennakadó rostokat.

A többcsöves kerámiamembrán alumínium-oxidral vagy titánium-oxidral van bevonva a porózus fő felületen, attól függően, hogy milyen porózus szint került kiválasztásra, könnyen elválasztható, zárható helyben, a tömítőgyűrű könnyen eltávolítható egy vagy két szűrőmodul esetében is, melyet az igényhez igazítható a szűrőfelület.

A magas hatásfokú centrifugális körforgást biztosító szivattyú garantálja a termék cross-flow irányú áramlását a membráncsővekben. A visszamosási rendszer tartalmaz egy



speciális saválló egységet, melyben egy elasztomer (rugalmas) membrán van beillesztve, melyet egy pneumatikus rendszer automatikus programmal működtet.

A mosóvíz-bejuttató egység ki/be kapcsoló elektro-pneumatikus szelepekkel a hideg és meleg víz részére, és a termék leeresztést biztosító szelepekkel van ellátva, és jelző a víz és mosószer szelepek eresztése esetén is az egység része.

Összefoglalva, a kerámia cross-flow szűrők alkalmazásával a bor, must tisztításán kívül bármely, a borkészítés során keletkező melléktermék (pl. aljak) szűrésére kaphatunk komplex megoldást, további hozzáadott szűrési segédanyag felhasználása nélkül. Elterjedésének és bevezetésének sikere az automatizált rendszerű szűrési és mosási ciklusok szabályzásán túl a napjaink modern és alapvető távvezérlési és felügyeleti (pl. mobiltelefonon keresztül történő) lehetőségei által is megalapozott. Az egy menetben történő szűrési fázis révén kiváltható a lap-, dob- és kovaföldszűrő szerepe. A bor és annak készítése során keletkező termékek kezelésére javasolható, mind a beltartalmi, mind az érzékszervi paraméterek alakulására vonatkozó összehasonlító vizsgálatokat érdemes elvégezni.

### Irodalomjegyzék

- ARRIAGADA-CARRAZAN A. P., C. SÁEZ-NAVARRETE, E. BORDEU (2005): Journal of Food Engineering. Elsevier Ltd, Volume 68, Issue 3
- BÉKÁSSY-MOLNÁR, E. (1999): Wine filtration by ceramic membranes. XVI. Annual Summer School of the European Membrane Society
- CSÉFALVAY E., MIKA L. T. (2008): Vegyipari művelettan. Budapest.
- EPERJESI I., HORVÁT CS., SIDLOVITS D., PÁSTI GY., ZILAI Z. (2010): Borászati technológia. Budapest. Mezőgazda Kiadó Kft.
- FESSLER J. H. (1953): Wine filtration.
- FONYÓ ZS., FÁBRY GY. (1998): Vegyipari művelettan alapismeretek. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó
- GERGELY S., BEKASSY-MOLNAR E., VATAI GY. (2003): The use of multiobjective optimization to improve wine filtration. Journal of Food Engineering
- GUERRINI, L., CALAMAI, L., CAPPELLI, A., ANGELONI, G., MASELLA, P., & PARENTI, A. (2019). Cross-flow filtration of lees grape juice for non-aromatic white wine production: a case study on an Italian PDO. European Food Research and Technology, 245(12), 2697-2703.
- KÁLLAY M., RÁCZ L. (2012): Bortechológiai folyamatok és kémiai alapjaik. Eger. 75-77 p.
- KENNETH R. E. (2001): Encyclopedia of Chemical technology
- MAGYAR I. (2010): Borászati mikrobiológia. Budapest. Mezőgazda Kiadó Kft.
- PATTERSON T. (2007): When to filter. Wines & Vines. July
- RON S. J. (1994): Wine Science. Academic Press. 291-294. p.
- VERNHET, A., PELLERIN, P., BELLEVILLE, M. P., PLANQUE, J., & MOUTONNET, M. (1999). Relative impact of major wine polysaccharides on the performances of an organic microfiltration membrane. American Journal of Enology and Viticulture, 50(1), 51-56.