**AZ ERJESZTÉS TECHNOLÓGIÁJA**

A borkészítésnek döntő szakasza az alkoholos erjedés. A folyamatban az édes must (cefre) összetétele alapvetően megváltozik, savas ízű, csípős újborrá alakul.

Az alkoholos erjedést élesztők viszik végbe enzimeik segítségével, bonyolult kémiai reakciók láncolatában. Az erjedési folyamat bomlás, amelynek során a nagyobb energiatartalmú vegyületekből kisebb energiatartalmúak képződnek. E disszimilációs folyamatban tehát energia szabadul fel; *az erjedés hőtermelő folyamat.*

A borászati technológia feladata az erjedési folyamat optimalizálása. Ehhez ismerni kell az élesztők létfeltételeit, működésük körülményeit, az általuk létrehozott közbeeső és végtermékek keletkezésének mechanizmusát. Mindezek birtokában a folyamatot úgy kell irányítani, hogy az mindvégig kézben legyen, és az átalakulás befejezéseként a célkitűzéseinknek megfelelő bor készüljön.

A bonyolult folyamat ismeretanyaga is szerteágazó és mély. Az elmúlt években és napjainkban is hallatlanul nagyot fejlődött az alkoholos erjedés mikrobiológiai, kémiai és technológia kölcsönhatásainak a vizsgálata, amely mindhárom terület külön elemzését igényli. Arra törekszünk, hogy a három részterület ismeretanyagának analízise – kölcsönös oda-vissza utalásokkal – olyan szintézissé álljon össze, melyből kirajzolódik az erjedés irányításának teljes feladatköre a minél jobb minőségű bor előállításához.

Az erjesztés technológiáján belül más a fehérbor és más feladat a vörösbor készítése. Ezért a két feladattal külön foglalkozunk. Ezt megelőzendő, el kell dönteni, hogy a termésminőség, a technológiai, technikai adottságok, valamint a borpiac ismeretében milyen karakterű borokat készítsünk. Fehérborok esetében önmagában a széles termőhelyi és fajtaválaszték is számos változatot kínál. A kékszőlőfajtákból rozé-, siller- és vörösborok egyaránt készíthetők. Utóbbiak közül a vörösborok igen különböző jellegűek lehetnek. A feladatokhoz ismerkedjünk az erjesztés közvetlen környezetével, az erjesztő üzemmel.

##  Az erjesztő

Az erjesztés színhelyéül szolgáló helyiség, üzemrész többféle kialakítású és rendeltetésű lehet.

Kistermelői viszonylatban a fehér mustokat széleskörűen, hagyományosan a borpincékben erjesztik, melyek főfeladatként a borok tárolására, kezelésére, érlelésére szolgálnak. A borminőséggel kapcsolatos fokozódó igényekből kiindulva a hagyományos pincei erjesztés csak egyre nyomasztóbb kompromisszumokkal viselhető el. Itt alig van lehetőség az erjedési hőmérséklet szabályozására, a keletkező szén-dioxid gyors elvezetésére, amely utóbbi erősen rontja a munkakörülményeket. A nagy koncentrációban mérgező gáz felgyülemlése miatt sok esetben lehetetlenné válik a folyamatos munka.

A borgazdálkodást is folytató kistermelők mind többen korszerűsítik az erjesztéstechnológiát. A présházban vagy annak közvetlen közelében a talajszint fölötti térben elhelyezett, savállóacél erjesztőtartályok lehetővé teszik az előbbi problémák megoldását. Előnyösek a kettős köpennyel (hűtés, fűtés) készült tartályok *(42. ábra),* és a könnyen szellőztethető helyiségek.

**42. ábra - Erjesztőtartály hűtő-fűtő köpennyel**



Az elmúlt évtizedekben működő nagyüzemi borgazdaságokra a szabadtéri acéltartályos musterjesztés volt a jellemző, s ez manapság is sok helyen megtalálható. A különválasztott erjesztőblokk kényszerpályát jelent az erjedés időtartamában; az átlagosan egyhetes erjesztési ciklusok nemigen változtathatók. A szabadtéri acéltartályos musterjesztés ezzel együtt előrelépés volt a nagyüzemekben a lehető leghátrányosabb vasbetontartályos erjesztéshez képest. Az erjedési hőmérséklet szabályozása kiegészítő berendezésekkel megoldható, a szén-dioxid elvezetése pedig a szabad légköri viszonyok között problémamentes.

Ennek ellenére nem tekinthetők korszerűeknek a szabadtéri tartályok. Az időjárási viszonyok ugyanis állandó zavart okozhatnak az erjedési folyamat finomabb szabályozásában.

Az erjesztő tartályok kialakításában nem előnyösek a magas (8–10 m) tornyok, mivel az ezekben erjedő must CO2-megkötő képessége rosszabb. Márpedig a kedvező feltételek között kierjedt újbornak az erjedésből származó 1 g/l körüli szén-dioxid-tartalom kellemes frissességet kölcsönöz.

## Fehér mustok erjesztése

A kívánt kezelésen és az esetleges javításon átvezetett mustot erjesztőtartályba szivattyúzzuk és az erjedést fajélesztős beoltással vagy ritkábban a nélkül indítjuk. Megjegyzendő, hogy minél hatékonyabb a musttisztítás, és minél alacsonyabb a must erjedés előtti hőfoka, annál kevésbé nélkülözhető a fajélesztős beoltás.

A szőlőmust borrá alakulásában – alakításában – döntő fontosságú alkoholos erjedés témakörét tankönyvünk 3. kötetében „Az alkoholos erjedés mikrobiológiája” című fejezet tartalmazza.

Az erjedés irányításának és ellenőrzésének legfőbb technológiai feladata a környezeti tényezők alakítása az élesztőtevékenység szabályozásához. Ezeket a következőkben ismertetjük.

### Erjedési űr

Az erjedő must a fölszabaduló nagy mennyiségű szén-dioxid miatt erős mozgásban van. Hullámzó felszíne erősen habzik, a benne kicsapódó kolloid-anyagok (fehérjék, poliszacharidok stb.) felszínre jutásával. Ezért az erjesztőtartályokat nem töltjük színültig, hanem 10–15% (indokolt esetekben ennél kevesebb vagy több) erjedési űrt hagyunk.

A cukorfogyás mértéke tájékoztat az erjedés hevességéről. Ha a cukorfogyás gyors, nő a szén-dioxid kiáramlásának az intenzitása. Ilyenkor szükségessé válhat az erjedési űrnek a folyamat közbeni megnövelése. Erről ne feledkezzünk meg, mert a kihabzó must szerves anyagai gyorsan bomlásnak indulnak, és bűzös bomlástermékei a gondatlanságról árulkodnak.

Kellő musttisztítás és hűtött erjesztés esetében az erjedés teljes periódusában szabályozott, egyenletes cukorfogyás mellett kisebb lehet az erjedési űr. Mustflotálással kombinált hűtött erjesztéskor az adagolt derítőszerek hatásának tulajdoníthatóan gyenge a habképződés is. Ekkor 5% erjedési űr is elegendő (Eperjesi– Bárdoss, 1994).

### Az erjedési hőmérséklet szabályozása

Az erjedési hőmérséklet döntő hatással van a bor minőségére. *Az erjesztési technológia legsarkalatosabb eleme az erjedési hőmérséklet szabályozása,* mely a borászati technológia egészét tekintve is szerte a nagyvilágban megkülönböztetett figyelmet érdemel. Ez a figyelem leginkább a fehérborok készítésén belül a hűtött erjesztésre összpontosul.

A hőmérséklet-szabályozás automatizálása napjainkban korábban még alig elképzelhető távlatokat nyitott a borkészítési technológiában. A szakemberek felismerték, hogy egyazon mustból lényegesen eltérő erjedési hőmérsékleten különböző összetételű, jellegű és piaci értékű bor készíthető. Az erjedési hőmérséklet és a borminőség közötti összefüggéssel kapcsolatos tisztánlátáshoz fontosnak tartjuk az egyes korszakokra is jellemző technológiai adottságok, illetve irányzatok fölidézését a fehérborok készítésében.

Az évezredes hagyományokon nyugvó fahordós pincei erjesztés alig adott módot a must hőmérsékletének a szabályozásához, de az esetek többségében mégis zavartalanul kierjedt a must. Ennek az a magyarázata, hogy a hűvös pincékben, a mai tartályméretekhez képest jóval kisebb méretű, tehát nagyobb fajlagos felületű fahordókban ritkán fordult elő olyan mértékben túlmelegedés, amely veszélyeztette volna az erjedési folyamat szabályos lezajlását. A hagyományos szőlő-bortermelésben a késői fajták uralkodtak, így a késői szüret hűvösebb időjárása miatt a must erjedés előtti hőmérséklete is többnyire alacsony volt. Olykor az erjedés indításához a must 5–10%-os beoltása is szükségessé vált erjedő musttal.

A korai szőlőfajták elterjedésével nagyon hátrányos helyzetbe került a pincei erjesztés. Gyakori a kiszámíthatatlan (túl heves vagy vontatott) erjedés, azoknak a borminőséget károsan befolyásoló következményeivel együtt.

A nagyüzemi borgazdaságok kialakulásával jelentkeztek azok a súlyos problémák, amelyek a nagy tartályokban túlhevülő must következtében szinte megoldhatatlanul nehéz helyzetet teremtettek. Az 1980-as évekig elhúzódóan a hazai nagyüzemi borászat legnagyobb problematikája volt a robbanásszerűen keletkező hő elvezetésének a hiánya.

Idézzük fel ehhez a must alkoholos erjedésének energiamérlegét. Elméletileg 1 molnyi (180 g) glükóz elbomlásakor 168 KJ (40 Kcal) energia keletkezik. Ebből mintegy 60 KJ (14,4 Kcal) használódik az élesztő testének felépítésére, a fennmaradó rész pedig a környezetbe távozik (lásd: tankönyvünk 2. kötetében „Az erjedés biokémiája” című fejezetet).

A közvetlen környezet az erjedő must, így az összes felszabadult energia azt melegíti. A must hőmérséklete azonban nem emelkedik a képződő hőnek megfelelően 25,6 °C-kal. Ennek két oka van:

1. Az erjedés alkoholos-vizes közegben játszódik le, melynek párolgása és a kiáramló szén-dioxid révén jelentős hőenergia távozik a közegből. (A hullámzó folyadékfelszín többszöröse a nyugvó folyadék felszínének.)
2. Az erjesztőedények szerkezeti anyagától, falvastagságától és elhelyezésétől (építményen belül vagy szabad térben) függően több-kevesebb hő kerül a légtérbe.

Az erjesztőtartályként használt szerkezeti anyagok közül a vasbeton hővezetési tényezője 0,7–1,4 W/m°C, az acélé 67 W/m°C (Kádár et al., 1982).

A vasbeton tehát rendkívül rossz hővezető, sőt a bortárolásra épített vasbeton tartályok 20 cm-es falvastagságát tekintve, a falak kifejezetten hőszigetelők. Ezekben az erjedő must hőfoka 3-5 °C-ra megközelíti a felmelegedés elméletileg számított értékét. A vasbeton tartályokban erjedő must hűtésének technikai korlátai vannak, hűtés nélkül viszont az „eredmény” katasztrofális. A 30 °C-ot meghaladó – esetenként jóval nagyobb – erjedési hőmérsékleten készült boroknál szóba sem jöhet az elvárt jó minőség. Szerencsés esetben nem lépnek fel durva rendellenességek, de az ilyen borok illatszegények, fáradt ízűek, gyenge élvezeti értékűek.

A savállóacél-tartályok erjesztésre minden tekintetben előnyösebbek, mint a vasbeton tartályok. Szabadtéri telepítéssel jó hővezető képességüknél fogva jól kihasználható a szabad légkörből adódó hűtés. Rögvest megjegyzendő azonban, hogy a szabad levegő áramlása és éjszakai lehűlése csupán javít a helyzeten, de önmagában nem jelent megoldást. Megteremti viszont a természetes energiák intenzívebb hasznosításának a lehetőségét.

Ilyen előnyös módszer például a tartály falán vízfilm képzése, melynél egyidejűleg érvényesíthető a párolgási hőelvonás és a hőcsere kettős hűtő hatása.

A természetes hűtőenergia hasznosításának iparszerűbb módja külön evaporatív berendezés bekapcsolása a folyamatba. E módszert a francia borászok alkalmazták jó eredménnyel, főleg Algériában. Ez adott ötletet a hazai KM-100 jelű berendezés alkalmazására musthűtőként *(43. ábra).* Bár a hazai mérések és üzemi tapasztalatok kedvező eredményeket tükröznek, a hűtés hatásfoka erősen függ a klimatikus viszonyoktól, ezért az erjedés szabályozása bizonytalanná válik (Eperjesi–Fodor–Nagy, 1978).

**43. ábra - KM-100 jelű evaporatív musthűtő: 1. vízszivattyú szívócsöve, 2. vízszivattyú,**

**3. mustvezető csőköteg, 4. vízpermetező szórócső, 5. mustelvezetés, 6. mustbevezetés**



A must erjedési hőmérsékletének pontos szabályozása csak mesterséges energiával lehetséges. A színvonalas, minőségi borászat ma már nem nélkülözheti az irányított erjesztés döntő tényezőjét, a pontosan beszabályozott hűtést, olykor fűtést, amely a nagyüzemekben tökéletesen automatizált *(44. ábra).*

**44. ábra - Korszerű erjesztőtartályok**



A világ borízlése mindinkább elmozdult az elsődleges szőlőillattal rendelkező, üde, friss borok irányába. Ehhez kitűnő feltételeket kínál a hideg (hűtött) erjesztés 10–18 °C hőmérsékleten.

Kétségtelen tény, hogy alacsony hőfokon a visszafogottabb CO2-kiáramlás mellett jobban megmaradnak az illékony illatkomponensek. Mérsékeltebb a kémiai folyamatok reakciósebessége, több szén-dioxid marad oldott állapotban. Mindezek hozzájárulnak az üde, friss borjelleg kialakulásához.

Ennek az irányzatnak legjobb képviselője a német borászat, amely egységes iskolát teremtett. A németországi borok az évjárattól, beérési cukortartalomtól alig függően illatosak, frissek, élénk savtartalmúak, mely borjellegben döntő szerepe van a hidegerjesztésnek. Ez bizonyos uniformizáltságot jelent ugyan, de feltételezhető, hogy a szőlőtermesztés északi határán működő rajnai, moseli stb. borászatnak nincsen más választási lehetősége.

A földrajzi adottságaiból következően is a legszélesebb borpalettát felmutató francia borászat és az azt megszívlelendők már jóval árnyaltabban közelítenek az erjedési hőmérséklet és a borminőség közötti összefüggés optimalizálásához.

Induljunk ki abból, hogy az alkoholos erjedés a borélesztőknek köszönhetően zajlik le. Mivel a borélesztők szaporodásának és tevékenységének hőmérsékleti optimuma 25 °C körüli, pusztán biotechnológiai megfontolások alapján ezen a hőfokon kellene erjeszteni a mustot. A már ismertetett technológiai szempontok szerint azonban ennél kisebb – sokszor jóval kisebb – hőfokon vezetjük le az erjedést, s ezáltal az élesztőtevékenységet fékezzük. Válaszul a fékezett erjedési folyamatban nagyobb koncentrációban képződnek olyan vegyületek, melyek a kénessavhoz addícióval kötődnek (acetaldehid, piroszőlősav, α-keto-glutársav stb.). Ez növeli azt a tehertételt, amelyet a kötött kénessav képvisel (bővebben a borkénezés ismertetésekor).

Mindezeket egybevetve három lehetőség közül célszerű választanunk az erjedési hőmérséklet kialakításában.

1. A must erjesztését 10 °C körüli hőmérsékletre hűtve indítjuk, és e hőfokon tartva a cukortartalomnak mintegy

¾-része kierjed. Ezután megszüntetjük a hűtést, és a maradék 40–50 g/l cukor erjedésekor keletkező hőtől lassú erjedési folyamatban kb. 16 °C-ra melegszik fel a must. Az utóerjedési szakaszban a már keletkezett alkohol fékezi, az emelkedő hőmérséklet pedig segíti a folyamat befejeződését. A hidegerjesztést a hidegtűrésre szelektált fajélesztő kultúrák alkalmazása teszi biztonságossá. Ez a technológiai változat az intenzív illatú bukéborok (Tramini, Sauvignon, muskotályfajták) esetében különösen előnyös lehet.

1. A must erjesztését mindvégig 16–18 °C-on vezetjük. Európában manapság ez a legjelentősebb változat a jól beérett (de nem túlérett) szőlő esetében. Bár ez a hőfoktartomány is távol van az élesztőtevékenység optimumától, kompromisszumos megoldásként a legtöbb esetben ajánlható az üde, reduktív borok készítéséhez.
2. A cukorbomlás hőmérsékleti optimuma az alkohol-kihozatal szempontjából 20–23 °C között van. Ez már közel áll a zavartalan élesztőtevékenységhez. Következésképpen a must összetételének és az alkoholos erjedés termékeinek természetes egyensúlya kiegyenlített. Ezen a hőfokon ajánlatos erjeszteni a jól beérett, mérsékelten illatos Olaszrizling, Furmint, Hárslevelű, Leányka, Ezerjó, Zenit, Zöld veltelini és túlérésben úgyszólván az összes fehér fajtát.

### A szén-dioxid elvezetése

Egy hektoliter 18 mustfokos mustból erjedés közben kb. 9 kg szén-dioxid szabadul fel, amelynek térfogata kb. 45 hl. A levegőhöz képest másfélszer nehezebb mérgező gáz az erjesztőpincében először a padozat közelében, és az esetleg mélyebben fekvő tartályokban, fejtőaknákban gyülemlik össze. Ha az erjesztőhelyiség levegőjének CO2-tartalma a normális 0,03%-ról 1–2%-ra növekszik, légzési zavarokat és rosszullétet, a 4% fölötti CO2- tartalmú levegő tartós belégzése pedig halált okoz. A 30%-os CO2-koncentráció azonnali halállal jár.

A pincében végzett erjesztés során tehát kötelező feladat gondoskodni a szén-dioxid elvezetéséről. Ehhez centrifugál-ventilátort használjunk. A pincében folyó munkavégzés biztonságához a pinceágakban – főleg a mélyebb pontokon – égő gyertyákat helyezzünk el, és jól látható helyeken hívjuk fel a figyelmet a mustgáz veszélyére.

Nagyüzemekben a föld feletti erjesztőhelyiségekben is célszerű a folyamatos légcsere a kedvező munkakörülmények fenntartásához.

## Rozé-, siller- és vörösborok készítése

A világpiacon forgalmazott borok összmennyiségét tekintve, több készül a kék szőlőfajtákból, mint a fehérekből. A tradicionális értelemben meghatározó Földközi-tenger melléki országok fajtaszerkezetében, főleg klimatikus okokból, hagyományosan is nagyobb súlyt képviselt a kékszőlő termelése, és ezzel a borforgalmazásban a rozé- és vörösborok aránya. Emellett a 70-es évek végétől kezdődően nagy nyilvánosságot kaptak olyan orvosi közlemények, (v.ö: francia paradoxon jelensége) amelyek – a főleg vörösborokban kimutatott – élettani szempontból jelentős vegyületek (rezveratrol, kondenzált polifenolok stb.) jótékony fiziológiai hatását elemezték, és a preventív terápia részévé avatták a bort (Teissedre et al., 1996).

A vörös borok iránti kereslet ezután világszerte erősen fellendült, majd az amúgy is piacra orientált „újvilági” termelők megjelenése – akik igazából ebben az időszakban jelentek meg csak a világpiacon tényezőként –, kihasználva kiváló természeti adottságaikat, főként a kékszőlők termelése és a vörös borok forgalmazása felé fordultak, tovább növelve ezzel a kínálatot.

Ez a felívelő tendencia a termelésben és a forgalmazásban 20–25 év óta hazánkban is jelen van, noha a növekedés néhány éve már megállt. Elfogadott szakmai megállapítás ugyan, hogy klimatikus adottságaink – néhány borvidéktől eltekintve – a gyenge, vagy az átlagos évjáratokban kevésbé felelnek meg elsőrendű minőségű kékszőlő termelésére, ennek ellenére az elmúlt 30 évben a megelőző időszak 15–18 százalékos részarányáról közel 25 százalékra emelkedett a kékszőlőket termő felület aránya Magyarországon.

### Kékszőlőből készült borok

A szőlőfeldolgozási és az erjesztési technológia, majd a tárolási-érlelési körülmények célszerű megválasztásával ugyanabból a kékszőlőből egyaránt készíthető rozé-, siller- és vörösbor. A végtermék típusa alapvetően két tényező függvénye; egyrészt, hogy a választott technológiával a kékszőlő jellegzetes fenolos vegyületeiből (antocianinok, leukoantocianinok, tanninok) mennyi és milyen arányban jut át a borba, illetve az, hogy borunk

„élete” során milyen mértékben találkozik az oxidációval, amely jelentősen befolyásolja a fenolos vegyületek viselkedését, s így ezek érzékszervi hatásait.

### Kékszőlők jellegzetes anyagainak kinyerése

Az európai kékszőlőfajták bogyóinak héjsejtjeiben képződnek az érés során azok a polifenol típusú vegyületek, amelyek a rozé-, siller- és vörösborok sajátos jellegét adják. E csoport közismert tagjai, pl. a vörös színanyagok

(antocianinok) vagy a fanyar jelleget adó, bonyolult szerkezetű különféle tanninok, illetve azok alkotóelemei (katechinek, leukoantocianinok stb.).

Az említett polifenol vegyületek és a jellegzetes aromák többségükben a héjsejtek vakuólumaiban, illetve a citoplazma fehérjeburkaiban (leukoantocianinok) találhatók. A nevezett borok készítéséhez a vakuólumokat, illetve a fehérjetasakokat kell feltárnunk, hogy a kívánt anyagok kiszabadulva a folyadékba kerüljenek.

A kioldási folyamat elsődleges, de nem kizárólagos célja az antocianinok föltárása. A nevezett bortípusok jellegéhez ugyanis több-kevesebb fanyarság is társul, s emellett a bor tényleges – az időben változó –, szemmel érzékelhető színének kialakításában a többi fenolos vegyület is részt vesz. Sőt, ma már tudjuk, a tanninok a színstabilitás lényeges tényezőiként is felfoghatók. A korszerű borászat e többcélú biokémiai és diffúziós folyamatrendszer megvalósítására több, egymástól lényegesen eltérő technológiát alkalmaz. Ezek eredményeképpen készülnek a kékszőlő jellegzetes borai.

A polifenolok kívánatos szintéziséhez a zsendülés/érés szakaszában, optimális, ha a napi középhőmérséklet 20 fok közelében mozog, valamint, a napi maximum és minimum hőfok között az eltérés legalább 8–10 Celsius fok. Ilyen körülmények közt a polifenol vegyületek és köztük a színanyagok felhalmozása a bogyóban a legerőteljesebb. Mindez arra is rávilágít, hogy a túl meleg éjszakai klíma (pl. Katalóniában éjszakánként vízpermettel párásítanak a hűtés végett), vagy egy túl hideg, „északi” termőtáj sem kedvez a kedvező polifenol összetételt biztosító kék szőlő termeléséhez (Crespy, 2002).

Vivas (1993) francia szerző arra utal, hogy kékszőlők esetében célszerű megkülönböztetni a technológiai és az ún. „fenolos” érettséget. Utóbbi azt az állapotot képviseli, amikor a bogyóban az antocianintartalom eléri a maximum-értéket, emellett nő a tanninok polimerizáltsági foka, a húzós íz mérséklődik. Vizsgálatai szerint e kedvező állapot a teljes érés idején vagy azt követően néhány napig áll fenn. A további túlérés már a színanyagok enzimatikus és fotokémiai lebomlásához vezet.

A kékszőlő érettségének jellemzésekor két területre koncentrálnak a vizsgálatok során; alkalmazzák a klasszikus analitikai méréseket (cukor-, savtartalom, pH) és az ún. fenolos érettség elemzését. Utóbbi esetben igyekeznek megállapítani a bogyóban a polifenol vegyületek aktuális arányait és azok struktúráját. Újabban az optimális szüreti időpont meghatározásához egyre inkább használják a bogyó tudományos alaposságú érzékszervi vizsgálatát is, egy kiképzett, érzékszervi minősítésben jártas panel segítségével, ahol a szövetszerkezet, és egyes illat-, íz-, aromakomponensek elemzése ad támpontot az érés pillanatnyi helyzetéről. Különösen hangsúlyos ez az érzékszervi minősítés a szőlőmagra nézve, hiszen pl. a magkeserűség, a húzósság megjelenése később a vörösborban legtöbbször a nem kellően kondenzált, kis molekulatömegű agresszív magtanninok rovására írható (Le Moigne et. al., 2007).

Újszerű lehetőséget teremt még e területen a számítástechnika fejlődése; az egyik informatikai világcég olyan képelemző szoftvert fejlesztett ki, amely a szőlőhéjból vett parányi minta képe alapján láthatóvá teszi a fenolos vegyületek szerkezetét, elhelyezkedését, felületi arányait a bogyó héjsejtjeiben (Chevalier M., et al., 2003).

A bogyó héjszerkezetének érés közben bekövetkezett változására, s ezzel a kioldódás folyamatainak körülményeire szemléletes példát ad Glories (1998) kísérlete, amely szintén megerősíti a fenolosan (is) érett kékszőlő, mint alapanyag fontosságát. A *19. táblázatban* jól látható, a kissé túlérett szőlő szövetszerkezete könnyebben „engedi el” a színanyagokat – nő az ún. extrakciós koefficiens –, növelve ezzel a bor színintenzitását.

**19. táblázat - Cabernet sauvignon fenolos érettsége három szüreti időpontban (Glories, 1998)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Szüreti dátum | Antocianin mg/l | Színintenzitás | Extrakciós koefficiens % |
| héj | újbor |
| 09. 13. | 1550 |  930 | 6,86 | 61 |
| 09. 20. | 1743 | 1046 | 8,12 | 59 |
| 09. 28. | 1610 | 1207 | 9,15 | 75 |

### Rozéborok készítése

Az egyes bortermelő országokban széles skálát képviselnek a rozéborok, eltérő színük és jellegük szerint. Színük a halvány rózsaszíntől (hagymahéjszín) a cseresznyepiros tónusig terjedhet. (A nálunk sillernek nevezett borok, a mediterrán térségben még a rozéborok közt szerepelnek.)

A rozéborok előállításában komoly tradíciókkal rendelkező, főként dél-európai országokban e borok általában több, helyi kék szőlőfajta és feldolgozás-technológia tudatos ötvözésével készülnek. A kierjedt újborok házasítását a különféle fogyasztói igények ismeretében végzik, s így az egyes pincészetek rozéborai évről évre a fogyasztóközönség által ismert minőségben kaphatók a kereskedelemben.

Egyes országokban (például Olaszországban) a fehér és a kék szőlő együttes feldolgozása is engedélyezett rozébor készítés céljából. Kontinensünkön nem engedélyezik azonban a fehér és a vörös borok ilyen célú házasítását, és ebben egyetértés van minden jelentős európai bortermelő ország között. (Az Európai Unió illetékes testülete a jelentékeny kereskedői nyomás ellenére, éppen ezért utasította el 2009-ben az erre vonatkozó ármánykodásokat.)

Rozéborok készítésére elvileg bármely kékszőlőfajta alkalmas, ideértve az egyébként „nagy vörösbort adó” fajtákat is (pl. Merlot, Cabernet, Syrah stb.). A szőlőt 17–18 mustfokkal, tehát kellően éretten, de nem túléretten célszerű szüretelni, amikor még a savtartalom jól illik az élénk jelleghez. A szőlő egészséges legyen, lehetőleg a kora délelőtti órákban szüreteljük, és ép állapotban szállítsuk a feldolgozóba. A beérkezett szőlőt bogyózás- zúzás után gyengén (30–50 mg SO2/kg) kénezzük. A további feldolgozás attól függ, hogy a készítendő rozébor világos színű, könnyed, friss jellegű vagy pedig testesebb, mélyebb színtónusú legyen.

A kétféle karakterű rozé készítéséhez világszerte a következő két technológiát alkalmazzák:

1. gyors feldolgozás,
2. rövid idejű héjon áztatás.

A *gyors feldolgozás* (közvetlen préselés) teljesen azonos a fehérszőlő áztatás nélküli feldolgozásával. A feltárt cefrét haladéktalanul a présbe vezetik, és kíméletesen kisajtolják. Mivel ez esetben csak a mechanikai feltáró hatás érvényesül, és a diffúziót mellőzik, kevés antocianin jut a mustba; a bor színe világos lesz.

Esetenként a cefrekészítés el is marad, és közvetlenül a fürtöket sajtolják. Így készülnek az egészen halványrózsaszínű, könnyed rozék.

A *héjon áztatás* esetében általában 4–24 órás cefreextrakciót alkalmaznak, az adott termőhely fajtaválasztékától, tradícióitól függően. A világszerte mintaként ismert francia ún. „Rose de saignée” jellemzően 6–12 órás áztatással készül. Az áztatás végén a rozémustot (ahogyan a fehér színmustot) elvezetik, s a visszamaradt részt vörösborrá erjesztik. (A Bordeaux-i borvidéken szinte csak ezt alkalmazzák.)

Roson (1967) szerint az áztatás döntő tényezője az idő, főként a színre és a kismértékű fanyarság érzetre nézve. A vizsgálatok szerint ugyanakkor, a jellegzetes aromák stabilitásához hozzásegít az, ha a bor gazdagabb antocianinban. (Egyes aromák megjelenése gyakorlatilag párhuzamos az antocianinok kioldódásával, főként 10 és 20 °C közt áztatva.) Figyelembe véve tehát azt, hogy egyszerre kellene biztosítani a gyümölcskaraktert, s mellé egy kívánatos színt, az áztatáshoz ideálisnak a 20 °C tűnik. Miután pedig az említett vegyületek oxidációra érzékenyek, védőgáz alkalmazása javasolt a mustgyűjtés alatt (Murat, 2005).

A rozéborok sajátos és igen kedvelt gyümölcskarakterének kialakulásához jelentősen hozzájárulnak az illó- tiolok, mint pl. a 3-merkaptohexan-1-ol (grapefruit jelleg) vagy a 3-merkaptohexil acetát (puszpáng karakter), továbbá a fenil-2-etanol nevű erjedési észter; mindhármat az élesztők képezik. Ezek intenzitása függ a szőlőben meglevő egyes perkurzorok (cisztein származék) gazdagságától, valamint az áztatási és az erjedési folyamat körülményeinek alakulásától. A jellegzetes aromakép persze ennél szélesebb, néha „sauvignonos”, máskor bogyósokra vagy elsődleges erjedési aromákra – izo-amil-acetát (banánjelleg) stb. – utalhat. Sajnos, egyes értékes aromák már 3 hónapnyi tárolás után akár 35–60 százalékkal is csökkenhetnek (Nedijma et. al. 2007).

Az erjesztésvezetés ugyanúgy kulcskérdés a minőségre nézve, mint a fehér bukéborok esetében. A már jól ismert erjedésirányítási eszközök (beoltás, a hőfok kézbentartása, a kénezés vagy a must oxigénezése) mellé, új eszköz a többféle bioaktivátor alkalmazása. Ezek a kereskedelmi készítmények (pl. Fermoplus, Opti White, Enovit stb.) különféle ammóniumsók, vitaminok, telítetlen zsírsavak, élesztősejtfal-kivonat, szterolok

kombinációi, melyek a beoltásnál, vagy egy erjedés újraindításnál elősegítik az élesztő kiegyensúlyozott anyagcseréjét, illetve védik azokat egyes toxikus anyagoktól (alkohol, rövid szénláncú telített zsírsavak).

Hazai kísérletek szerint Kékfrankos, Zweigelt és Cabernet fajtákból gyors feldolgozással vagy egészen rövid, néhány órás áztatással célszerű rozét készíteni. Ezzel szemben a Kadarka és más gyengén színeződött fajták esetében a 8–12 órás áztatás ajánlható (Pásti, 1986). A cefreáztatás optimális hőfoka, hasonlóan a külföldi tapasztalatokhoz, 18–20 °C legyen. A kisajtolt must 10–12 °C-ra hűtése és ülepítése, majd fajélesztős beoltással 16–18 °C-on vezetett erjesztése a kívánatos a könnyed, élénk jelleg biztosítása érdekében.

Az elmondottak tükrében érthető, hogy a rozéborok világszerte – kevés kivételtől eltekintve, mint pl. a túlérésben szüretelt Anjou rozé – gyors fogyasztásra készülnek. Az elegáns könnyedség, élénkség, a mérsékelt fanyarság, valamint a finom, gyümölcsjellegű illat- és ízkarakter fogyasztásig történő megőrzése, a fogyasztói igények kiszolgálása alapvető a sikerhez. Fogalmazhatunk úgy is, hogy a jó rozé, lényegében kékszőlőből készített „reduktív bor”.

Ennek megfelelően a borkezelési technológia gyorsított ütemű, a borok tárolása pedig pórusmentes anyagú tárolóedényeket (pl. savállóacél) igényel. A készre kezelt rozébor palackozásakor, ami gyakran már a szüret után 3 hónappal bekövetkezik, gyakran alkalmaznak szénsavazást (frissítés) is.

### Sillerborok készítése

A sillerbor, közép-európai borkategória, magyar és részben német nyelvterületek sajátossága. A sillerbor készítése során nincsenek „receptek”, annál nagyobb viszont a szerepe a borász szakember tapasztalatának, szakmai érzékének. E bor jellege közelebb áll a vörösboréhoz, teltebb, aromásabb, s némileg fanyarabb, mint egy rozébor. A világospiros, könnyed és aromagazdag sillerborok készítésének néhány borvidékünkön (pl. Szekszárd, Villány) nagy hagyományai vannak.

A kívánt alapanyag a jól színeződött, egészséges szőlő. A kékszőlő cefre héjon erjedésekor képződő alkohol megindítja a szín- és cserzőanyagok diffúzióját a héjsejtekből a mustba. Az erjedés megfelelő szakaszában – a borász által megkívánt színmélység és fanyarság elérésekor – a héjon erjesztést megszakítják. A félig kierjedt

„színlevet” leengedik, a szikkadt cefrét pedig kipréselik. A héjon erjedés időtartama általában az erjedés indulásától számított 2–3 nap. Ezután az elválasztott színlé és a préslé továbberjedése már egy bortartályban fejeződik be. Az alkoholos erjedést követően általában a biológiai almasavbomlást is elősegítik.

A sillerborok a rozébornál tovább tárolhatók, de itt is figyelemmel kell lenni az oxidációs hatások elhárítására, másképpen a bor színe barnulhat, élvezeti értéke csökkenni fog.

### Vörösborok készítése

A vörösborba a kékszőlő bogyóiból kioldható fenolos anyagok összessége átkerül. A jó vörösbor színét meghatározza a gazdag antocianintartalom, amely a tannin- és leukoantocianin vegyületekkel az idő függvényében különböző komplexeket képez. Ezáltal a pirosas-vöröses szín mélyebb árnyalatot nyer. A bor ízét a viszonylag lágy savérzet és a testesség mellett finom fanyarság jellemzi, melyek együttesen adják a vörösborok „bársonyosságát”.

A vörösbor készülhet:

* a klasszikus héjon erjesztéses technológia valamely korszerű és hatékony megoldásának alkalmazásával,
* a cefrehevítés elvét kihasználó melegítéses eljárással, illetve
* a különleges, de munkaigényes szénsavatmoszférás technológiával.

A különböző feldolgozási technológiákkal elkészített vörös újbor, ezt követően, a piaci elvárások, a helyi sajátosságok s az újbor összetétele szerint megválasztott tárolási-érlelési mód tudatos alkalmazásával többféle fogyasztó igényt elégíthet ki. Az oxidációs hatások mértékének, időtartamának irányításával, a tárolóedény megválasztásával, speciális beavatkozások (egyes kezelőanyagok, mikrooxigénezés stb.) beiktatásával forgalmazhatunk:

1. gyümölcsjelleget őrző, könnyed „primőr”,
2. fiatalos, élénkebb, gyors fogyasztásra szánt,
3. nehéz, telt, ászkolt,
4. barrique hordóban érlelt,
5. hosszabb ideig palackban érlelt vörösborokat.

#### Vörösborok készítése héjon erjesztéssel

Szerte a világon túlnyomórészt a héjon erjesztés módszerét alkalmazzák a vörösborok előállítására. A módszer alapjaiban évszázadok óta nem változott, de a technológiai paraméterek megválasztásával (hőfok, extrakciós idő, az alkalmazott technikai megoldások, borérlelési viszonyok stb.) jelentősen befolyásolható a kész vörösbor típusa.

A vörösborok készítésére választott jó alapanyag a teljes érettségű vagy legfeljebb a túlérés legelején álló, egészséges szőlő. A Botrytiszes fertőzés itt még nagyobb hátrány, mint a fehérboroknál. A fenolos vegyületek enzimes oxidációja miatt nagy a barnatörés veszélye.

A héjon erjesztés során az erjedés alatt képződő alkohol fehérjedenaturáló és színkioldó hatása érvényesül. Az alkohol hatására a fehérjetasakok burkai permeábilissé válnak, ezáltal a szín- és cserzőanyagok a folyadékba áramlanak.

Ezeknek a jellegzetes vegyületeknek a kioldása eltérő ütemben megy végbe. A folyamat elején gyors ütemben fokozódik a színkioldás, a színintenzitás erősödik, majd a héjon erjesztés kb. 8. napjától kezdve csökken. Ezt a

*45. ábra* szemlélteti, az összes polifenoltartalom alakulásának a függvényében. A folyamat annak a következménye, hogy a színanyagok egy része a leülepedő élesztőkhöz és a szilárd bogyórészekhez kötődik. A színanyagveszteség elkerüléséhez egyes hazai kutatók a héjon erjesztés korábbi befejezését (6–8 nap) javasolták (Urbán, 1985). Ez járható út lehet a fiatalos, élénk vörösboroknál, de a hosszabb ászkolást, vagy kishordós és palackérlelést igénylő, nehéz, testes vörösborok esetében nem tanácsolható. (Ilyen rövid erjedési időnél ui. a bor fenolos struktúrája, főleg a szín tekintetében még instabil, s a bor gyors szétesése, „kifakulása” valószínűsíthető.)

**45. ábra - A színintenzitásának és a fenolos vegyületek mennyiségének a változása az idő függvényében (Ribéreau-Gayon et al. 1976)**



A tanninok kioldódása az első 2–3 napban intenzíven folyik, ezután lassan, de folyamatosan nő a koncentrációjuk. Ez fokozza a bor fanyarságát, teltségét. A tanninanyagok feldúsulása egy bizonyos határon túl már nemkívánatos folyamat; a bor húzós és keserű lesz. Ismét utalunk rá: éretlen magfenolok, vagy a kevéssé polimerizált, s ezért igen reakcióképes héjfenolok a felelősek mindezért; megfelelő polifenol struktúra nélkül nincsen jó vörösbor. Hazánkban pedig ez erősen évjáratfüggő! A két említett vegyületcsoport (antocianinok- tanninok) komplexei pedig a későbbiekben fontos szerepet játszanak a színstabilitásban.

Héjon erjesztéshez a szőlőt szinte kivétel nélkül bogyózzák és zúzzák. A bogyózás itt jóval fontosabb, mint a fehérboroknál, mert a kocsány durva ízű fenolos vegyületeket tartalmaz. A keletkező alkohol a felszabaduló hővel együtt kulcsfontosságú tényezői a diffúziós folyamatoknak.

A cefrekezelési műveletek közül a kénezést a vörösborok készítése során is hosszú ideje általánosan alkalmazzák. Az új tudományos eredmények gyakorlatba történő átültetésére látunk viszont olyan megoldásokat, mint az enzimkezelés, a borászati tanninok használata, illetve a mikrooxidáció.

A kénessav vitathatatlan előnye a színanyagfeltárás fokozása, és az oxidációs folyamatok fékezése. Korábban több szerző a nevezett előnyök jobb érvényesüléséhez nagy adagú (150-200 mg/kg) cefrekénezést javasolt. A

kémiai kezelésekkel szembeni idegenkedés azonban a kénessav-adagok visszaszorítását is követeli. Ennek figyelembevételével a cefrét maximum 50-80 mg/kg kénessavval ajánlatos kezelni, főleg, ha célunk az almasavbontás elősegítése is.

Már több évtizede használnak a vörösbor erjesztéshez is, hasonlóan a fehér szőlők cefrekezelésénél megismert mód szerint enzimkezeléseket, de a cél itt főleg a színanyag hatékonyabb feltárása. A hazánkban is jelenlevő világcégek sokféle enzimkészítményt forgalmaznak, ezek zöme alapvetően pektolitikus hatású, de sok esetben más (celluláz, hemicelluláz, glukanáz stb.) aktivitást is mutatnak. (Néhány példa ismertebb granulált vagy folyékony enzimkészítményekre: Endozym rouge, Vinozym, Lallazym Ex.-V, Trenolin rouge DF, Trenolin color DF, Dépectil Extragarde FCE.)

A legújabb vizsgálati eredmények szerint az adagolt enzimek a bogyó belseje felől kifelé hatnak. Egyes véleményekkel ellentétben az enzimek nem bontják le a sejtfalakat, viszont törékennyé teszik azokat, ezzel megkönnyítve egyes héjalkotók felszabadulását és a sajtolást is. Az enzimadag növelése lehetővé teszi azt, hogy a héjszerkezetben mélyebbre hatoljunk, és több anyagot oldhassunk ki a héjból. Az esetek döntő többségében az áztatási enzimek alkalmazása erőteljesen megnöveli egyes héjalkotó vegyületek koncentrációját a kész borban (poliszacharidok, tanninok, antocianinok). Ilyen esetekben a borok színe erősödik, ami magyarázható többek közt az enzimek több tannint- és antocianint kioldó képességével. Mindez pedig könnyíti azt a kopigmentációt, ami az időben stabil, valamint a kén-dioxid hatására nem színtelenedő tannin-antocianin kombinációk képződéséhez vezet. A kapott borok általában teltebbek, koncentráltabbak, kevésbé húzósak, vagy keserűek. Mindezek hátterében az áll, hogy a héjtanninok kioldódása szelektív, hiányzik a magvakra gyakorolt enzimhatás, a zselatinindex-csökkenés, a magasabb HCl index jelzi a polimerizáltabb héjfenolok jelenlétét (Ducruet et al., 1997).

Újszerű megállapítás, hogy az ilyen extrakciós enzimek, szőlőből kivont tannin adagolással kombinálva, segíthetnek a szürkerothadás hatásaival szemben is. Ismert, hogy a penész által megtámadott szőlő vörösbora hajlamos a színvesztésre, vagy a nem tetszetős sárgás-narancsos tónusú színárnyalatra. A háttérben ilyenkor oxidációs jelenségek állnak. Mivel a lakkáz fehérje, érthető, hogy reagál az adagolt tanninokkal, és inaktiválódik. A tannin tehát antioxidáns hatású ebben az értelemben, az enzimek pedig elősegítik a hatékonyabb kioldódási folyamatot, mérsékeltebb kénezési igény mellett (Poinsaut et al. 2004).

A gyümölcs jellegű karakter megjelenése ma már a vörösborokban is újfajta lehetőség a bor elvesztett pozícióinak visszaszerzésére, főként a fiatalabb fogyasztók közt. Tipikus ilyen gyümölcsaroma pl. a karoténből és a luteinből képződő béta-jonon (piros bogyósok), illetve a damascenon (virág, egzotikus gyümölcs).

A fehér cefrék kezeléséhez bevált hidegmaceráció mintájára fejlesztette ki, speciálisan kék szőlő cefréjére, az IMECA cég azt a rendszerét, ahol a kékszőlőt a bogyózás után egy speciális tangenciális léelválasztón viszik át, s az átlagosan –3 °C-os hidegkezelést, több lépcsőben, ún. hidegfürdőkben csak a héj kapja meg. A maghőmérséklet egy-másfél perc alatt elérhető, a hűtőközeg a fürdőben pedig az a szőlőmust, amit reggelente nyernek, és egész nap keringtetnek –5 °C-on (Crespy, 2004).

Az alkoholos erjedés megindulásával a szén-dioxid felhajtó erejénél fogva a cefre szilárd részeinek jelentős része (bogyóhéj, húsfoszlányok, léha magvak stb.) a felszínre emelkednek és összetömörülnek. (A kifejlett magvak az erjesztő edény aljába süllyednek.) Ez az ún. törkölykalap, melynek megbontása és hatékony visszamerítése a folyadékfázisba minden héjon erjesztéses technológia alapvető követelménye.

Az extrakció módszerei és körülményei döntőek a készített bor minőségére. E tényezők:

* az áztatás (héjon erjesztés) hőfoka,
* a cefre szilárd és folyékony elegyének együtt tartózkodási ideje,
* a törkölykalap visszamerítésének módja.

Mindezek fontosabbak, mint az erjesztőtartály konkrét műszaki megoldása.

Az utóbbi években egyre nagyobb jelentőséget kapott az erjesztési idő és az azt követő áztatási időszak néhány jelensége (a kierjedt újbor és törkölye néhány napig még együtt marad), melynek körülményei jelentősen befolyásolják a színstabilitást (Vivas, 1993). Emellett a világ jelentős borászataiban megjelentek és a napi gyakorlat szintjén használatosak, egy évtizede még ismeretlen újszerű megoldások, melyek egyrészt az időben stabil és fejlődőképes színanyagok létrejöttét, másrészt a harmonikus és kerek, finom tanninokkal rendelkező

vörösborkarakter kialakulását célozzák. Ilyen innovatív beavatkozások a borászati tanninok adagolása és a mikrooxigénezés. A következőkben összegezzük e tényezők elvi alapjait is.

A fenolos anyagok kioldódása magasabb hőfokon kedvezőbb. A héjon erjesztés klasszikus hőmérsékleti optimuma 28–32 °C. E fölötti hőfok már fékezheti az élesztőtevékenységet, az alkoholos erjedés szabályos lefolyását.

A vörösborok között manapság egyre népszerűbbek a gyümölcsjellegű, fiatalos típusok is, melyek könnyedségét már veszélyeztetheti az említett magas erjedési hőmérséklet. Ezeknél alacsonyabb, 25 °C körüli tartomány javasolható.

Mindent egybevetve a héjonerjesztéssel készülő, különböző jellegű vörösborok ajánlott erjedési hőmérséklete 25–32 °C közötti. Olasz vizsgálatok (Celotti–Franceschi, 2004) igazolják, hogy a magasabb erjedési hőfok az erjedési-áztatási szakasz végén elősegíti a színstabilizálódási reakciókat. (A hosszabb érlelésre készítendő,

„nagy” vörösboroknál ez kulcskérdés.) A héjon erjesztést tanninadagolással kombinálva és mérsékelt oxigén bevezetéssel, az áztatás-erjesztés 2. napjától, az említett magasabb hőmérséklettel együttesen, hosszú távra stabil színt biztosított. (Ugyanakkor viszont egy alacsonyabb hőfokon vezetett áztatás esetén a tanninadagolás eredménytelen, a kívánt tannin-antocianin komplexek nem jönnek létre!)

Egy magasabb hőfokon vezetett, de rövid (6–10 napos) erjesztés sem teszi lehetővé az antocianin- és tanninvegyületek komplex képződési reakcióinak az indítását. Az ilyen vörösbor színtónusa az idő előrehaladtával „kifakulhat”, mert ebben az erjedést közvetlenül követő periódusban zömmel monomer antocianinok vannak jelen, melyek még nem stabilak. Az ígéretes színstabilitáshoz ezt követően még 1–3 heti együtt tartás (ázás) szükséges. Rögtön meg kell azonban jegyeznünk azt, hogy a reakciók lezajlásának alapfeltétele a részvevő komponensek megfelelő „kémiai mérettartománya”. Sem a kis molekulatömegű, alig kondenzált, sem pedig a túl nagy, erősen polimerizált fenolos építőkövek nem képesek hatékonyan részt venni abban a tannin-antocianin komplex képződési reakciósorozatban, melynek maximuma általában az erjedés vége után 6–10 nappal jelentkezik. A jelenség hátterében pedig ismét csak a fenolosan kellően beérett alapanyag hiánya áll, azaz a hosszú idejű erjesztés-áztatás alkalmazása csak ott indokolt és vezet eredményre, ahol a bogyó héjában és magjában található polifenolok (a magban jellemzően 6-8 egységben polimerizálódott procianidin molekulák) szerkezetileg alkalmasak a stabil színt és a bársonyos tanninérzetet biztosító komplexek létrehozására (Pásti, 2002).

A tanninok hagyományos fehérjestabilizáló szerepe mellett az utóbbi évtizedben előtérbe került oxidációs jelenségekkel szembeni alkalmazásuk is, s ezzel a kereskedelmi tanninkészítmények (pl. Graptan, Vitanil V, Tannin Multi, Tannin Grape, stb.) fontosakká váltak. A csoport kémiailag kondenzált és hidrolizálható tanninokra osztható. (Az utóbbiak közt jól ismertek a fahordókban is megtalálható gallotanninok és az ellágtanninok.)

A forgalmazott tanninokat sokféle növényi alapanyagból vonják ki (szőlőhéj, mag, kvebraccsófa, tölgy stb.). Eltérőek az összetételük, mások a jellemző fehérjetannin komplexeik, melyek az érzékszervi jelleget is befolyásolják (Celotti et al. 2000). A kereskedelmi tanninkészítményeket adagolhatják az erjesztés, borkészítés alatt, valamint a borérlelés kezdeti szakaszában. A választott tannintípus, (fa- vagy szőlő) a kezelési adag, a beavatkozás konkrét időpontja (cefréhez, újborhoz stb.) ma még kutatások tárgya, de néhány alapelv már körülhatárolható.

Ismert, hogy a borminőség és a stabilitás erősen függ a borban levő antioxidáns hatású vegyületektől. Közülük talán a legfontosabbak a fenolos alkotók, köztük a tanninok, melyek befolyásolják a színt és az ízérzetet is. Feltételezik, hogy egyes poliszacharidok a borban kapcsolódhatnak a tanninokhoz a bor tárolása során. Az időben a tanninok és poliszacharidok vegyülése, valamint a mérsékelt oxidáció elősegíti a húzós fanyarság mérséklődését, a bor „éretté” válik. Az alkalmazás azonban gyors forgalmazásra szánt boroknál kényes lehet, mert az adagolt tannin nem mindig tud beépülni a bor szerkezetébe, és kiütközik abból (Saucier–Glories, 2000).

Különlegesen fontos a tanninok hatása az oxidációs jelenségek szabályozásában is. A szabad antocianinok instabil színanyagok. Az újbor színe döntően a szabad (monomer) antocianinoknak köszönhető. Ám ezek kémiailag instabilak, így az érlelés során a koncentrációjuk gyorsan csökken.

Mint ismert, a stabil szín kialakulása kondenzált tanninok és antocianinok közt létrejövő stabil polimerek képződésének eredménye, direkt módon, vagy acetaldehid hídon át. A célra a szőlő és a bor természetes oligomer vagy polimer formájú (katechin, epikatechin) tanninjai a legalkalmasabbak. Az ilyen vegyületek ellenállnak olyan színtelenítő hatásoknak, mint a hő, a fény vagy a kénessav.

A hozzáadott szőlő eredetű borászati tanninok pozitív hatásait a borkészítésnél, s később is, többen kimutatták. Az alkoholos erjedés után – mikor a bor bőven tartalmaz szabad antocianint és acetaldehidet –, a lefejtéskor adagolva a készítményeket, a kondenzáció feltételei adottak. Alacsonyabb színárnyalatúak, élénkebb vörös színűek lesznek a borok, a monomer antocianinok mennyiségének csökkenése pedig jelzi, hogy ezek a vegyületek beépültek a stabil kondenzált antocianin-tannin kombinációkba. Ezzel szemben hidrolizálható tanninkészítmények adagolásától ebben a fázisban (ellágkivonat, fatannin stb.) ilyen hatás nem várható, azok szerepe inkább az érlelés szakaszában bizonyított (lásd még: barrique érlelés).

Ahogy az már világossá válhatott, a vörösborok születése, kezelése és érlelése során, éppen a nagyszámú fenolos vegyület jelenléte miatt, az oxidációs behatások alapvetőnek tekinthetők. A hangsúly ez esetben egyrészt az oxidációs hatás időtartamán, másrészt pedig mértékén van. A hagyományos, porózus szerkezetű edények (fából készült erjesztők és érlelő hordók) idején a kérdés nem merült fel, hiszen a bort kialakulásától kezdve érte egy folyamatos, de mérsékelt oxidációs hatás. A pórusmentes tartályok térnyerése, s a borízlés módosulása adta az ötletet, lehet-e a kívánt mértékig és időtartamig modellezni, egy megfelelő berendezés segítségével a természet által korábban megbízhatóan biztosított oxidációs hatásokat. Ennek a kutatási tevékenységnek lett az eredménye, a ma már fehér és vörösborokhoz egyaránt alkalmazott *mikrooxigénezés.*

Egy erre a célra fejlesztett, számítógép által vezérelt program segítségével, a borász által előre megszabott borkészítési vagy kezelési fázisban, ml/literre megadható dózisban, „mikrobuborékok” formájában oxigéngázt adagolnak a mustba vagy a borba. (A buborékoltatást végző fej leginkább egy akvárium levegőadagolójához hasonlít.)

A kis adagokban bejutó oxigén, affinitásnak megfelelően, reakcióba lép a közegben jelenlevő vegyületekkel, elősegítve ezzel az éppen aktuális borászati cél megvalósulását. A teljesség igénye nélkül, néhány mikrooxigénezési lehetőség:

fehér vagy vörös mustokban az élesztő tevékenység segítésére, erjedő vörösborban a tannin-antocianin kombinációk kialakítására, almasavbontás beindításának elősegítésére,

a borérlelés szakaszában a fahordós érlelés kiváltására.

Az alábbi *20. táblázat* (Kállay, 2004) a mikrooxidációs kezelések lehetséges helyeiről és a kezelések általában megszokott adagjairól ad áttekintést. Természetesen mindez csak irányokat jelez, hiszen az oxigén alkalmazását mind mennyiségileg, mind a bejuttatás legmegfelelőbb periódusát nézve, aprólékosan kell értékelni, a kezelendő bor és a cél ismeretében.

**20. táblázat - A mikrooxigénezés alkalmazási lehetőségei (Kállay, 2004)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | O2-koncentráció | Mikor | Időtarta m | Előnyök |
| Must | 3–5 ml/l (4–7 mg/l20 °C-on) | 1–2 nappal az erjedés kezdete után | 1–2 nap | Élesztők szaporodása, egyenletes erjedés |
| Újbor | 1–3 ml/l (1–4 mg/l20 °C-on) | Erjedés után (acéltartály vagy barrik) | 1–24 óra | Redukált jelleg, H2S megszüntetése fejtés nélkül |
| Újbor | kb. 10 ml/l (13 mg/l20 °C-on) | Az erjedés befejezésétől a biológiaialmasavbomlás beindulásáig | 10–30nap | A bor struktúrájának felépítése, stabilizálása. Polifenolok, antocianinok polimerizációja. |
| Bor | 1–4 ml/l (1,3-5,2mg/l 20 °C-on) | Az érlelés során | 6–12hónap | A bor harmonizálása. Komplex aromakép, |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | hosszú testes bársonyos íz! |

A mikrooxigénezés a vörösborkészítés és érlelés során főként a fenolos alkotórészek fejlődésének és strukturálódásának érdekében fontos; az almasavbontás előtt, hogy létrejöjjenek az acetaldehid-hidak a tannin és antocianinmolekulák közt, az almasavbontás után pedig a fenolos vegyületek polimerizációját, az érleléshez szükséges szerkezet kialakulását segíti elő, de az aromaképhez is hozzájárul (Pilatte et al. 2005).

Mint említettük, a kialakuló törkölykalap visszamerítésének konkrét megoldása inkább technikai kérdés, hiszen alapelveit tekintve több száz éve azonos, s a jelenkor borásza számos kiérlelt konstrukció közt válogathat. A ma korszerűnek tekinthető megoldások esetén a hangsúly az extrakció hatékonyságán, a kíméletes bemerítésen (a színanyagokat adszorbeáló seprőmennyiség csökkentése érdekében) és a kézimunka-igény elkerülésén van. Ebbe a körbe ma ugyanúgy belefér a manufakturális, de korszerű és higiénikus káci, mint a saválló acélból készült, s gyakorlatilag tökéletesen automatizált sokféle tartály, ahol a színbor leengedése után a visszamaradt törköly kitárolása emberi kéz érintése nélkül, a sajtoláshoz is biztosított.

A törkölykalap megbontásához és mozgatásához elterjedtek a következő megoldások:

*Statikus rendszerek.* A héjon erjesztés során kézi csömöszöléssel (káci), illetve a képződő szén-dioxid-nyomás kihasználásával vagy szivattyú közbeiktatásával (ma egyre gyakrabban e két rendszer kombinálásával) teremtik meg a folyadék cirkulációját. A tartály alsó részéből feláramló (áramoltatott) erjedő must – ma már leginkább nyomásérzékelő automatika által vezérelve – elárasztja a törkölykalap felszínét vagy a fellépő hirtelen nyomásesés kényszeríti a szilárd részeket a tartály alsó harmadába vissza. Csak felsorolásszerűen néhány jól ismert, bevált és elterjedt tartálytípus e körből a hazai gyakorlatban: Padovan, Gimar, Defranchesci, Velo, ÉLBER nyomásimpulziós tartály stb. Különösen népszerű lett az elmúlt évtized egyik sikeres fejlesztése, a Ganimede elnevezésű vörösborerjesztő. Itt egy szellemes elrendezésű, ún. by-pass szelep segítségével – kicsit hasonlóan a hajdani automata vörösborerjesztők elvéhez –, hirtelen létrejövő nyomásesés „ejti vissza” a törkölykalapot, s gyakorlatilag átkeveri a teljes folyadékmennyiséget. A rendszer zárt jellege következtében oxidációs hatások sem érvényesülnek, az erjesztési ciklus egyéb paramétereinek szabályozásával a tapasztalatok szerint jó lehetőségek kínálkoznak könnyed, gyümölcs jellegű vörösborok készítésére *(46. ábra).*

1. **ábra - Szénsavmacerációs vörösborerjesztés Ganimede tartályban**



A *dinamikus rendszerek* esetében valamilyen mechanikus „csömöszölő-szerkezet” vagy körforgó rendszer tartja a megkívánt és beállított időszakokban mozgásban a cefrét. IIyen rendszer például, a már 30 éve konstruált Seitz-féle Roto-tartály vagy a korszerűbbnek tekinthető, ún. „taposó” csömöszölő szerkezettel szerelt tartály, melyek közül több is sikeresen működik Magyarországon. Léteznek lapátos, vagy speciálisan kiképzett keverőelemmel szerelt tartályok is (pl. Dobossy-tartály). Az áramlástani viszonyok figyelembevételével alkották meg az igen hatékonynak és kíméletesnek bizonyult Saby-Clavel elnevezésű szerkezetet Bordeaux-ban. Programozható keverőelemei – kissé a kaszához hasonló profillal – egy csavarorsón mozognak fel-le, szétnyílnak a tartály teteje alatt és lesüllyednek lassan, függőleges irányban. A törkölykalapra gyakorolt nyomás, a süllyedés tempója szabályozható (1–6 cm/sec). Útjuk végén az elemek – állítható mélységben – 1/8 fordulatot tesznek, mielőtt újra felemelkednek (Chatonnet, 2001).

Hangsúlyozni kívánjuk még egyszer, a dinamikus szerkezetek minősítésénél alapvető szempont kíméletességük, azaz a működésük során képződő üledékmennyiség arányának minimalizálása.

A piaci igényeket minden szempontból kielégítő vörösborok készítésére világszerte az alkoholos erjedést követő *biológiai almasavbontás* a jellemző, sőt a legtöbb ország gyakorlatában „kötelező”. A kétféle fermentáció egyetlen hosszú folyamatban megy végbe az erjesztőtartályban. A malolaktikus fermentáció kívánt hőfoka 20

°C körüli. Az alkoholos erjedés után a bor többnyire önmagától hűl le erre a hőmérsékletre. A malolaktikus erjedés előtt kerülik a kénezést. Az almasavbomlás spontán folyamatként vagy tejsavbaktérium starterkultúrás beoltással megy végbe. Burgundiában számos termelő viszont elzárkózik a beoltás által biztosított

„gyorsaságtól” – mert Gerbaux–Briffox, (2002) közlése szerint –, a hosszabb folyamatként lezajló almasavbontás kedvez a színnek, 10–15%-kal kisebb a színanyagveszteség. A malolaktikus fermentáció sajátos jelleget ad a vörösbor karakterének. A tejsav képződése mellett speciális aromaanyagok keletkeznek.

A kierjedt vörös újborok lefejtése és alapkénezése után már a borkezelés lépései következnek. Meg kell azonban említenünk egy újdonságot. A fehérboroknál használt finomseprőn tartás ma már a vörösborok tárolása során is megjelent. A folyamat során interakció lép fel az autolízisen áteső élesztősejtfal poliszacharidjai és a bor polifenoljai közt, ez pedig a színre és a húzósság érzetre pozitív hatású. A mérések szerint a vörösborok finomseprőn érlelése során nem történik változás az összes antocianintartalomban, de nő a lekötődött – tehát stabil – antocianintartalom. A kolloid állapotú tanninok mennyisége ugyanígy nő, a fanyarság érzetet jelző zselatin-index pedig csökken (Fuster-Escot, 2002).

#### Vörösborok készítése melegítéses eljárással

A melegítéses vörösborkészítés esetében a hő fehérjedenaturáló hatását hasznosítjuk. A hőközlés és a megszabott kioldási idő után a kékszőlő cefréjéből vörös mustot nyerünk, melyet hasonlóan a fehér musthoz, borrá erjesztünk.

A melegítéses technológia megjelenése mind a világban, mind Magyarországon a 60-as évek végére tehető. Már a technológia első képviselőit (Alfa-Laval „Rosenblad” spirálcsöves cefrehevítő, IMECA immerziós hevítő) jellemezte a könnyen automatizálható, vonalszerűen megtervezett géprendszer, amely nagy kapacitású, iparszerű feldolgozást tett lehetővé. Az említett technológiák 1–2 perces, 60–70 °C-os cefrehevítést, és ugyanezen a hőfokon, 1/2–2 órás, ún. hőntartást alkalmaztak. (A hőkezelés hatására a sejtek, illetve fehérjemembránjaik átjárhatóak lesznek, a hőntartás alatt a szín- és cserzőanyagok kioldódnak a mustba.)

A melegítéses elven működő berendezések első nemzedéke – mindenütt a világon – a 80-as évek elejére háttérbe szorult. A tömegborok iránti piaci igény radikális csökkenése mellett ennek oka volt még:

* az üzemeltetési (energia) költségek robbanásszerű megemelkedése a 70-es évek közepén, amit még súlyosabbá tett a gyakran energiapazarló, nem rentábilis géprendszer,
* az elkészült vörösbor „uniformizált” jellege, és végül a leglényegesebb ok,
* a melegítéssel készült vörösborok nehezebb tisztíthatósága.

A cefrehevítés alapjaiban jól irányítható technológia. Ugyanakkor kedvezőetlen technológiai következmény az, hogy a kapott vörös must vagy újbor nehezen tisztítható a szokásos statikus ülepítéssel. Ez utóbbi jelenség oka az, hogy a hevítés inaktiválja a szőlőből a mustba átkerülő természetes pektolitikus enzimeket. Ennek következményeként a zavarosító anyagok kicsapódását gátló védőkolloidok (nyálkaanyagok) lebomlása meghiúsul, és a védőkolloid hatás miatt a szokásos tisztító kezelések hatástalanok. Több esetben speciális enzimkészítményeket ajánlanak ilyenkor a tisztulást gátló anyagok lebontására (pl. Trenolin Thermo DF,

Trenolin T-stab.DF). A kezelés után, napjainkban főként a vákuumdobszűrőket használják a meleg mustok tisztításának céljából, ám ezek igen jelentékeny mennyiségű környezetszennyező hulladékkal működnek. A melegítéssel nyert mustok szűréssel történő tisztításának további alternatívái a szeparátor, a tangenciális szűrő és a flotáció. A vizsgálatok szerint a flotáció tűnik a leghatékonyabbnak a cefrehevítéssel nyert mustok tisztításához, megfelelő teljesítmény mellett, ám a dobszűrőhöz viszonyítva gyengébb tisztítási eredménnyel (Desseigne–Caboulet, 2002).

A melegítéses technológia modernizált változatban újra feltűnt a ’90-es években (Kieselmann, Red Hunter), s több helyen használatos. Az eljárás módosításai közt ki kell emelnünk, hogy a gyors, erőteljes cefrehevítést követően ma már vagy hosszabb, de alacsonyabb (30–40 °C) hőfokon történő hőntartás következik; vagy pedig csak a mustot hevítik fel, így a kolloidális zavarosságok „kezelhetőbbek”. Emellett a vonalak szerves egységei a hatékony tisztítást szolgáló berendezések is, mint a szeparátor, vagy a tangenciális szűrőgép.

A melegítéses technológiát penészes, rothadt kékszőlő feldolgozása esetében is jól alkalmazhatjuk. Ilyenkor a hőhatás segíti a rothadás következtében részben roncsolódott szövetekből a színanyagok teljesebb kinyerhetőségét, emellett inaktiválja a barnulási folyamatokért felelős, Bothrytis által termelt lakkáz enzimet.

#### Vörösborok készítése szénsavatmoszférában

A szénsavatmoszférás vörösborkészítés (Flanzy-eljárás) a belső szöveti enzimek által indukált speciális fermentációs jelenségeken alapszik. Az alkoholos erjedésnek itt csak a folyamat legvégén, a szénsavatmoszférában lezajló anaerob metabolizmusok után kinyert szín- és préslevek borrá erjesztésekor jut szerep.

A kézimunka-igényes, nagy gondosságot igénylő eljárás különleges gyümölcskarakterű, házasításra jól használható vörösbort eredményez. A módszert széleskörűen ismerik ugyan, de világszerte csak igen kis mértékben alkalmazzák a gyakorlati borászatban.

A módszer elméleti alapjaival – Pasteur nyomán – az 1930-as években M. Flanzy kezdett el foglalkozni. A bonyolult anaerob metabolizmuson alapuló, enzimes folyamatrendszer néhány részfolyamata (különösen a bogyón belüli szöveti fermentáció) ma még nem tökéletesen ismert. A technológiát Flanzy (1987) munkája alapján ismertetjük. A technológia az ép szőlőbogyóban lezajló jelenségeket használja ki. A szigorúan anaerob feltételek között speciális lebontó és felépítő folyamatok zajlanak le.

A szénsavatmoszférás vörösborkészítés négy jól elkülöníthető fázisra osztható. Az egyes fázisokat és azok legfontosabb ismérveit szemlélteti a *47. ábra.*

1. **ábra - A szénsavatmoszférás vörösborkészítés sémája (Flanzy et al. 1987). 1. ép szőlő betöltése, 2. első fermentációs fázis, 3. léelválasztás (színlé), préselés (préslé), 4. második fermentációs fázis (alkoholos-malolaktikus erjedés). *AM = anaerob metabolizmus; AE = alkoholos erjedés; A = áztatás; MF = malolaktikus fermentáció***



Az *1. fázis* során a CO2-gázzal feltöltött tartályba betöltik az ép szőlőfürtöket. Mivel a bogyók roncsolódása nagyobb mennyiségű törődésmusthoz és a jelenlévő élesztők miatt alkoholos erjedéshez vezetne, alapkövetelmény a kíméletes tartálytöltés, a bogyók épségének minél teljesebb megőrzése.

A *2. fázis* a legdöntőbb szakasza a borkészítésnek. A szőlőbogyók kezdetben, 24–36 órán át, a tartály légterében levő CO2-ot abszorbeálják, ezért a fogyást ebben a szakaszban további gázbevezetéssel pótolják. A későbbiekben a bogyókon belül enzimatikus folyamatok indulnak meg, amelyek eredményeként:

* almasavból etilalkohol képződik (a technológiát egyedivé tevő ún. malát-katabolizmus révén), az almasav degradációja miatt pedig a pH emelkedik,
* speciális, csak az így készült borokat jellemző illat-, zamatanyagok jönnek létre (etil-cinnamát, benzaldehid, vinil-benzén stb.),
* savképződés (borostyánkősav, vagy az egyes aroma összetevők perkurzoraként ismert shikiminsav), illetve magasabb rendű alkoholok képződése zajlik le.

Emellett kezdettől fogva jelen van és a bogyók szétesésével tovább zajlik a jelenlévő élesztők által kiváltott, de igen korlátozott alkoholos erjedés is, a bogyókból kiszabadult mustban.

Így tehát egyszerre van a tartályban jelen az anaerob metabolizmus a gázfázisban (ép bogyók a tartály felső harmadában), a folyadékfázisban (ép bogyók a tartály alján összegyűlt mustban) és egy fékezett, klasszikus, alkoholos erjedés (a 2. fázis végére az alkoholtartalom nem több mint 2–3%).

Az anaerob metabolizmus állapotában levő ép bogyó, a szén-dioxid mellett, képes a környezetében levő alkoholt is (illetve annak gőzeit) abszorbeálni. Az alkoholgőzök „átmossák” a széteső bogyóhéjat, a külső alkohol bediffundál a bogyóba (ozmotikus transzfer), s így a héjból a bogyóba old polifenolokat, addig kötött formában levő illóvegyületeket, s előnyös észterképződési reakciók mennek végbe. Az első fermentációs fázis szokásos hőmérséklete 28–30 °C, időtartama 8–10 nap *(48. ábra).*

1. **ábra - A szénsavatmoszférás vörösborkészítés első fázisának jelenségei (az UVB- Bourgogne kiadványának ábrája alapján, 1996)**



A 2. fázis lezajlását követően, leengedik a színlevet, és az elfolyósodott, kék színét elvesztő bogyó tömeget kipréselik. A különválasztásra szükség van azért is, mivel a technológiát jellemző illat- és aromaanyagok többségükben a bogyókba zárt préslében találhatók, azaz a préslé az értékesebb, bortechnológiai szempontból nemesebb alapanyag.

A *3.* (préselési) *fázisból* a már erjedésben levő mustot a biztonságos erjedéshez fajélesztővel beoltják és az erjesztést 18–20 °C-on vezetve, azt kierjesztik, majd technológiai eszközökkel elősegítik a kívánatos malolaktikus fermentáció lezajlását.

A *4. fázis* az alkoholos és a malolaktikus fermentáció.

Az eljárással nyert vörösborok elsősorban gyümölcsös jellegük miatt érdemelnek figyelmet. Az érlelés során ez a karakter csökken, majd egy idő után belesimul a vörösbor megszokott jellegébe. Ebből adódóan az így készült bor elsődlegesen gyors forgalmazásra szánt, könnyű vörösborok házasítási alapjaként jön szóba. Magyar viszonyok közt Pásti et al. (1995–1996) vizsgálták a módszer hazai alkalmazhatóságát. Megállapításaik szerint egyes, minőségi vörösborok készítésére ritkábban alkalmas fajták szénsavatmoszférás feldolgozása elősegítheti az adott szőlőfajta jobb hasznosíthatóságát.

Sok tekintetben rokon technológia a „szigorú” szénsavatmoszférás kezelésnél sokkal elterjedtebb primőr vörösborkészítés. A borpiacon ennek legismertebb képviselője a Beaujolais nouveau. Az elmúlt években több magyar termelő is megkísérelt hasonló jellegű bort fogalmazni.

A primőr technológia lényeges különbsége a Flanzy eljáráshoz képest, hogy a tartályba helyezett ép fürtökben ugyanúgy elősegíti az első néhány napban az anaerob jelenségek lezajlását, ám a későbbiekben tág teret enged a klasszikus héjon erjedésnek azzal, hogy az ép fürtök mellett szokásosan feltárt fürtök is vannak a tartályban (60– 70%). A már említett ozmotikus transzfer jelenségét Fondville–Bagnol (1996) oly módon javasolja elősegíteni, hogy a macerációs tartály magasságának 30%-áig erjedő mustot, vagy egy erjedésben levő másik tartály alkoholban dús gőzeit bevezetve a primőr alapanyag tartályába, elősegítjük az anaerob aromák képződését és