

SZAKDOLGOZAT

Csízik Tamás - Szakdolgozat

Csízik Tamás

2023

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Biomérnök és Erjedéssipari Technológia Tanszék

**Hordós érlelés hatásának tanulmányozása különböző
szeszes italok – elsősorban whisky – esetén**

Csízik Tamás

Budapest

2023

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki
Sör- és szeszipari technológiák és minőségügy

Szakedolgozat készítés helye: Biomérnök és Erjedésipari Technológia Tanszék

Hallgató: Csizik Tamás

A szakedolgozat címe: Hordós érlelés hatásának tanulmányozása különböző szeszes italok – elsősorban whisky – esetén

Konzulens: Dr. Kun Szilárd, egyetemi docens

Beadás dátuma: 2023.05.02.


szakedolgozat készítés helyének vezetője
(Dr. Nguyen Duc Quang)


konzulens
(Dr. Kun Szilárd)


Dr. Kun Szilárd
Sör- és szeszipari technológiák és minőségügy

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS	5
2.	CÉLKITŰZÉS	6
3.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
3.1	A hordó történetéről.....	7
3.1.1	A tölgyfa és biológiai / kémiai jellemzői	9
3.1.2	A tölgyfahordó szerepe a whisky gyártásban.....	14
3.2	A tölgyfahordó készítésének folyamata	17
3.3	A tölgyfa alkotórészeinek jellemzői	23
3.3.1	Cellulóz	25
3.3.2	Hemicellulóz	26
3.3.3	Lignin	26
3.3.4	Fenolvegyületek: tanninok	28
3.3.5	Tölgyfa-(whisky)laktonok.....	30
3.3.6	Egyéb vegyületek	32
3.4	A whisky érzékszervi jellemzőinek megjelenése és minősítése.....	32
3.5	Érdekességek a hordós érlelésben: segédanyagok, új eljárások	36
4.	ÖSSZEFOGLALÁS	39
5.	IRODALMI HIVATKOZÁSOK	40

1. BEVEZETÉS

„You make brown spirits for your sons and daughters and drink the ones your father made”

/Ismeretlen szerző/

Az emberiség mindennapjainak az ókor óta részesei a különböző italok. Legyen szó akár a törzsi rítusokhoz használt tudatmódosításról, az egyes kultúrák életéhez, ünnepeihez vagy akár mindennapjaihoz tartozó borról, a korai európai népek és az apátságok söreiről, vagy a brit szigetek szerzeteseinek, az északi emberek életvizéről. A modern korban is részei az életünknek, a modern kor mérnökeinek pedig kiváló terep a vizsgálatokra, hogy a világ minél több szeletét megérthessük, feltérképezhessük.

A tölgyfahordó, mint szállító- és tárolóeszköz használata is mégoly régen kezdődött, mint az italok története: szinte kéz a kézben jártak. Korunk technikai fejlettsége soha nem látott vívmányokat hozott a szállítmányozás, a tárolás, a csomagolás terén is, beleértve az iparban használatos eszközöket is. A hordó mégis, mint a hagyományok megtestesítője, archaikus, de mégsem régimódi, hozzáértést igénylő, de mégis a maga egyszerűségében csodálatos, továbbra is fontos szerepet játszik az italok készítésében.

A whiskyt az egyik, ha nem a legkomplexebb párlatnak tartják. Évszázados történelme, hagyományai, a körülötte létező folklór, a sokszínűsége méltán teszi alkalmassá napjaink minőségre épülő fogyasztásának is fontos elemévé. Fontos élelmiszeripari termék is, dollármilliárdokban mérhető forgalmat bonyolít és a világ közel összes országában elérhető. Most mégsem a kulturális, vagy gazdasági aspektusaiból vizsgáljuk az italt, hanem a tölgyfahordós érleléssel összefüggésben. Hiszen az érlelés alapeleme az itálnak, e nélkül a fontos lépés nélkül nem is hívhatnánk whiskynek.

2. CÉLKITŰZÉS

Egyes szeszesitalokat csak akkor nevezhetünk egyedi, helyes nevükön, ha átesnek egy meghatározott ideig tartó fahordós érlelésen. A fahordós érlelés alatt az esetek többségében tölgyfából készült hordóban történő tárolást értünk. A hordó történetének, kialakításának és használatának, a whisky és egyéb szeszesitalok hordóban történő érlelésének gazdag kutatása és szakirodalma van, noha a lejátszódó folyamatokat még nem tárta fel részletesen a tudomány. A modern kor gazdasági kihívásai és a fogyasztás növekedése azonban megkövetelik, hogy ezeket a folyamatokat minél jobban megismerjék és hatékonyabbá tegyék a piaci szereplők. Ezen dolgozatnak azonban nem célja a gazdasági szempontok vizsgálata, azokra csak érintőlegesen tesztek utalást. A hordós érlelés nemcsak a whiskyt, mint italtípust érinti, hanem más italok esetében is jellemző. A dolgozat elsősorban a whiskyre, azon belül is nagy mértékben a skót whiskyre és kisebb mértékben az amerikai whiskeyre hivatkozva igyekszik bemutatni az érlelést és tulajdonságait, de a kutatások más szeszesitalokhoz is kapcsolódnak.

A dolgozat célja a hordós érlelés folyamatának jellemzése, bemutatása. Ennek keretében ismertetésre kerül a tölgyfa biológiai jellemzői, a hordókészítésben betöltött szerepe. A fa kémiai összetételét is vizsgálni kell. A fahordó, mint szállító és tárolóeszköz eredetének, kialakulásának feltárása történeti szempontból. A hordókészítés művelete, műveleti lépéseinek hatása a későbbi érlelés során lejátszódó folyamatokra.

A dolgozat során kitérek az érlelés kihívásaira, illetve a technológia fejlődése által lehetővé vált újításokra, például új eljárások, módszerek alkalmazására.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1 A hordó történetéről

A hordó alapvetően szállításra és tárolásra alkalmas, fából készült, dongákból, az azokat merevítő, összetartó abroncsokból, tetőből és aljból felépülő edény.

A fából készült hordók eredete nagyban kapcsolódik a kosárfonáshoz, amely az egyik legkorábbi csomagolási és tárolási mód. A szivárgásmentes tárolóeszköz előállítására alkalmas technológia inspirálhatta a hordókészítést is, bár a pontos eredet a történelem homályába vész. Csak nagyon kevés régészeti lelet áll rendelkezésre ennek alátámasztására, hiszen a fa lebomlik. A fahordó az írott történeti emlékekben is ritkán szerepel, hiszen az évezredek során mindennapi használati eszköz volt és ezen természete nem indokolta gyakori említését. (Twede, 2005)

Az ókori görögök és rómaiak készítői és fogyasztói is voltak a bornak. Az időszámítás előtti években már az akkori borkereskedelem központjai voltak ezek a birodalmak. A bor szállítására agyag amforákat használtak, amelyek törékenyek, nehezek voltak és nehézkes volt a kezelésük is. A rendelkezésre álló leletekből kiolvasható, hogy a fahordó használata miként vette át az agyag amforák szerepét a szállításban és tárolásban, ami forradalmi változást hozott (Martínez-Gil és munkatársai, 2018).



1. ábra: Olíva olaj és bor szállítására használt agyag amforák (Work, 2014)

A hordó feltehetőleg a nyitott tetejű, fából készült edényekből alakult ki, fejlődött tovább, amelyek egyenes falúak voltak. Az ilyen fajta tárolóedények legkorábbi ábrázolása egyiptomi sírokból származik: Hesziré sírjában kukorica mérésére szolgáló fa edényt találtak. (Twede, 2005)

Az italok és a hordó közös története régi időkre nyúlik vissza. Az egyik legismertebb korai említés, amelyre több kutatás is hivatkozik, Gaius Plinius Secundus római történetíró és hadvezérhez köthető, aki a hordók eredetét a keltákhoz társítja és leírja, hogy sört és más dolgokat tároltak benne. A rómaiak a már említett agyag amforákat használták a bor tárolására, de Galliába érkezésük után elsajátították a fahordók készítését. A hordók nagyobb kapacitásának és ellenállóságának köszönhetően egyre inkább kiszorította az amforák használatát a mediterrán világban. (Zamora, 2018) Ugyancsak Gaius Plinius Secundus tesz említést arról, hogy az Alpokban élő népek boraikat fából készült edényekben tárolják, amelyeket abroncs vesz körbe. Az Alpok vidékein a fa sokkal nagyobb mennyiségben állt rendelkezésre. Római kori leletek igazolják, hogy Germániában sört tároltak hordókban. Normadiából és Germániából a bort még amforákban szállították az albioni szerzetesekhez, de ez a gyakorlat hirtelen ért véget és vette át a szállítóeszköz helyét a fából készült hordó. (Twede, 2005) Egyes leletek szintén azt sugallják, hogy Kr.e. 1000 és 500 között a kelták már készítettek fából készült tárolóedényeket (Work, 2014).

A hordókészítés nagy valószínűséggel a hajóépítés tudományából fejlődhetett ki, vagy vehetett át módszereket: a felhasznált anyagok és a folyamat hasonló. Fából kialakított keskeny deszkák hajlítása, majd összeállítása. A hordót összetartó abroncsok a korai időkben fűzfavesszőből készülhettek, amit leváltott a vas használata, így lehetővé téve a szivárgásmentes hordók készítését.

A hordók általában a készítés helyén legnagyobb mennyiségben elérhető fából készültek. A készítésüket nagyban meghatározta egyrészt a szállítmányozás fejlődése is, másrészt a felhasználás célja is. Ennek köszönhetően többféle fafajtából készítettek hordókat (Zamora, 2018). Egyes írásos emlékekben pálmafára hivatkoznak (Twede, 2005) de a mogyorót, az akácot, a cseresznyefát, a kőrist is hordóalapanyagnak említik, noha igen kis mértékben használták. A fahordók legnagyobb részben **tölgyfából** készültek és készülnek a mai napig.

A hordókban vizet, szeszesitalokat és más folyadékokat tároltak (ecet, olaj) de szilárd árukat is tartottak benne, ilyenek voltak a fém tárgyak, a szögek és a lőpor. További élelmiszerek hosszabb tárolására is alkalmas volt – hal, savanyított áru.

Összességében az elmúlt 2000 évben a hordó bizonyult a leghatékonyabb és legkényelmesebb tárolóeszköznek, amelyet könnyű volt kezelni, mozgatni, sokféle áru

tárolására alkalmas, ellenállóbb, mint a kosarak, ládák, vásznak. A 20. században elterjedt modern tárolási és szállítmányozási megoldások miatt a hordó elvesztette korábbi jelentőségét (Hornsey, 2016), de egyes szeszesitalok tárolása és érlelése a mai napig fahordókban történik, különös tekintettel a whiskyre.

3.1.1 A tölgyfa és biológiai / kémiai jellemzői



2. ábra: Amerikai fehér tölgy (Internet 1.)

Biológiai jellemzők: Twede (2005) megállapítása szerint a tölgy a leggyakrabban használatos fa a megfelelő hordók készítéséhez, mivel jól ellenáll a szivárgásnak, elég masszív, hogy ellenálljon a különböző igénybevételnek és jól alakítható belőle a dongaforma, majd abból a hordóforma.

A tölgyfa fajok a bükkfafélék (*Fagaceae*) családjába, azon belül a *Quercus* nemzetségbe tartoznak. Egyes források szerint több, mint 250 (Martínez-Gil és munkatársai, 2018), más források 500-nál is több (Zamora, 2018) tölgyfafajról szólnak. Magyar forrásban 450 fajra hivatkoznak (Taschner, 2014). Ugyanitt kerül említésre, hogy a nemzetközi fahasznosítási

gyakorlatban a tölgyeknek két csoportját különböztetik meg: fehér és vörös tölgyek. A magyar terminológiára a későbbiekben visszatérek.

A tölgyfafajok közül többet is használnak hordó készítésére és alkoholos italok érleléséhez. A leggyakoribb fajták azonban, amikre ebben a dolgozatban felhasznált források is hivatkoznak a *Quercus alba*, *Quercus robur* és *Quercus petraea* fajok. Ezeknek a magyar megnevezése sorrendben: fehér tölgy, kocsányos tölgy és kocsánytalan tölgy. Ezen a három fajtán kívül más tölgyfafajokat is használnak hordókészítéshez, azonban sokkal kisebb mértékben. Többek között a *Quercus pyrenaica*, *Quercus mongolica*, *Quercus macrocarpa* fajok is (Zamora, 2018), a whiskyiparban viszont a *Quercus crispula*, ismertebb nevén mizunara tölgy is használatos. Ezeknek a fajoknak a nagy része az északi félteke erdőségeiben fordul elő. Ugyancsak Zamora (2018) írja le, hogy az elmúlt években Magyarország, Románia, Oroszország, Ukrajna is egyre inkább bekerült a tölgyfa források közé így még több fajta felhasználása figyelhető meg. Más kutatások annak kapcsán említik az előbb leírt alternatív tölgyforrásokat, hogy a megnövekedett igény fenntartható legyen (Zhang és munkatársai, 2015). Megemlíti többek között, hogy a spanyol tölgy hasonló tulajdonságokat mutat, mint a francia.

Az észak-amerikai kontinens legelterjedtebb faja a fehér tölgy, azonban ez alatt a név alatt valójában több fajt is értünk. Európában a legmagasabb minőségű tölgyfa a francia erdőségekben található. Franciaország területének 27%-át borítja erdő és ezek mintegy 9%-a tölgyerdő (Martínez-Gil és munkatársai, 2018).

Az 1. táblázatban különböző tölgyfafajok származási helye és alkoholos italok érlelésében játszott szerepük látható.

1. táblázat: Alkoholos italok érleléséhez felhasznált tölgyfa fajok és származási helyük (Mosedale, 1995)

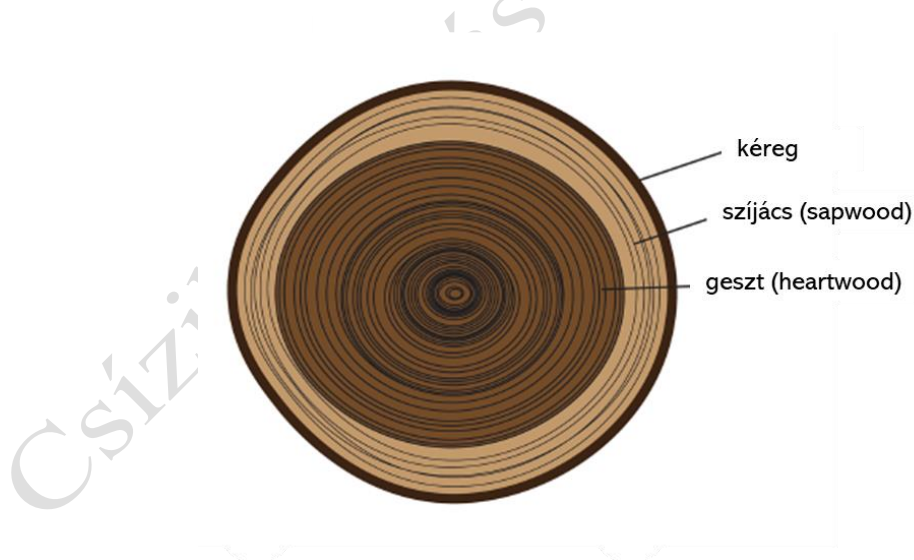
<i>Tölgyfa származási helye</i>	<i>Fajta</i>	<i>Használat célja</i>	<i>Megjegyzés</i>
Észak-Amerika	<i>Q. alba</i> és egyéb fehér tölgy fajták	Bourbon, majd skót whisky, bor, sherry	Alacsony tannintartalom, de nagy számú illékony komponens
Nyugat-Európa (főként Franciaország)	<i>Q. robur</i> , <i>Q. petraea</i>	Bor és brandy	Pontos kitermelési helytől függ az összetétel
Kelet-Európa	<i>Q. robur</i> , <i>Q. petraea</i> , <i>Q. cerris</i>	Bor, brandy, sör	Potenciális új tölgyforrás
Japán és Ázsia	<i>Q. dentata</i> , <i>Q. crispula</i> , <i>Q. mongolica</i>	Whisky, brandy	<i>Q. Crispula</i> más néven Mizunara tölgy; édes aromajegyekkel bír
Közel-Kelet	<i>Q. mirbeckii</i>		Tölgyfa alapanyag exportálása
Dél-Amerika	<i>Q. copeyensis</i>	Sherry, whisky	Costa Rica-i tölgy spanyol exportja

A tölgyfa törzsének metszetén jól látható a szerkezete. Egyszerűsített ábrán bemutatva három részt érdemes elkülöníteni és megjegyezni, hogy a hordókészítésnél a geszt kerül felhasználásra (3. ábra).

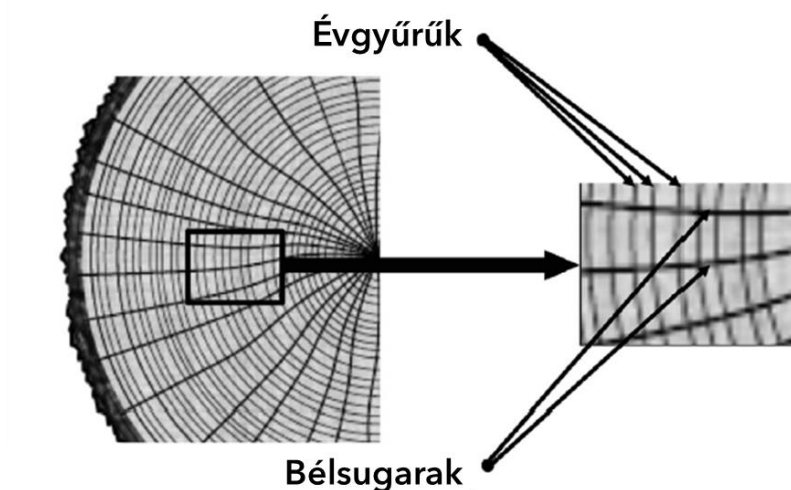
A fa egyik legfontosabb tulajdonsága a szemcsesűrűség, ami a fa évgyűrűinek távolságát jelenti és a fa fajtája, földrajzi eredete befolyásolja. A hordókészítés szempontjából ezeknek az évgyűrűknek a távolsága fontos szempont. Előnyös az egyenletes, viszonylag keskeny (1-2 mm) évgyűrű szélesség (Taschner, 2014).

Az fa gesztjében az évgyűrűk két részből állnak: korai pászta és késői pászta. A korai pászta edénynyalábokban gazdag, mert a fa növekedésekor ezek szállították a tápanyagot és a vizet a gyökerek felől a levelek felé. A késői pászta tömörebb, kevésbé üreges (Zamora, 2018).

Az évgyűrűkre merőlegesen találhatók az ún. bélsugarak (4. ábra), amelyeknek a hordókészítés szempontjából szintén jelentőségük van. Taschner (2014) megállapítása szerint a tölgyekben a bélsugarak részaránya 20–30% között változik. Ezzel összefüggésben megemlíthető, hogy a fehér tölgy széles bélsugarai 100–300 μm szélességűek, a kocsányos és kocsánytalan tölgyeké ezzel szemben 500–1000 μm méretűek. Tehát a lényegesen keskenyebb fehér tölgy bélsugarak kisebb veszélyforrást jelentenek a folyadékáteresztés, a hóllyagosodás (rétegelválás) és a repedés szempontjából egyaránt.



3. ábra: A fatest részei (Gollihue és munkatársai, 2021)



4. ábra: A bélsugarak elhelyezkedése a fatestben (Zamora, 2018)

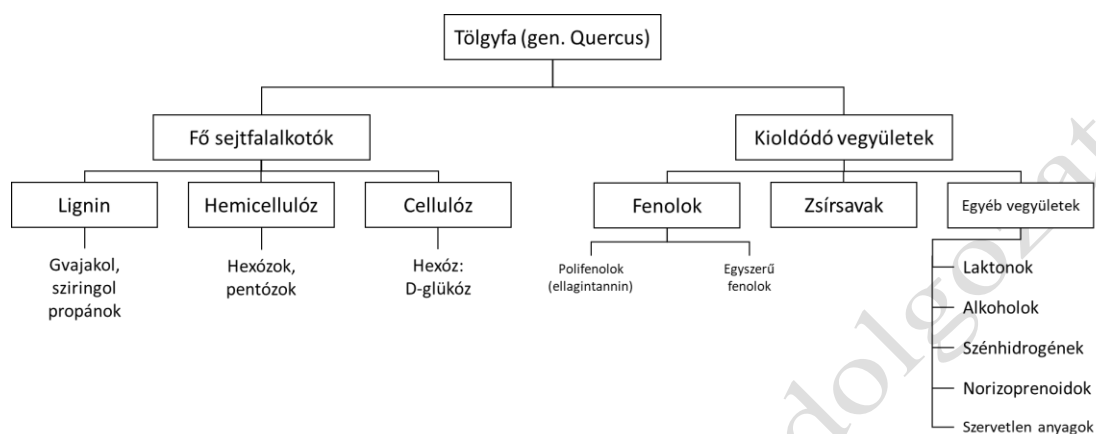
Zamora (2018) a vörösbor hordós érlelése kapcsán leírja, hogy a tömöttebb szálsűrűségű fák kedvezőbbek a hordógyártás szempontjából. Nemcsak amiatt, hogy oxigénáteresztő képességük nagyobb, hanem azért is, mert a kevésbé sűrű szemcsézettségű fából több szárazanyag és ellagitannin is ki tud oldódni. Mosedale (1995) a whisky tekintetében ugyancsak megerősíti, hogy a sűrű szemcsézettségű fa szivárgásbiztosabb hordót, kevesebb kioldható tannint tartalmaz. Ezért ezeket a hordókat előszeretettel alkalmazzák bor érlelésére is. Ugyanakkor Jordão és munkatársai (2005) megállapítása szerint – melyet más kutatásokból vesz át – a hordóban érlelt ital minőségét befolyásoló jellemzők inkább a fajtól függenek, mintsem a fa szemcsézettségétől.

A tölgyfa szerkezete más fakkal ellentétben nagy ellenállóságot, rugalmasságot, könnyű kezelést és alacsony áteresztőképességet kínál (Martínez-Gil és munkatársai, 2018).

Kémiai szempontból a fa szövete – amelybe a sejtek és a sejtközi anyagok is beletartoznak – összetett anyag. Ez szerves polimerek sokaságából áll. A fa sejtfalainak alapvető alkotórésze a cellulóz, amely egy glükózegységekből álló lineáris szénhidrát polimer. Ez a polimer a faszövet száraz tömegének 40-45%-át alkotja. A cellulóz mellett más, alacsonyabb számú monomerből álló szénhidrátok is szövetalkotóként vannak jelen. Ezek nagyrészt öt szénatomos (xilóz és arabinóz), valamint hat szénatomos (glükóz, mannóz, galaktóz) cukrokból álló polimerek, amelyek a hemicellulózokat alkotják (Parham és munkatársai, 1984). Ugyancsak Parham és Gray (1984) által a fa szövetének harmadik fő alkotórészeként a magas molekulatömegű fenolszármazék, a lignin kerül említésre. A lignin a sejtközi tér fő összetartó anyagaként jelenik meg. A sejtfalalkotó polimerek, a cellulóz és hemicellulóz jól reagál a vízzel folyékony és gőz halmazállapotában egyaránt, míg a lignin

vízutasító hatása ezt megakadályozza. A különböző tölgyfafajokban található kioldható anyagok a földrajzi eredettől és az erdészeti gyakorlattól is függenek (Hornsey, 2016)

A tölgyfa gesztjét alkotó polimerek és kioldódó vegyületeket Hornsey (2016) felosztásában az 5. ábrán láthatjuk.



5. ábra: A tölgyfa geszt alkotórészei (Hornsey, 2016)

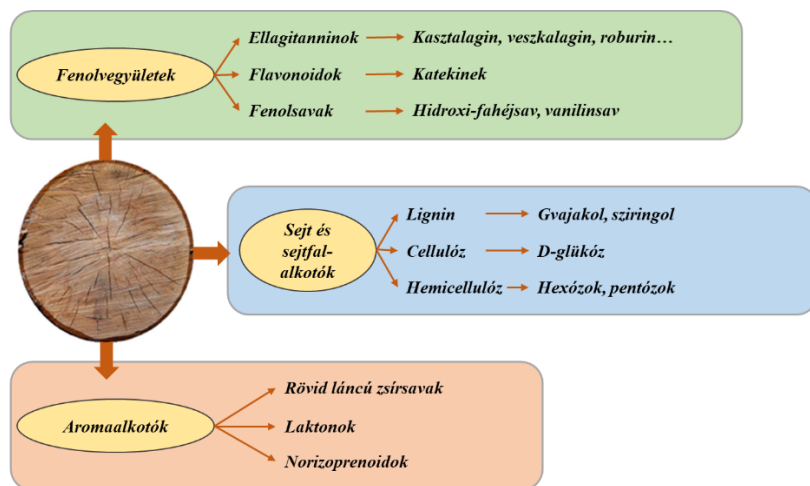
Különböző szerzőktől származó kutatások más és más adatokat mutattak ki a tölgyfa fajok makromolekula alkotórészeinek arányát illetően. A 2. táblázatba a három gyakori hordóalanyra vonatkozó értékek kerültek (Le Floch és munkatársai, 2015)

2. táblázat: Tölgyfa kémiai összetétele a száraz tömeg %-ban
(Le Floch és munkatársai, 2015)

Tölgyfa kémiai összetétele (száraz tömeg %-ban) (kivonat)

Faj	% Cellulóz	% Hemicellulóz	% Lignin	% Kioldható anyagok
Amerikai tölgy (Q. alba)	42	28	25	5,3
Francia tölgy (Q. robur)	22-50	17-30	17-30	2-10
Európai tölgy (Q. petraea)	38	29	25	4,4

Carpena és munkatársai (2020) megközelítésében a következő módon csoportosítja a tölgyfahordóból az érlelés során a borba kioldódó alkotórészeket. Megállapítása szerint ez a felosztás általánosnak tekinthető minden tölgyfa faj esetében. (6. ábra)



6. ábra: A tölgyfából felszabaduló főbb vegyületek a bor hordós érlelése során
(Carpena és munkatársai, 2020)

3.1.2 A tölgyfahordó szerepe a whisky gyártásban

Gazdasági előrejelzések szerint az Amerikai Egyesült Államok kádáripára 2027-re 5,2 milliárd USD forgalmú iparág lehet. A hordókészítést nagyban befolyásolja a növekvő igény a hordókra, amelynek egyik legnagyobb felvevőpiaca a bourbon whiskey, amelynek új tölgyfahordóban kell érlelődnie. 2009-ben mintegy 790 000 hordót töltöttek meg Kentucky Államban, mely szám 2019-re 1 700 000-re növekedett (Gollihue és munkatársai, 2021). Az észak-amerikai kontinens jelentős tölgyerdői több államban szóródnak szét, ezek közül az egyik legjelentősebb Missouri. A Missouri erdőségek mérete 2018-ban 6,2 millió ha, melynek 80%-a tartozott a tölgy/hikoridió csoportba (amelyet az erdőgazdálkodási leltár során egyben kezelnek) (Goff és munkatársai, 2021). Szükséges megemlíteni, hogy bár az amerikai bourbon whiskey törvényi szabályozása meghatározza, hogy kizárólag újonnan készített, belső felén kiégetett tölgyfahordóba kerülhet az új párlat (Piggott & Conner, 2003), ez azonban nem jelenti azt - és jogszabály sem írja elő - hogy a *Quercus alba* faj egyedeinek feldolgozásából származhat az alapanyag. Mivel azonban az észak-amerikai kontinensen ez a faj a legnagyobb mértékben jelen lévő tölgyfafaj, ezért a bourbon whiskey érleléséhez használt hordók esetében főként a *Quercus alba* fajt értjük.

A skót whisky érlelésében is nagy szerepet játszik az amerikai fehér tölgyből készült hordó, amely importárúként kerül az Egyesült Királyság területére. Ezen kívül az európai és más fajokból készült hordók is használatosak az iparágban, de ezek jóval kisebb mennyiségben.

A skót whisky 19. század előtti időkben nem kapott hordós érlelést, hanem közvetlenül lepárlás után fogyasztották, érlelés nélkül, az érlelésből eredő kedvező tulajdonságok élvezete nélkül. A 19. század elején már felfedezték, hogy a hordóban tárolt whisky kedvezően változik. Egy 1915-ös szabályozás mondta ki, hogy a whiskynek 3 évet kell tölgyfahordóban töltenie (Hills, 2002). A tölgyfahordók úgy kerültek Skóciába, hogy azokban francia vörösbort, sherryt és más borokat szállítottak oda. A kiürült hordók pedig alkalmasak voltak a whisky tárolására, érlelésére, hiszen megfigyelték, hogy már rövid idejű tárolás is szignifikáns változásokat eredményez a párlatban. A skót whisky érleléséhez használt hordók aránya folyamatosan változott, de ma már 90%-ban az Egyesült Államokból érkező használt bourbon whiskey hordó és 10%-ban korábban más szeszesitalt tartalmazó hordó (Tholstrup és munkatársai, 2005).

Az amerikai bourbon whiskey érlelési szabálya azt eredményezi, hogy a hordókat egyszer használják fel, így a piacra szabaduló nagy mennyiségű, egyszer használt hordó utat talál magának más földrajzi helyen készülő szeszesitalok érleléséhez.

Bár pontos számadatot lehetetlen mondani, egy nagyságrendi képet azért adhatunk arról, hogy a whiskyipar mennyi tölgyfahordót használ. Mosedale (1995) tanulmányában mintegy 13 millió használatban lévő hordóról tesz említést. Ez a szám az adott évtized iparági helyzetét figyelembe véve reálisnak mondható. A 2000-es évek elejétől megfigyelhető növekedés a skót whisky termelésében és forgalmazásában, ami az adott pillanatban használatban lévő hordók számán is megmutatkozik. Mitchell (2015) munkájában 2014-es adatokról tesz említést. A skót whiskyipart átfogó riportok tanulsága szerint akkoriban mintegy 3,7 milliárd liter 100%-os tisztaságú alkoholnak megfelelő whisky (párlat) érlelődött szerte Skóciában. Figyelembe véve, hogy az ottani iparági standard töltési alkoholkoncentráció mértéke 63,5 V/V% az új párlat esetében, ez a szám 5,8 milliárd literre rúg. Arról nem állnak rendelkezésre források, hogy ez a becsült mennyiség pontosan milyen hordóeloszlásban érlelődik. Ugyancsak Mitchell (2015) számítása szerint, ha ez a mennyiség kizárólag „American Standard Barrel” méretű hordó lenne, akkor 29 millió, amennyiben európai tölgy sherryhordó (butt, 500 l) akkor 11,6 millió. A pontos szám ismeretének hiányában a két érték átlaga 20,3 millió, amely szám más irodalmakban leírtakhoz közelebb álló érték. A *Scotch Whisky Association* 2022-es adatai 22 millió hordóról szólnak, így a 2014-es adatok is feltételezhetően helytállóak.

A whisky (és minden, hagyományos és nagyüzemi lepárlási eljárással készült szeszesital, amelynek az érlelése tölgyfahordóban történik) érleléséhez a megfelelő hordónak a következő kritériumnak kell megfelelnie (Mosedale, 1995):

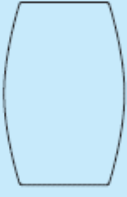
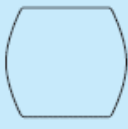
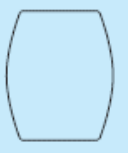
- gazdaságossági szempontok - a kereslet és az ár egymáshoz való viszonya gazdaságos kell, hogy legyen;
- kádárszakmai szempontok - a faanyag alkalmas kell, hogy legyen jól záró, szivárgásmentes hordó készítésére;
- íz- és aromaképzési szempontok - a fa kell, hogy rendelkezzen azokkal a tulajdonságokkal, amelyek a kívánt aromájú, érlelt whisky karakterét jellemzik.

Ez utóbbi szempontot meglátásom szerint azzal érdemes kiegészíteni, hogy a whisky érlelésére használt hordók válogatása ma már körültekintően elvégzett szakmai feladat, amelyre például a mintegy 6 milliárd font sterling export értékű skót whiskyipar különös figyelmet fordít.

A hordók érlelésre történő újbóli felhasználásának végét a lepárlást végző szakember állapítja meg. Az elmúlt évtizedekben - feltehetően gazdasági megfontolásból is - nem ritka a többször használt hordók belső felszínének eltávolítása és újbóli kiégetése, melynek köszönhetően a hordó újra alkalmassá válik párlat érlelésére. A többször használt hordók azonban veszítenek minőségükből és kevésbé lesznek alkalmasak whisky érlelésére. Ebben az esetben végleg selejtezésre kerülnek (Conner és munkatársai, 1993).

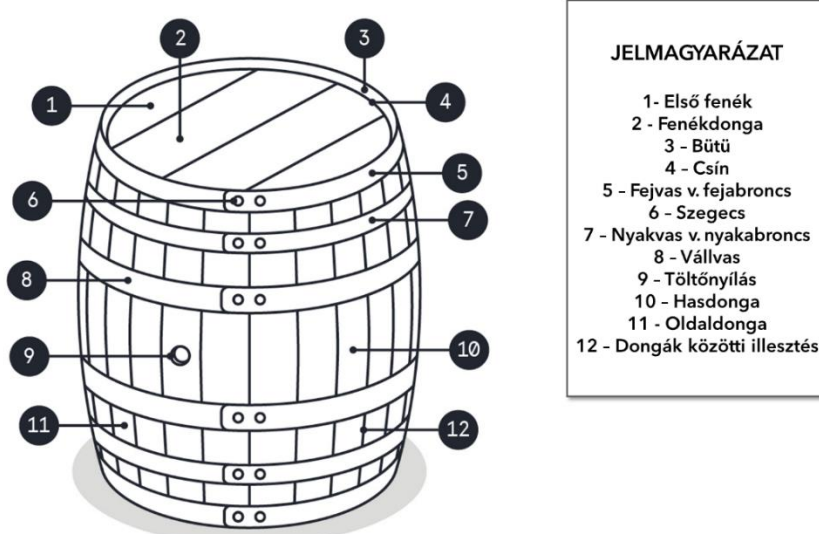
Skót whisky érleléséhez törvényi szabályozása szerint maximum 700 l űrtartalmú hordó használható fel (The Scotch Whisky Regulations 2009, 2009) de a gyakorlatban többféle méretet használnak. Az ún. American Standard Barrel méretű hordó rendelkezik a legjobb aránnyal a belső felület és a folyadékmennyiség érintkezése tekintetében, ami kedvező az érlelés során végbemenő folyamatok szempontjából. A sherryt tartalmazó hordók 500-600 liter űrtartalmúak (butt, puncheon). A 3. táblázatban a skót whisky érleléséhez használt különböző méretű hordók egyes tulajdonságai láthatóak.

3. táblázat: A skót whisky érleléséhez használt különböző hordók méretei
(Mitchell, 2015)

				
Típus	BUTT	HOGSHEAD	American Standard Barrel (A.S.B.)	PUNCHEON
Kapacitás (l)	500	254	191	558
Magasság (m)	1,27	0,86	0,88	1,13
Max. Átmérő (m)	0,9	0,72	0,63	0,96
Belső felület (m ²)	3,55	2,25	1,9	3,78
Felület/Úrtartalom arány (cm ² /l)	71	88,5	100	67,5

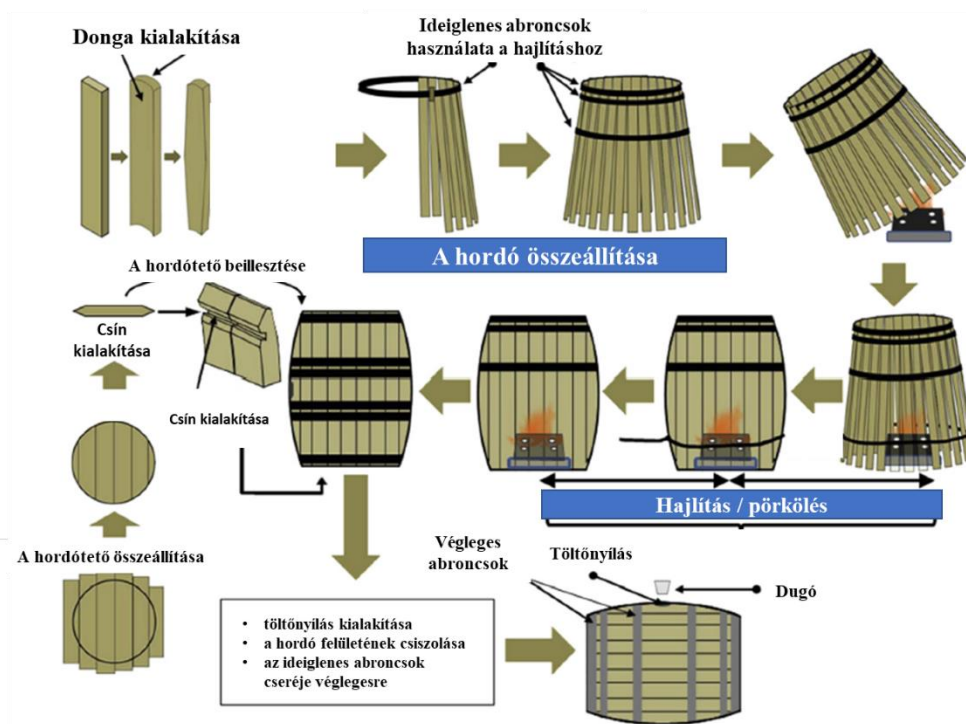
3.2 A tölgyfahordó készítésének folyamata

A hordókészítés folyamatának áttekintése előtt vegyük szemügyre a hordó részeit a következő ábrán. A külföldi szakirodalmak és tudományos munkákban angol nyelven szerepelnek ezek az adatok. A hazai források sokfélék, emiatt az idegen nyelvű anyagokból átvett ábrák magyar fordítására törekszem, ahol lehetséges.



7. ábra: A hordó részei (Internet 2.)

A hordó összeállítása többlépcsős folyamat, melyeket részenként mutatok be a továbbiakban.



8. ábra: A hordó összeállításának sematikus ábrája a kiégetés lépése nélkül (Zamora, 2018)

A fa megmunkálása A dongák előállításához kiválasztott rönköket ágtalanítják és kisebb darabokra hasítják vagy fűrészelik. Gollihue és munkatársai (2021) megfogalmazása szerint az amerikai tölgyet fűrészeléssel, a francia tölgyet hasítással darabolják (mindkettő hosszanti irányú). Az amerikai tölgy ilyen módon történő feldolgozását gazdaságossági megfontolásokkal indokolja.

A rönkök fűrészelése, feldarabolása, az ún. negyedelés során alakítják ki a későbbi dongákat. A dolgozatban a 4. ábrán szemléltetett bélsugarak jelentősége ilyenkor az, hogy a donga kialakításánál a donga szélességében fussanak keresztül, ezzel is csökkentve a lehetőségét a szivárgásnak. A bélsugarak ugyanis belül üregesek.

Dongák szárítása A dongák (ilyenkor még megmunkálatlanok) vágása után következik a szárítás. A szabad levegőn történő szárításnak több előnye is van a dongák állapotát érő hatások szempontjából. A száradó fa folyamatosan ki van téve az időjárás viszontagságainak, a hőmérséklet, a csapadék és a légmozgás változásainak. A faanyagot érő eső több, a hordóban érlelt folyadékra előnytelen anyagot tud kioldani. Egyes kutatások azt mutatják, hogy a természetes szárítási folyamat csökkenteni tudja a kedvezőtlen

fenolvegyületeket és növelni tudja az olyan oldható vegyületek koncentrációját, amik kedvezőek lehetnek (Zamora, 2018). A dongák ilyen fajta kezelése mesterséges úton gyorsítható, azonban az úgy keletkező és kioldódó vegyületek más tulajdonságokkal rendelkeznek, mint amelyek a természetes szárítási folyamat során. A kádárműhelyek ezért következetesen a dongák természetes szárítását részesítik előnyben. A szárítás időtartama 18-36 hónap között változhat (Martínez és munkatársai, 2008), de egyedi igények esetén ez tovább is tarthat.

A tölgyfa dongák természetes úton történő szárítása, avagy kezelése több, mint egyszerű dehidratációs folyamat. A vízzel oldható polifenolos vegyületek mennyiségének csökkenése a fában hozzájárul a fanyar és keserű érzékszervi tulajdonságok csökkenéséhez az adott fából készült hordóban történő érlelés során. Zhang és munkatársai (2015) ezen megállapítása a borokról átvehető a párlatok érlelésére is. A szárítás során a különböző ellagitanninok mennyisége is csökken. Főként a folyamat első három évében figyelhető meg számottevő csökkenés. Megfigyelhető ugyanakkor az illékony fenolok és fenolaldehidek növekedése, különösen a forró éghajlaton történő szárítás során: eugenol, vanilin, sziringaldehid, koniferaldehid és szinapilaldehid.



9. ábra: Hordódongák szárítása szabad levegőn (Internet 3.)

Száritás után, közvetlenül a felhasználás előtt a dongákat a megfelelő formára alakítják, hogy azok alkalmasak legyenek a hordó összeállítására.

Hordó formájának kialakítása A megfelelő formára alakított dongákból a kádár összeállítja a hordó testét. A dongákat kézzel válogatják, mivel szélességükben különbözőek

így a kész hordókhoz felhasznált dongák száma sem lesz minden esetben ugyanannyi. A megfelelő válogatás azért fontos, mert a dongák közötti hézagok az oxigén hordóba áramlásának fő útjai. A dongák válogatása után egy ideiglenes abroncsban pihen a hordó. Ilyenkor a dongák még egyenesek és a hordóformára hajlításuk szükséges (Strickland, 2021), ami hő közlésével történik. Ez lehet gőz és láng is. A dongák hajlítása után újabb ideiglenes abroncsok kerülnek fel és tovább folytatódik a hordó hőkezelése.

Pörkölés (Toasting) A pörkölés számottevő kémiai változást idéz elő a fában. Zhang és munkatársai (2015) a pörkölés erősségét három csoportba sorolja: gyenge (5 perc, 180 °C-on), közepes (35 perc, 160-170 °C eléréséig) és erős (17,5 perc 230 °C eléréséig). A pörkölés során is megfigyelhető az ellagitanninok koncentrációjának csökkenése, ami figyelembe véve, hogy a száraz levegőn eltöltött idő alatt is csökken, jelentős hatással bír a párlatra, azaz kevesebb ellagitannin kerül abba. A pörköléshez sok kádárműhelyben fahulladékot használnak (Russell és munkatársai, 2021).

4. táblázat: Ellagitannin koncentráció változása a fa kezelésének műveletei során
(Martínez-Gil és munkatársai, 2018)

Kezelés	Faj	Ellagitannin koncentráció (mg/g) - a kasztalagin, veszkalagin, grandinin és roburinok összesen
Kezeletlen	Quercus alba	3,48-5,96
	Quercus petraea	8,65-32,1
	Quercus robur	28,41-44,01
Szárított (Seasoned)	Quercus alba	0,88-35,64
	Quercus petraea	1,98-80,62
	Quercus robur	3,93-87,4
Pörköléssel kezelt (Toasted)	Quercus alba	0-5,89
	Quercus petraea	3,53-56,76
	Quercus robur	7,72-11



10. ábra: Pörkölés (Internet 4.)

Kiégetés (Charring) A pörköléssel ellentétben az égetés (charring) meghatározott ideig tartó, a hordó teljes belső felületét érő, magas hőmérsékletű művelet. A kádárműhelyekben általában gázzal táplált lángot használnak a végrehajtására.

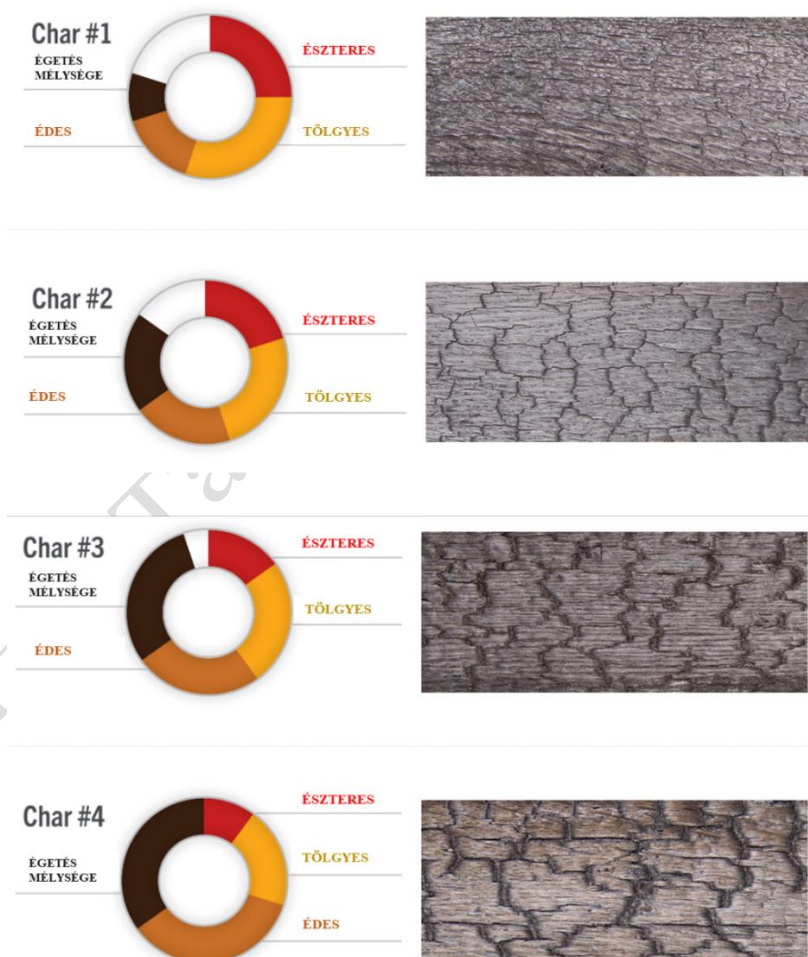
Nem minden célra készített hordót égetnek ki. A bourbon whiskey érlelésére szánt hordókat pl. ki kell égetni. A whiskey érzékszervi tulajdonságait befolyásolja az égetés. A lignin hő hatására történő degradációjából felszabaduló vanillin például kedvező hatással lesz a bourbon whiskey karakterére. Ezeket a hordókat aztán további felhasználásra a világ többi részére exportálhatják (Lyne és munkatársai, 1993).

A skót whiskyiparban a kiégetés pl. a többször felhasznált, előregedett hordók regenerálásakor történhet.

A kiégetésnek is lehetnek fokozatai attól függően, hogy a hordó belsejével mennyi hőt, mennyi ideig közölnek. Ezt általában 4 szintre osztják fel, ahol az 1. szint a legkisebb, a 4. szint a legnagyobb mértékű égetést jelenti. A kiégetés mértéke akár egy márka sajátos ízvilágának is előidézője lehet. A Wild Turkey nevű bourbon whiskey nagy részét például 4. szintű kiégetett hordókban érlelik, amely hozzájárul a whiskey robosztus karakteréhez (Strickland, 2021). Az égetés különböző szintjeit példaként az ISC Barrels Kentucky kádárműhely specifikációja mutatja be, mely a 12. ábrán látható.



11. ábra: Hordó kiégetése (Internet 5.)



12. ábra: A Kentucky ISC Barrels hordókiégetés-specifikációi és a hordó belső felületének megjelenése (Internet 6.)

Befejező műveletek A hordó kiégetése után vízzel hűtik le a belső felületét, majd belekerül a külön műveletben összeállított hordótető- és alj. Az ideiglenes abroncsokat véglegesre cserélik. A lezárt hordót nyomáspróbának vetik alá, mely során azt ellenőrzik, hogy jól zár-e, nem szivárog. Ennek módja, hogy vizet fecskendeznek a hordóba és nagy nyomáson levegőt juttatnak a hordó belsejébe a töltőnyíláson keresztül. Amennyiben a hordó nem szivárog és minden más szempontból is késznek minősül, a felületét csiszolással simára formálják, majd a hordó értékesítésre kerülhet.

5. táblázat: Különböző változók lehetséges forrása és hatásai a hordókészítésben (Gollihue és munkatársai, 2021)

Különböző változók forrása és hatásai a hordókészítésben

Hordógyártás lépése	Változó forrása	Lehetséges hatás
Fa	Genetika	Oldékony anyagok sokfélesége
	Faj	Évgyűrűk távolsága: oxigén áteresztő képesség
	Növekedés helye	Kioldható anyagok
	Fa biomassa összetétele	
	Szemcsézettség (évgyűrűk távolsága)	
Vágás	Ún "fehér fa" mennyisége	Összetétel
	Donga helye a rönkben	Kioldható anyagok
	Negyedelés módja (fűrészelés/hasítás)	Fa struktúrája
Száritás	Rakások elhelyezkedése	Összetétel
	Mikrobák	Tannintartalom
	Időtartam	
Hordó összeállítása	Dongák száma	Illesztések száma: oxigén áteresztő képesség
Hajlítás	Termolízis	Fa biomassa összetétele
Láng	Kioldható komponensek	Kioldható komponensek csökkenése
Gőz	Hidrotermolízis	
Égetés	Időtartam	Fa biomassa összetétele
Pörkölés	Max. hőmérséklet	Oxigénáteresztés
	Ásványosság	Tannintartalom
	Savak	
	Nedvességtartalom	
	Fa biomassa összetétele	
	Oxigéntartalom	
	Hirtelen lehűtés	

3.3 A tölgyfa alkotórészeinek jellemzői

A bor vagy párlat érlelés alatti kölcsönhatása a hordóval jelentős változásokat idéz elő a tárolt italban, a kémiai összetételt és az érzékszervi tulajdonságokat illetően is. A hordóból komplex aromák jutnak az italba, javítva ezzel színtabilitásukat, ízüket, tisztaságukat és a hordós érlelés lehetővé teszi hosszú ideig történő tárolásukat. (Martínez-Gil és munkatársai, 2018)

Az elmúlt évszázadokban csak nagyon keveset tudtak vagy értettek meg a hordós érlelés italra gyakorolt hatásainak mibenlétéről, azt leszámítva, hogy a hordós érlelés hatást

gyakorol az italtra. A whiskyipar fejlődésével egyre inkább felismerték a jelentőségét, hogy a fahordó egy egyébként harsány és erős italtra milyen hatást gyakorol. A hordó fájának az italtra gyakorolt hatásainak elemzéséhez ismernünk kell a fa szerkezetét, az azt alkotó vegyületeket.

A tölgyfahordós érlelés során lejátszódó folyamatokat az egyes források többféleképpen csoportosítják. Mosedale és munkatársai (1998) szerint az érlelés során a következő folyamatok játszódnak le:

- a fa vegyületeinek kioldódása közvetlenül a párlatba
- a fa makromolekuláinak bomlása során keletkező vegyületek oldódása a párlatba
- reakciók a fa alkotórészei és a párlat alkotórészei között
- a fa alkotórészeinek reakciói
- a párlat alkotórészeinek reakciói
- az illékony komponensek elpárolgása a hordón keresztül

Más csoportosítás szerint (Maclean, 2010) a reakciók a következőképpen írhatók le: reakciók, amelyek vegyületeket távolítanak el a párlatból, reakciók, amelyek során különböző vegyületek szabadulnak fel a fából és kerülnek a párlatba, valamint reakciók, amelyek a hordó és a körülötte lévő környezet között játszódnak le.

Tholstrup és munkatársai (2005) megközelítése szerint az érlelés során lejátszódó reakciók a párolgás, a fából származó vegyületek kioldódása és ezek degradációja, új vegyületek (pl. észterek) létrejötte, illetve az oxidáció.

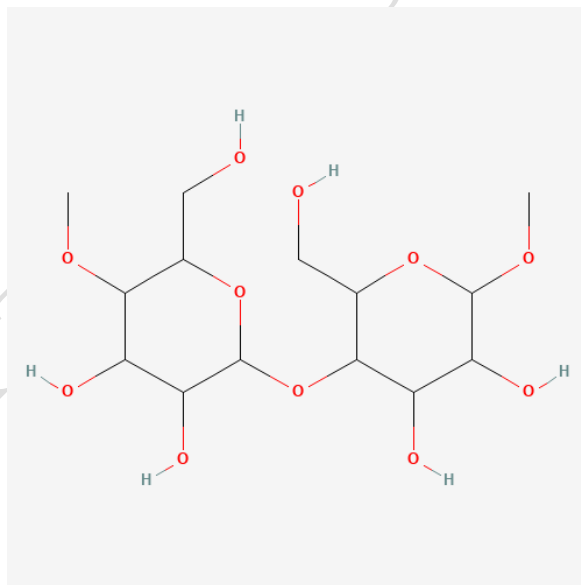
A hordós érlelés során lejátszódó jelenségeket a következőképpen is össze lehet foglalni (Zamora, 2018): **1.** a párlat beszívárog a hordó fájába, különösen az új hordókban és az etanol-víz elegy egy része a fa porózusságának köszönhetően elpárolog. **2.** A tölgyfából számos illékony komponens szabadul fel **3.** A tölgyfából ellagitanninok szabadulnak fel, amelyek befolyásolják az érzékszervi tulajdonságokat, fanyar és keserű ízeket adnak az itálnak *(itt érdemes megjegyezni, hogy a korábban tárgyaltak szerint az ellagitannin tartalom a különböző tölgyfa fajok esetében jelentős csökkenést mutat a szabad levegőn történő szárítás során, illetve bizonyos fajok ellagitannin tartalma eleve alacsonyabb, mint másoké).* **4.** az oxigén mérsékelt áramlása a hordón keresztül antocianinok és proantocianoidok reakcióit eredményezi, mely hozzájárul a színstabilizáláshoz és a fanyarság mérsékléséhez.

A legegyszerűbb felosztás szerint kivonó és összeadó reakciók játszódnak le (Jack, 2012).

A tölgyfát alkotó vegyületeket a következő alfejezetek tekintik át, ezen dolgozat terjedelmének megfelelően tárgyalva az egyes vegyületek reakcióit, származékait, érzékszervi jellemzőit.

3.3.1 Cellulóz

A cellulóz a legnagyobb mennyiségben megtalálható polimer a természetben. A növényi sejtfal fő alkotórésze. A cellulóz lineáris poliszacharid, amelyet β -1,4-glikozidos kötésekkel kapcsolódó glükózegységek alkotnak. A több ezer, vagy akár több tízezer molekulából álló láncok hemicellulózzal és ligninnel alkotnak mátrixot a tölgyfa szerkezetében. A korábban leírtakra hivatkozva a cellulóz a tölgyfa száraz tömegének mintegy 40%-át teszi ki. Kristályos szerkezete és hidrogénkötéseinek köszönhetően ellenáll a hidrolízisnek, azonban a hőkezelés és az enzimatis hidrolízis képes módosítani szerkezetét.



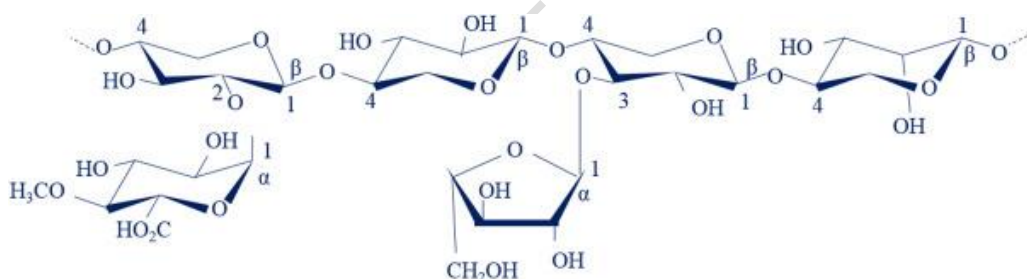
13. ábra: Mikrokrisztályos cellulóz kémiai szerkezete (Internet 7.)

A dongák szárítása és pörkölése elősegíti a degradációs folyamatokat, de a hordókészítés ezen lépései nincsenek hatással a cellulózra. Kristályos szerkezete erős szakítószilárdságot eredményez. Ennek a szerkezetnek köszönhetően az az elfogadott, hogy a cellulóznak nincs közvetlen hatása az ital érzékszervi jellemzőire, csak a hordó minőségére (Le Floch és munkatársai, 2015)

3.3.2 Hemicellulóz

A hatalmas cellulóz szuperstruktúrák mellett alacsonyabb molekulatömegű, rövid oldalláncú poliszacharidok is jelen vannak. Ezek a molekulák öt szénatomos (xilóz, arabinóz) és hat szénatomos (glükóz, mannóz, galaktóz) monoszacharidokból állnak. A gyűjtőnevük a hemicellulóz (Parham & Gray, 1984).

A cellulózzal ellentétben a hemicellulóz nagy mértékben befolyásolja az érlelt ital ízét és az érlelési karakterisztikát. A hordó dongáinak hevítésekor a hemicellulóz polimer felbomlik, karamellizálódik. Ennek a bomlástermékei cukor monomerek, amelyek édes ízeket kölcsönözhetnek az itálnak, bár ezeknek a cukroknak a mennyisége alacsonyabb annál, mint amit egyes kutatások állítanak (Strickland, 2021). A dongák szárítása, a hordó porrkölése és a hemicellulóz hidrolízise egyaránt a bomlásához vezet. A bomlás következtében létrejövő monoszacharidok koncentrációjának növekedése például 40 évig hordóban érlelt brandy esetében akár 2000 mg/l cukortartalmat is eredményezhet, de cognacnál is figyeltek meg 500 mg/l értéket (Le Floch és munkatársai, 2015).



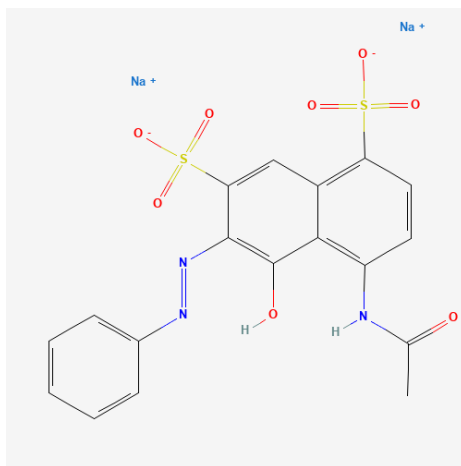
14. ábra: Hemicellulóz kémiai szerkezete (Internet 8.)

3.3.3 Lignin

A fa harmadik legfontosabb szövetalkotója a lignin. A cellulózzal és a hemicellulózzal szemben a lignin elágazó láncú, komplex, nagy molekulatömegű polifenol molekula. A fa szövetében egyenletes az eloszlása. Képes áthatolni a sejtfalon, részt vesz a sejtközi térben a sejtek összetartásában és a fát kemény, merev anyaggá teszi, amely ennek köszönhetően jól ellenáll a mechanikai behatásoknak. A lignin nagy mértékben befolyásolja a hordó tulajdonságait, figyelembe véve hidrofób tulajdonságait, amelyek hozzájárulnak a hordó

impermeabilitásához, így csökkentve a szivárgás lehetőségét (Le Floch és munkatársai, 2015)

Mosedale (1995) megállapítása szerint a lignin bomlásából eredő vegyületek hatása az érzékszervi tulajdonságokra nem rendelkezik elegendő bizonyítással. A lignin bomlásából eredő vegyületek kimutatása ugyancsak rávilágít a fából kioldott anyagok pontos kimutatásának nehézségeire, ugyanis számos vegyület indirekt úton jön létre.



15. ábra: Lignin kémiai szerkezete (Internet 9.)

Az erőteljes hőkezelés (kiégetés) növeli a lignin bomlástermékeinek mennyiségét, illetve a fa fizikai degradációját is maga után vonja, ami a párlat irányában erőteljesebb kölcsönhatást eredményez.

Russell és munkatársai (2021) azt írják le, hogy a dongák hőkezelése során a lignin termikus degradációjának eredményeképpen a tölgyfában jelen lévő vanillin koncentrációja növekszik. A vanillin mellett a lignin degradációja koniferaldehid, sziringaldehid, vanillinsav és 4-hidroxi-3,5-dimetoxibenzolsav képződését is eredményezi, de ezeknek a vegyületeknek a koncentrációja az érzékelési küszöb alatt marad.

Conner és munkatársai (1992) megállapításai szerint a ligninhez köthető vegyületek, amelyek a hordós érlelés során kioldódnak a fából, a legfontosabbak közé tartoznak és szorosan kapcsolódnak a whisky érett ízjegyeinek a kialakulásához. A 6. táblázatban a hemicellulózból és a ligninből származó főbb illékony vegyületek összefoglalása látható. Ezek a vegyületek az érzékelési küszöb felett jelennek meg.

6. táblázat: A tölgyfa makromolekuláiból származó főbb illékony vegyületek és érzékszervi jellemzőik (Le Floch és munkatársai, 2015)

Vegyület	Eredete	Érzékszervi leírása
Furfurol	Hemicellulóz	Mandula
5-metil-2-furánaldehid	Hemicellulóz	Karamell, pörkölt mandula
Ciklotén (2-hidroxi-3-metilciklopentán-2-enon)	Hemicellulóz	Pörkölt fa
Maltol	Hemicellulóz	Égetett cukor, karamell, pörkölt fa
Gvajakol (2-metoxifenol)	Lignin	Fenolos, füstöltáru
Sziringol (2,6-dimetoxifenol)	Lignin	Füstöltáru
cisz- β -Metil- γ -oktalakton	Lignin	Kókuszos, fás
transz- β -Metil- γ -oktalakton	Lignin	Fás
transz-2-Nonenal	Lignin	Frissen feldolgozott fa
Eugenol	Lignin	Fűszeres, szegfűszeg
Izoeugenol	Lignin	Fűszeres
Vanilin	Lignin	Vanília

Le Floch és munkatársai (2015) említést tesznek arról is, hogy a ligninből eredeztethető lignánok az ital végső színét befolyásolhatják. Egy korábbi kutatás szerint a magasabb oxigénkoncentráció – amely feltehetőleg a tölgyfa porozításának köszönhetően a külvilág felől érkező oxigént jelenti – a lignin degradáció melléktermékeinek magasabb koncentrációját is előidézi (vanilin, sziringaldehid) (Mosedale, 1995).

3.3.4 Fenolvegyületek: tanninok

Az ellagitanninok a tölgyfa geszt száraz tömegének mintegy 10%-át alkotják és a fa ellenállóságáért is felelnek. A tölgyfában legnagyobb mértékben megtalálható ellagitanninok a kasztalagin és a veszkalagin (40-60% arányban), de grandinin és roburin is. A tanninok két csoportra oszthatók: hidrolizálható és nem hidrolizálható tanninok. A nem hidrolizálható tanninokat flavonoid oligomerek alkotják, amelyek szén-szén kötéssel kapcsolódnak, vízzel nem reagálnak. A gesztben ezek a típusú tanninok sokkal kisebb mértékben találhatók meg, mint a hidrolizálhatók (Mosedale, 1995).

A hordó fájából kioldódó polifenolok koncentrációja - beleértve az ellagitanninokat is – attól függ, hogy a fában milyen mértékben voltak jelen. Szerkezetüket és mennyiségüket befolyásolhatja a faj, a földrajzi eredet, de a hordó készítése során a dongák szárításának körülményei és a pörkölés is (Cadahia és munkatársai, 2001). Ezeken kívül a talaj típusa, a napfénynek való kitettség és a csapadékmennyiség is befolyásolja a tölgy polifenol koncentrációját. Több kutatás számolt be arról, hogy a geszt korának előrehaladtával

csökken az oldható ellagitanninok mértéke. Ez a visszaesés részben hidrolízis-típusú reakcióknak, nagyobb mértékben pedig nem enzimes, oxidatív polimerizációnak köszönhető, amely csökkenti a tanninok oldhatóságát (Zhang és munkatársai, 2015).

Az ellagitanninok kioldódása a hordó fájából az érlelés során történik meg. Zamora (2018) vörösbor érlelése tekintetében állítja, hogy a kioldódás a bor, mint alkohol-víz elegy segítségével történik. Nem tesz utalást a párlatokra, de feltételezhető, hogy a magasabb alkoholtartalommal bíró lepárolt italok esetében is végbemegy az ellagitanninok kioldódása. Ugyanebben a kutatásban írja le, hogy az ellagitanninok reakcióképessége nagy, ennek köszönhetően a vörösborban nincsenek jelen akkora mértékben, hogy károsan befolyásolnák az ízérzetet. Ellagitanninok létrejöhetnek a veszkalagin és katekin reakciójából is az érlelési folyamat során.

A tanninok okozta ízérzetet egyaránt jellemzi az "astringency - fanyarság" és a "bitterness - keserűség" kifejezés. Ezek a fő érzékszervi jellemzői. A fenolszármazékok közé nemcsak a tanninvegyületek tartoznak, hanem a ligninből származtathatóak is.

Fujieda és munkatársai (2008) kísérletében arról számoltak be, hogy a kasztalagin oxidációjából származó tanninvegyületeket azonosítottak vizsgált whiskyben, amelyek az ellagitanninok érlelés alatti oxidációja során keletkezettek. A vizsgálat során japán whiskyket elemeztek, azonban nincs arra utalás, hogy az érlelésre használt hordó melyik tölgyfa fajhoz köthető.

7. táblázat: Ellagitanninok mennyisége (mg/g fában) spanyol, francia és amerikai tölgy mintákban, 3 év természetes szárítás után, pörkölés nélkül és pörköléssel vizsgálva (Cadahía és munkatársai, 2001)

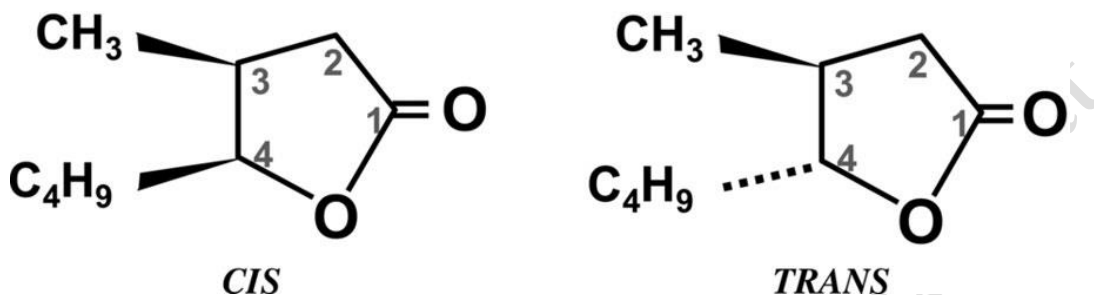
	Monomerek	
	Kasztalagin	Veszkalagin
	Pörkölés nélkül	
Spanyol tölgy		
<i>Q. robur</i>	6,68 ± 1,77	4,62 ± 2,53
<i>Q. petraea</i>	12,5 ± 2,07	7,96 ± 4,16
<i>Q. pyrenaica</i>	4,54 ± 2,91	1,68 ± 1,07
<i>Q. faginea</i>	8,18 ± 2,43	2,76 ± 0,4
Francia tölgy		
<i>Q. robur</i>	6,11 ± 3,94	5,00 ± 3,86
<i>Q. petraea</i>	3,43 ± 1,76	1,86 ± 1,69
Amerikai tölgy		
<i>Q. alba</i>	2,86 ± 0,04	1,14 ± 0,39
Pörköléssel		
Spanyol tölgy		
<i>Q. robur</i>	3,6 ± 1,37	0,89 ± 0,17
<i>Q. petraea</i>	3,79 ± 1,03	1,02 ± 0,75
<i>Q. pyrenaica</i>	2,77 ± 0,93	0,37 ± 0,34
<i>Q. faginea</i>	4,68 ± 0,67	0,96 ± 0,42
Francia tölgy		
<i>Q. robur</i>	5,44 ± 2,56	1,15 ± 0,64
<i>Q. petraea</i>	1,75 ± 0,49	0,36 ± 0,08
Amerikai tölgy		
<i>Q. alba</i>	n.a.	n.a.

3.3.5 Tölgyfa-(whisky)laktonok

A β -metil- γ -oktalakton többféle néven ismert, ezek a whisky-lakton, tölgylakton vagy Quercus-lakton. Hazai kádárműhelynél is találkozhatunk a whisky-lakton megnevezéssel. A különböző tanulmányokban egyaránt használják mindhárom nevet, szakmai szempontból ugyanazt értjük alatta. A felfedezésükre egy 1971-es kutatásban hivatkoznak. A whisky-lakton bioszintézise nem teljesen feltérképezett, de több prekursorát is felfedezték. Biológiai szerepük nem tisztázott. Egyazon fajhoz tartozó tölgyfák gesztjében is változó lehet a koncentrációja (Mosedale & Puech, 1998)

A tölgyfalaktonok első megfigyelése óta több kutatás foglalkozott az előfordulásával, kémiájával és az érzékszervi tulajdonságaival. A β -metil- γ -oktalakton két királis centrummal rendelkező molekula, így négy sztereoizometrikus konfigurációja ismert (Maga, 1996). Ezek közül kettő fordul elő a hordókészítéshez használt tölgyfában: a cisz- (3S,4S) és transz- (3R,4R) konfiguráció (16. ábra). A két izomer aránya változó a különböző fajok között is, attól függően, honnan származik a kitermelt fa. Az amerikai tölgyben a cisz- izomer fordul

elő nagyobb mértékben, az európai fajokban közel egyenlő arányban találhatók meg. Prekurzoraiból a hőkezelés és az érlelési folyamat során is keletkezhetnek laktonok, de a hordók újbóli felhasználása során ezek a prekurzorok eltűnnek és a hordók újbóli kiégetése nem eredményezi az új hordó esetén tapasztalható érzékszervi tulajdonságokat (Russell és munkatársai, 2021).



16. ábra: Cisz- és transz- whiskylakton kémiai szerkezete (Russell és munkatársai, 2021)

Hornsey (2016) megállapítása az, hogy az amerikai fehér tölgy (*Quercus alba*) nagyobb mértékben tartalmazza a skót whisky érlelésében, aromakarakterének kialakításában szerepet játszó cisz- és transz- β -metil- γ -oktalaktonokat.

Gázkromatográfiás vizsgálattal kimutatták, hogy kevés különbség észlelhető a párlatban az első töltésű bourbon hordók használata és a többször használt hordók esetében. A transz-izomer koncentrációjának növekedése azonos mértéket mutatott az azonos érlelési idejű, de különböző hordókban érlelődött párlat esetén, de a cisz-izomer viszont más karakterisztikát. Egyik sem függött a hordó korábbi használatától (Piggott és munkatársai, 1993). Ez a vizsgálat azonban 20 évvel megelőzi a korábban hivatkozottakat.

A laktonok érzékszervi tulajdonsága a kókusz íz, amelyet gyakran érezhetünk hosszú ideig érlelődött whiskyben. A laktonok érzékelését azonban befolyásolja a furfurool (furanaldehid) jelenléte. Alacsony koncentrációban erősítik a laktonokhoz társított érzékszervi jellemzőket, magas koncentrációban viszont elnyomják azokat (Hills, 2002). A 8. táblázatban a különböző tölgyfa-lakton izomerek érzékszervi tulajdonságai láthatóak.

8. táblázat: Különböző tölgyfa-laktonok érzékszervi tulajdonságai (Maga, 1996)

Különböző tölgyfa-laktonok érzékszervi tulajdonságai

Vegyület	Íz	Illat
cisz-(3R,4R)	Kókusz és krémesség	Édes, fás, kókuszos
cisz-(3S,4S)	Fűszer, kókusz	Enyhén kókuszos, must, szalma
transz-(3S,4R)	Kókusz, édes, krémes, zsíros	Fűszer, zeller, enyhe kókusz, zöld dió
transz-(3R,4S)	Fűszer	Kókusz, zeller

3.3.6 Egyéb vegyületek

A párlat színét befolyásoló anyagok lehetnek polimerizálódott fenolvegyületek. Ezek a komplexek adják az érlelt párlatok sárgás-barnás színét a hosszabb ideig tartó érlelés során. Vivas és munkatársai (2020) kettő kutatásra hivatkozik, amelyek a szín változását okozó polimerizált ellagitanninok molekulatömegét vizsgálta gél permeációs kromatográfiával. Az átlagos molekulatömeg 2700 +/- 375 Da és 4000 Da voltak. Magas molekulatömegű polimerek jelenlétét is vizsgálták, noha ezek mérése nehézkes.

Egyes redukálócukrok a hemicellulóz és a hidrolizálható tanninok degradációjának eredményeképpen kerülhetnek a párlatba. Kutatások kimutatták, hogy a legnagyobb mértékben jelen lévő cukrok a glükóz, arabinóz. Ezeknek a cukroknak az érlelési idő előrehaladtával növekszik a koncentrációja a párlatban (Mosedale, 1995).

3.4 A whisky érzékszervi jellemzőinek megjelenése és minősítése

A whisky és más, tölgyfahordóban érlelt szeszestílokok érlelési folyamatainak megismerése során megértjük a különböző vegyületek keletkezésének mechanizmusait és körülményeit. A kutatások és eredmények feldolgozásakor az érlelési folyamat alatt kialakuló érzékszervi tulajdonságok leírásával is találkozhatunk. Azonban ezek feltérképezésére a legalkalmasabb a közvetlen érzékszervi minősítés. Az érzékszervi analitika az iparág által használt elsőszámú analitikai eszköz annak kiszűrésére, hogy a vásárlók által várt és elvárt jellemzőknek megfeleljenek. A termék minőségének fenntartásához elengedhetetlen a nyersanyagok és a készítés folyamatának ellenőrzése

A whisky érlelésének történelmi hagyományai, a mindenkori iparági tendenciák, a gazdasági helyzet és a nemzetközi kapcsolatok egyaránt rajta hagyják a nyomukat a hordós érlelésen.

A whisky tudományos kutatása persze nem merül ki pusztán az érlelés feltérképezésében, az aromajellemzők kialakulásában legalább annyira fontos a készítési folyamat többi állomása is. Skóciában a kutatásnak kettő fontos centruma létezik, amit megemlítek ebben a dolgozatban: az egyik az Edinburghban található Heriot-Watt University, melynek sör- és szeszipari BSc képzése ismert és elismert és számos, az iparágban tevékenykedő munkatárs tanulmányainak helyszíne. A másik ilyen intézmény már kifejezetten a whiskyvel kapcsolatos kutatásokra szakosodott, a Scotch Whisky Research Institute, amelyet iparági szereplők alapítottak. Tevékenységei közé tartoznak az alkalmazott kutatások, az alapanyag vizsgálatától kezdve a végtermékig. Analitikai szolgáltatásokat is nyújtanak.

A whisky szigorú szabályozása (The Scotch Whisky Regulations 2009, 2009) miatt mesterséges színezék, vagy egyéb, az állagot és a minőséget befolyásoló adalék nem adható a termékhez. Az egyetlen kivétel az E150a jelű karamellszínezék, amit pusztán a szín befolyásolására használnak, érzékszervi jellemzőket nem módosít (Jack, 2012).

A whisky érzékszervi tulajdonságai a következő részekre oszthatók fel: illat, íz, szájérzet és megjelenés. Az utóbbi kivétellel az aromákat, ízeket szemléltetik az ún. ízkerékek, amelyből egy példa a 14. ábrán látható. Az ízkerék belsejétől a külseje felé haladva lesz egyre specifikusabb a jellemzők leírása. A tölgyfának tulajdonított érzékszervi jellemzők pedig a 9. táblázatban olvashatóak.

9. táblázat: Tölgyfának tulajdonított érzékszervi jellemzők (Maga, 1996)

Tölgyfának tulajdonított érzékszervi jellemzők	
Vanília	Cédrus
Ceruhahegyezék	Szivardoboz
Poros	Édes
Mogyorós	Zöld (herbális)
Bourbon karakterű	Szappanos
Kávé	

A megfelelő érzékszervi minősítést elősegítik az eszközök is, különösen az erre a célra tradicionálisan használt vagy kifejlesztett poharak (17. ábra).



COPITA POHÁR

Ez a pohár a tradicionális, spanyol sherry-nél használt pohárból származik. Népszerű a lepárlómesterek és más iparági szakemberek között. Formája a szűk szája felé koncentrálja az aromákat és a poharat könnyű a kézben felmelegíteni.

GLENCAIRN POHÁR

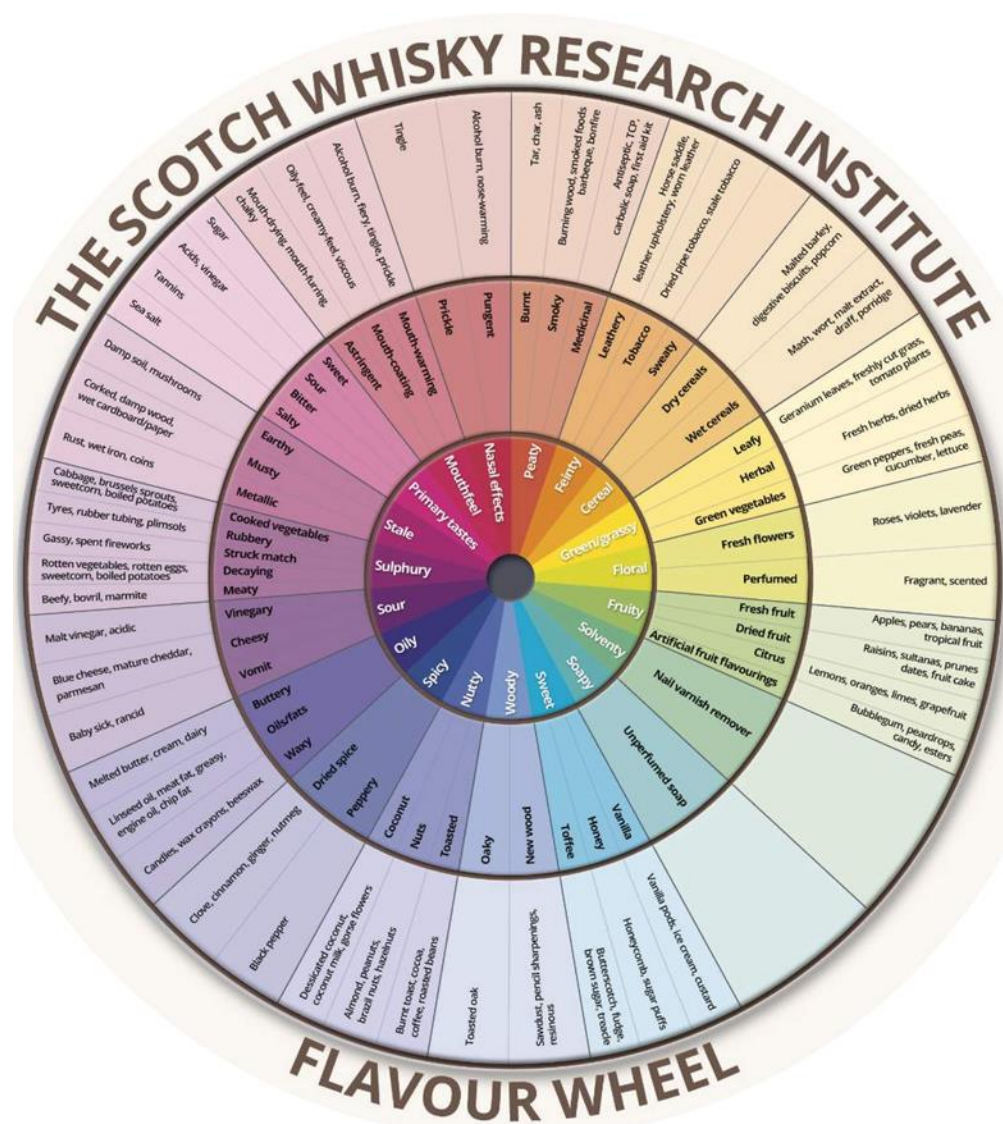
A skót Glencairn Crystal Company által kifejezetten whisky-hez kifejlesztett pohár.

A pohár kiszélesedő része kiváló lehetőséget biztosít a párlat színének a megfigyelésére, a tulipánforma pedig összegyűjti az illatokat.



17. ábra: Whisky érzékszervi minősítéséhez használt poharak (Internet 10.)

Korábban láthattuk, hogy a fa szerkezete, a hordókészítés folyamata és az érlelés során lejátszódó kémiai reakciók nagyban befolyásolják a végtermék jellemzőit. Na de milyen formában észleljük ezeket a tulajdonságokat az érzékszervi minősítés során? Az új párlat harsány ízjegyei (keserű, füves, olajos, kénes) helyett az érettségre jellemző aromák keletkeznek. Ezeket például vaníliás, fűszeres, virágos, fás jelzőkkel írhatjuk le. Ennél persze sokrétűbb és választékosabb a tulajdonságok kifejezése. Az érzékelést nagyban befolyásolja az érzékelő pillanatnyi állapota, az egyes érzékszervi jellemzők érzékelési küszöbhez viszonyított mennyisége, ezek észlelésének képessége és nem meglepő módon az érzékelő emlékei, korábbi tapasztalatai. Ez utóbbi fejleszthető azáltal, hogy az érzékelő minél több alkalommal gyakorolja az érzékelést és megtanulja megkülönböztetni, elkülöníteni az egyes jellemzőket.



18. ábra: Illatok/ízek azonosítására alkalmas ízkerék (Scotch Whisky Research Institute)
(Internet 11.)

Az érzékszervi vizsgálatok során a whisky esetében is fontos, hogy az észlelésnél minden szereplő ugyanazt értse az érzékszervi jellemzők kommunikálásával, ami a megfelelő whiskyköstölés egyik alappillére. Az ehhez szükséges, közös szókészlet megteremtése is célja a különböző whisky témájú irodalmaknak, illetve gyakorlással is fejleszthető. A korábban említett ízkerék használata is segít ebben. Egy másik példája a neves szakíró, Charles Maclean által kidolgozott ízkerék, mely kevesebb adatot tartalmaz, mint a korábban hivatkozott ábra, de ezáltal az avatatlan köstölőnek is könnyebb értelmezésre ad lehetőséget. A 19. ábra egy részletet mutat meg ebből az ízkerékből.



19. ábra: Charles Maclean ízkereke (részlet) (Internet 12.)

Látható tehát, hogy az érzékszervi vizsgálat mindenki által érthető és feldolgozható módszertan segítségével megvalósítható.

3.5 Érdekességek a hordós érlelésben: segédanyagok, új eljárások

A hordós érlelésről szóló munka során nem mehetünk el mellett, hogy az évszázados tapasztalatok új megoldásokkal, kutatásokkal és eredményekkel egészülnek ki. A különböző típusú italok érlelése során, ahol erre van lehetőség, folyamatosan vizsgálnak új, hatékonyabb megoldásokat. Jó példa erre a bor, a sör, illetve a lepárlással készülő szeszesitalok egy része. Jogszabályok nem nevesítik az érlelés gyorsítását, de pl. a whisky esetében ahhoz, hogy whiskynek lehessen hívni egy italt, Skóciában 3 év, az EU-ban általánosságban 2 év érlelésen kell keresztülmennie, tehát az időtartam az, ami a legfontosabb. Amennyiben azonban az érlelés gyorsításáról beszélünk, az időtartam elvesztené szerepét. Az előző fejezetekben tárgyalt kémiai reakciók lejátszódása fontos az italok érlelését illetően

Mosedale & Puech (1998) korábban leírja, hogy a legegyszerűbb módja fából származó kioldható anyagoknak az italba juttatására a tölgyfachips használata, amely elterjedt a borászatban. A tölgyfachips többféle méretben és többféle hőkezelésen átesett változatban kapható és a használata kompenzálni tudja a használt, kimerült hordó alacsony extrakttartalmát. Putman (2016) említi, hogy a használt hordókban történő érlelést szinte lehetetlen utánozni a skót whisky esetében. A tölgyfachipsből túl gyors és túlzott mértékű kioldódás megy végbe, míg a hordódongák szerkezete fontos szabályzó szerepet játszik a kioldható anyagok párlatba kerülésében. Az amerikai whiskey iparban voltak próbálkozások a hordóméret csökkentésével gyorsabb érlelést előidézni, de a vizsgálatok azt igazolták, hogy a párlat ízének mélysége nem volt elégséges. Nem cáfolja azonban a borok érlelésében betöltött szerepüket.



20. ábra: Ün. „belső dongák” – tölgyfa inzertek az érlelés gyorsításához (Putman, 2016)

A hordós érlelésnél nemcsak az új eljárások, hanem a tölgyfától eltérő fa fajok alkalmazása is vizsgálható, főleg a borok érlelését illetően. Egyik példája a szelídgesztenye (*Castanea sativa*) fájának felhasználása. A galluszsavban és ellagitanninban gazdag szelídgesztenye a Mediterrán országok borászatában használatos (Hornsey, 2016) elegendő mennyiségben és alacsony költséggel elérhető (Martínez-Gil és munkatársai, 2018). A szelídgesztenye gesztjének a tölgyfához hasonló polifenol-vegyület profilja van - a szelídgesztenye és a tölgy egyaránt a bükkfafélék családjához tartozik. Ez az egyetlen fajtája, amelyet az International Organisation of Vine and Wine is elismer. Martínez-Gil és munkatársai (2018) a szelídgesztenye iránti növekvő igényről számol be, amelynek köszönhetően több kutatás is született a fajta karakterisztikáját és különböző párlatok és borok érleléséhez való felhasználhatóságát illetően. A szelídgesztenyéből készült hordók

alkalmasnak mutatkoztak bor alapú likőrök érleléséhez, mert kedvezően befolyásolták a kémiai összetételét és az érzékszervi tulajdonságait. A szelídgesztenye hordókban érlelődött párlatok érzékszervi tulajdonságai megmutatták a fajta használatának lehetőségeit erre a célra. A fajta a Limousin régióból származó tölgy jó alternatívájának mutatkozik a brandy érlelésében (Martínez-Gil és munkatársai, 2018).

Csízik Tamás - Szakdolgozat

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A tölgyfa, a belőle készült hordók és az azokban történő érlelés komplex folyamat. A témával foglalkozó kutatásokat a teljesség igényével bemutatni megannyi tudományos munkával lehet csak. Dolgozatomban bemutattam a hordó történetének néhány fontos elemét, az ókortól napjainkig és az italok érlelésében játszott szerepét. Ismertettem a tölgyfa biológiai jellemzőit és azon tulajdonságait, amelyek alkalmassá teszik különböző anyagok tárolására. Kitértem a tölgyfa kémiai összetételére és a különböző fajok közötti megoszlására.

A dolgozat további részében a tölgyfa és a hordó a whiskyvel került szorosabb kontextusba. A whisky, mint élelmiszeripari termék fontos kapcsolatban van a hordóval, hiszen szigorú, de egyértelmű jogi háttér szabályozza a termék és a fahordó relációját. Történelmi és gazdasági aspektusból is érintettem a tölgyfahordó és a whisky kapcsolatát, kitérve az iparágban használt hordók tulajdonságaira, adataira.

A hordókészítés összetett folyamatának lépéseit is igyekeztem bemutatni, noha a téma földrajzi sokszínűséget mutat. További vizsgálatok és folyamatbeli eltérések bemutatása céljából hazai kádárműhelyek látogatása is ajánlott, amelyek ma már világszínvonalon készítenek hordókat. Ezeket számos országba exportálják, megrendelésre. A lehetőség hazai élelmiszeripari kutatásokra is lehetőséget ad.

A tölgyfa alkotórészeinek kémiai tulajdonságait tárgyaltam, és a hordókészítés, valamint az érlelés folyamatában betöltött szerepükre is kitértem. A témakör gazdag idegen nyelvű irodalommal rendelkezik, így több dolgozatnyi anyagot tud biztosítani a témával itthon foglalkozóknak.

Végül a whisky érzékszervi jellemzőire és azoknak vizsgálatára tértem ki. A hazai közegben a szeszesitalok érzékszervi minősítése magas szinten űzött, hiszen pálinkáink, boraink és söreink számos versenyt tudhatnak magukénak. A tudományos aspektus mellett rendezvényeken és fesztiválokon is nagy szerepet kapnak a kóstolások, amelyek a hétköznapi embert is közelebb tudják hozni ahhoz, hogy az élelmiszeripari termékeket a fogyasztáson túlmenően is megismerjék.

5. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- Cadahía, E., Varea, S., Muñoz, L., Fernández de Simón, B., & García-Vallejo, M. C. (2001). Evolution of ellagitannins in Spanish, French, and American oak woods during natural seasoning and toasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 3677–3684. <https://doi.org/10.1021/jf010288r>
- Carpena, M., Pereira, A. G., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2020). Wine aging technology: Fundamental role of wood barrels. *Foods*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/foods9091160>
- Conner, J. M., Paterson, A., & Piggott, J. R. (1992). Analysis of Lignin from Oak Casks Used for the Maturation of Scotch Whisky*. In *J Sci Food Agric* (Köt. 60).
- Conner, J. M., Paterson, A., & Piggott, J. R. (1993). Changes in Wood Extractives from Oak Cask Staves through Maturation of Scotch Malt Whisky. In *J Sci Food Agric* (Köt. 62).
- Fujieda, M., Tanaka, T., Suwa, Y., Koshimizu, S., & Kouno, I. (2008). Isolation and structure of whiskey polyphenols produced by oxidation of oak wood ellagitannins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16), 7305–7310. <https://doi.org/10.1021/jf8012713>
- Goff, T. C., Albright, T. A., Butler, B. J., Crocker, S. J., Kurtz, C. M., Lister, T. W., McWilliams, W. H., Morin, R. S., Nelson, M. D., Piva, R. J., Riemann, R., Vickers, L., Walters, B., Westfall, J. A., & Woodall, C. W. (2021). *Missouri Forests 2018: Summary Report*. <https://doi.org/10.2737/NRS-RB-122>
- Gollihue, J., Pook, V. G., & DeBolt, S. (2021). Sources of variation in bourbon whiskey barrels: a review. In *Journal of the Institute of Brewing* (Köt. 127, Szám 3, o. 210–223). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/jib.660>
- Hills, P. (2002). *Appreciating Whisky*. HarperCollins Publisher.
- Hornsey, I. (2016). Way through the wood. *Brewer and Distiller International*, April, 48–55.

Internet 1: amerikai fehér tölgy

Wikimedia Commons

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e6/Keeler Oak Tree - distance photo%2C May 2013.jpg/512px-Keeler Oak Tree - distance photo%2C May 2013.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e6/Keeler_Oak_Tree_-_distance_photo%2C_May_2013.jpg/512px-Keeler_Oak_Tree_-_distance_photo%2C_May_2013.jpg)

Letöltés dátuma 2023. április 23.

Internet 2: A hordó részei

Mark Litter

<https://www.marklittler.com/wp-content/uploads/2020/05/Parts-of-a-Cask-Infographic-100.jpg>

Letöltés dátuma 2023. május 2.

Internet 3: Hordódongák szárítása szabad levegőn

ISC Asset Library

<https://www.iscbarrels.com/wp-content/uploads/2022/10/ISC-Barrels-StaveYard.jpg>

Letöltés dátuma 2023. április 21.

Internet 4: Pörkölés

International Stave Company, ISC Barrels

<https://www.iscbarrels.com/wp-content/uploads/2022/05/about-craft-slideshow12.jpg>

Letöltés dátuma: 2023. április 27.

Internet 5: Hordó kiégetése

International Stave Company, ISC Barrels

<https://www.iscbarrels.com/wp-content/uploads/2022/05/about-craft-slideshow12.jpg>

Letöltés dátuma 2023. április 21.

Internet 6: A Kentucky ISC Barrels hordókiégetés-specifikációi és a hordó belső felületének megjelenése

International Stave Company, ISC Barrels

<https://www.iscbarrels.com/barrels/classic/>

Letöltés dátuma: 2023. április 27.

Internet 7: Mikrokristályos cellulóz kémiai szerkezete

National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound

Summary for CID 14055602, Cellulose, microcrystalline

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cellulose-microcrystalline>

Letöltés dátuma 2023. április 23.

Internet 8: Hemicellulóz kémiai szerkezete

Benaimche O. munkatársai (2020) The Utilization of Vegetable Fibers in

Cementitious Materials, Elsevier, Pages 649-662, ISBN 9780128131961,

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11596-6>.,

<https://ars.els-cdn.com/content/image/3-s2.0-B9780128035818115966-f11596-07-9780128131954.jpg>

Letöltés dátuma 2023. április 23.

Internet 9: Lignin kémiai szerkezete

National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound Summary for CID 175586, Lignin.

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Lignin>.

Letöltés dátuma 2023. április 23.

Internet 10: Whisky érzékszervi minősítéséhez használt poharak

Scotch Whisky Association

https://www.scotch-whisky.org.uk/media/1714/swa-tasting-toolkit_2020.pdf

Letöltés dátuma 2023. április 24.

Internet 11: Illatok/ízek azonosítására alkalmas ízkerék

Scotch Whisky Association

https://www.scotch-whisky.org.uk/media/1714/swa-tasting-toolkit_2020.pdf

Letöltés dátuma 2023. április 24.

Internet 12: Charles Maclean ízkereke (részlet)

Whisky Max - Charles Maclean

<https://www.whiskymax.co.uk/wp-content/uploads/wheel-segment-off-woody.png>

Letöltés dátuma 2023. április 24.

Jack, F. R. (2012). Whiskies: composition, sensory properties and sensory analysis. In *Alcoholic Beverages* (o. 379–392). Elsevier.
<https://doi.org/10.1533/9780857095176.3.379>

Jordão, A. M., Ricardo-Da-Silva, J. M., & Laureano, O. (2005). Comparison of volatile composition of cooperage oak wood of different origins (*Quercus pyrenaica* vs *Quercus alba* and *Quercus petraea*). *Mitteilungen Klosterneuburg*, 55, 22–31.
<https://www.researchgate.net/publication/258844577>

Le Floch, A., Jourdes, M., & Teissedre, P. L. (2015). Polysaccharides and lignin from oak wood used in cooperage: Composition, interest, assays: A review. In *Carbohydrate Research* (Köt. 417, o. 94–102). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.carres.2015.07.003>

Lyne, J. C., Conner, J. M., Paterson, A., & H N R Piggott, J. O. (1993). The effect of cask charring on Scotch whisky maturation. In *International Journal of Food Science and Technology* (Köt. 28).

Maclean, C. (2010). *Maclean's Miscellany of Whisky* (C. Maclean, Szerk.). Little Books Ltd.

Maga, J. A. (1996). Oak lactones in alcoholic beverages. *Food Reviews International*, 12(1), 105–130. <https://doi.org/10.1080/87559129609541069>

- Martínez, J., Cadahía, E., Fernández De Simón, B., Ojeda, S., & Rubio, P. (2008). Effect of the seasoning method on the chemical composition of oak heartwood to cooperage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(9). <https://doi.org/10.1021/jf0728698>
- Martínez-Gil, A., Del Alamo-Sanza, M., Sánchez-Gómez, R., & Nevares, I. (2018). Different woods in cooperage for oenology: A review. *Beverages*, 4(4). <https://doi.org/10.3390/beverages4040094>
- Mitchell, B. (2015). The Cask - An amazing element in the wonderful process of making whisky. *Brewer and Distiller International*, May, 22–27.
- Mosedale, J. R. (1995). Effects of oak wood on the maturation of alcoholic beverages with particular reference to whisky. *Forestry*, 68(3), 203–230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/forestry/68.3.203>
- Mosedale, J. R., & Puech, J.-L. (1998). Wood maturation of Distilled beverages. *Food Science & Technology*, 9, 95–101.
- Parham, R. A., & Gray, R. L. (1984). Formation and Structure of Wood. In R. Rowell (Szerk.), *The Chemistry of Solid Wood* (o. 3–56). <https://doi.org/10.1021/ba-1984-0207.ch001>
- Piggott, J., & Conner, J. (2003). Whiskies. In A. G. H. Lea & J. R. Piggott (Szerk.), *Fermented Beverage Production* (o. 239–262). Springer Science & Business Media.
- Piggott, J., Paterson, A., & Conner, J. (1993). Effects on Scotch whisky composition and flavour of maturation in oak casks with varying histories. In *International Journal of Food Science and Technology* (Köt. 28).
- Putman, R. (2016). Moving things along - A look at rapid whisky maturation methods. *Brewer and Distiller International*, November, 36–44.
- Russell, I., Stewart, G., & Kellershohn, J. (Szerk.). (2021). *Whisky and Other Spirits - Technology, Production and Marketing* (3. kiad.). Academic Press - Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/C2019-0-03286-4>
- Strickland, M. (2021). *Cask Management for Distillers* (1. kiad.). White Mule Press. <https://www.scribd.com/read/495327754/Cask-Management-for-Distillers>
- Taschner, R. (2014). *A tölgyek nagy értékű hasznosítását befolyásoló tényezők vizsgálata és összehasonlító elemzése* [Doktori Értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem]. http://doktori.uni-sopron.hu/id/eprint/429/1/Taschnerr_ertekezes.pdf
- The Scotch Whisky Regulations 2009, Pub. L. No. 2009 No. 2890, The Parliament 1 (2009).
- Tholstrup, J., Jackson, M., Buxton, I., Millar, I., Smith, G. D., Minabe, M., Soares Franco, J. M., Wisniewski, I., Ross, J., Stirk, D., McEwan, J., Stewart, D., Godfrey, P., &

- Kinsman, B. (2005). *The Whisky Companion* (J. Tholstrup, Szerk.; 1. kiad.). William Grant & Sons.
- Twede, D. (2005). The cask age: The technology and history of wooden barrels. *Packaging Technology and Science*, 18(5), 253–264. <https://doi.org/10.1002/pts.696>
- Vivas, N., Vivas de Gaulejac, N., Bourden-Nonier, M. F., Mouche, C., & Rossy, C. (2020). Extraction of phenolics from new oak casks during spirit maturation: impact on spirit colour. *Journal of the Institute of Brewing*, 126(1), 83–89. <https://doi.org/10.1002/jib.586>
- Work, H. H. (2014). *Wood, Whiskey and Wine - A History of Barrels*. Reaktion Books Ltd.
- Zamora, F. (2018). Barrel Aging; Types of Wood. In *Red Wine Technology* (o. 125–147). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814399-5.00009-8>
- Zhang, B., Cai, J., Duan, C. Q., Reeves, M. J., & He, F. (2015). A review of polyphenolics in oak woods. In *International Journal of Molecular Sciences* (Köt. 16, Szám 4, o. 6978–7014). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijms16046978>

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: CSÍZIK TAMÁS
A Hallgató Neptun kódja: RE5P9D
A dolgozat címe: Hordós érlelés hatásának tanulmányozása különböző szeszes italok – elsősorban whisky - esetén
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Biomérnök és Erjedéssipari Technológia Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

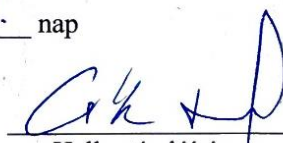
Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023. év május hó 2. nap


Hallgató aláírása

CSÍZIK

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Csizik Tamás (Neptun azonosítója: RE5P9D) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2023 év május hó 02. nap.



Dr. Kun Szilárd
Konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.