



Élelmiszertudományi Kar

Sör- és Szeszipari Tanszék

Bio alakor söripari felhasználhatóságának vizsgálása

OTDK dolgozat



TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0023

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujsechenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



A projektek a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap támogatásával valósultak meg.

Varga Áron
III. évf. BSc hallgató

Témavezetők:
Hegyesné dr. Vecseri Beáta
egyetemi docens
Fogarasi Attila Levente
PhD hallgató

Budapest
2012.

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	4
1. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
1.1 Alakor.....	5
1.1.1 Az alakor jellemzése	5
1.1.2 Az alakor története	5
1.1.3 Az alakor szem tulajdonságai	6
1.1.4 Az alakor jelentősége napjainkban	7
1.1.5 Az alakor jelenlegi felhasználása.....	8
1.2 A sörkészítés technológiája.....	9
1.2.1 Keményítő lebontása.....	9
1.3 Alternatív alap- és pótanyagok a sörfőzésben.....	11
1.3.1 Cefrőzés alternatív alapanyagból	12
1.3.1.1 Őrlemény: víz arányok hatása a cefrére	13
1.3.1.2 α -amiláz enzim aktivitásának mérése	13
1.3.1.3 A bekeverés hőmérsékletének hatása a cefre pH értékére	14
2. KÍSÉRLETI CÉLKITŰZÉSEK.....	15
3. ANYAGOK, MÓDSZEREK.....	16
1.4 Anyagok	16
1.4.1 A felhasznált alakor maláta malátázási paraméterei	16
1.5 Eszközök és módszerek	16
1.5.1 A hántolt és a hántolatlan alakor minősítése.....	16
1.5.1.1 Az alakor mechanikai vizsgálata.....	16
1.5.1.1.1 Osztályozottság vizsgálata	16
1.5.1.1.2 Ezerszem tömeg meghatározása.....	17
1.5.1.1.3 Hektolitertömeg meghatározása	17
1.5.1.2 Fehérjetartalom meghatározása Kjeldahl módszerrel	17
1.5.2 Malátaminősítési módszerek.....	19
1.5.2.1 Nedvességtartalom meghatározás	19
1.5.2.2 Csirizedési pont meghatározása.....	19
1.5.2.3 Kongresszusi (standard) cefrőzés.....	19
1.5.2.3.1 Alkohol és extrakttartalom meghatározás	20
1.5.2.3.2 Elcukrosodási idő (jódnormalitás) meghatározása.....	21
1.5.2.3.3 Szűrési idő	21
1.5.2.3.4 Malátalé színének meghatározása	22
1.5.2.3.5 Extrakt-differencia meghatározása.....	22
1.5.2.4 Négycefrés módszer Hartong-Kretschmer szerint	23
1.5.2.5 Szabad α -amino-nitrogén (SZAN) tartalom meghatározás.....	24
1.5.2.6 β -glükán tartalom meghatározása	25
1.5.2.7 A β -amiláz enzim hőmérséklet optimumának meghatározása.....	25
1.5.3 Sörfőzés félüzemi körülmények között.....	27
1.5.3.1 Sörfőzés.....	28
1.5.3.2 Sörlé erjesztés	31
4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	32
1.6 A hántolt és a hántolatlan alakor minősítésének eredményei	32
1.6.1 Az alakor mechanikai vizsgálatainak összesített eredményei.....	32
1.6.2 Az alakor fehérjetartalma.....	33
1.7 Maláta minősítés	34
1.7.1 Nedvességtartalom	34
1.7.2 Csirizedési pont	34
1.7.3 Kongresszusi (standard) cefrőzés eredményei	35

1.7.3.1	Elcukrosodási idő.....	35
1.7.3.2	Szűrési idő.....	35
1.7.3.3	Malátalevek színei.....	36
1.7.3.4	Extrakttartalom.....	36
1.7.3.5	Extrakt-differencia	37
1.7.4	Hartong-Kretschmer cefrőzés eredményei.....	37
1.7.5	Szabad α -amino-nitrogén (SZAN) vizsgálat eredményei	38
1.7.6	β -glükán vizsgálat eredményei	39
1.7.7	A β -amiláz enzim hőmérséklet optimumának vizsgálásának eredményei.....	40
1.8	Sörfőzés félüzemi körülmények között.....	41
1.8.1	Sörfőzés.....	41
1.8.2	Sörlé erjesztés	42
5.	ÖSSZEFOGLALÓ.....	44
6.	IRODALOMJEGYZÉK.....	46
	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	49

BEVEZETÉS

Dolgozatomban egy biotermesztésre alkalmas ősi gabonafélével, az alakorral foglalkozom. Célom a söripari felhasználhatóságának a vizsgálása, ugyanis az alakor tulajdonságainál fogva alkalmas magas biológiai értékű egészségvédő biosör előállításához. Egy ilyen jellegű sör kielégítheti több olyan fogyasztói csoport látens keresletét, akik például bio- vagy megnövelt élettani hatású élelmiszer iránt mutatnak igényt, mivel jelenleg még nincsen ehhez hasonló termék a hazai piacon, illetve külföldön is csak elenyésző mértékben fordul elő.

Hazánkban az alakor sör kifejlesztése egy konzorciumi kutatási pályázat keretében történik a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség támogatásával. A pályázatban résztvevők a következő feladatokat végzik: az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete az organikus termesztésre alkalmas alakor fajták nemesítését, a Körös-Maros Biofarm Kft. a fajta előállítást, a Budapesti Corvinus Egyetem Sör- és Szeszipari Tanszéke a malátázási és sörgyártási technológia kidolgozását, egy kisüzemi sörfőzde a sör kereskedelmi méretekben történő gyártását. A Biokontroll Hungária Nonprofit Kft. felügyeli az organikus termék előállítását, egyben kialakítja az organikus termék előállítás feltételrendszerét és módszertanát. Az én feladatom malátaminősítések és félüzemi sörfőzések végzése volt a 2011-es aratásból származó bio alakor felhasználásával a Budapesti Corvinus Egyetem Sör- és Szeszipari Tanszékén.

A kutatás célja egy biotermék előállítása, amelynek az összes lépését a többi gazdálkodási módoctól eltérően jogszabály írja elő, *A TANÁCS 834/2007/EK RENDELETE* (<http://eur-lex.europa.eu/>).

A biotermékeknek számos előnyük van az általános élelmiszerekhez képest. Magasabb a vitamintartalmuk és a szárazanyagtartalmuk, szűkebb a felhasználható adalék- és segédanyagok köre, tilos ionizáló sugárzást használni gyártásuk során, több egészségvédő anyagot tartalmaznak (pl. fenolokat), kevesebb növényvédőszer maradék és gombatoxin található bennük, génmanipulált szervezetektől és származékaiktól mentesek, jobb érzékszervi tulajdonsággal bírnak és kedvezőbb az aminosav összetételük. (<http://www.biokultura.org/>)

1. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1.1 Alakor

1.1.1 Az alakor jellemzése

Az alakor (*Triticum monococcum*) egy ősi gabonaféle. Rendszertanilag a *Triticum monococcum* faj a pázsitfűfélék (*Poaceae*) családjába és a búzanemzetségbe (*Triticum*) tartozik. (Borsos et al, 1994) Genetikailag a legalapvetőbb búzafajta, diploid kromoszómaszáma $2n = 14$, a genomja pedig AA. (Løje et al, 2003) Az alakort hegyvidéken 900 m-es magasságig lehet vetni, a kifejlődött növény kicsi, a terméshozama alacsony (<http://mek.niif.hu/> és Kole C., 2011), viszont a szalmája erős és szívós. A kenyérbúzával (*Triticum aestivum*) összehasonlítva, ellenállóbb a betegségekkel szemben, jobban tűri a szárazságot és a hideget (még decemberben is lehet vetni). (<http://mek.niif.hu/> és Løje et al, 2003).



1. ábra: Az alakor kalásza és szemei (<http://www.visualphotos.com/>)

1.1.2 Az alakor története

Az alakor Törökország hegyvidékeiről származik, a vad alakja (*Triticum boeoticum*) elszórtan még most is megtalálható Nyugat-Ázsiában, a Balkán déli részén és a Közel-Kelet északon lévő hidegebb esős vidékein. (Kole C., 2011 és Løje et al, 2003)

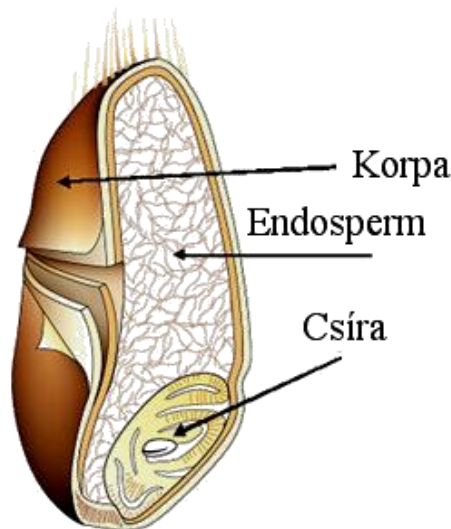
Az alakort néhány 10 000 éve keresztezték a Közel-Keleten, a tetraploid búzafajtákkal és az árpával (*Hordeum vulgare*) egyidőben. (Vallega, 1995) A Bronzkor után az alakort fokozatosan felváltotta a tönkebúza (*Triticum dicoccum*), a tönkölybúza (*Triticum spelta*) és az árpa (*Hordeum vulgare*). Ezért a termesztése nagymértékben visszaszorult Európában. Jelenleg a következő területeken

termesztik nagyobb mennyiségben: Törökország nyugati része, Balkán, Németország, Svájc, Spanyolország, Olaszország, Svédország Gotland nevű tartománya, Kaukázus. (Kole C., 2011)

Magyarországon a neolitikumban jelent meg, Kelet-Magyarországon rendszeresen termesztették, de jelentősége a termelékenyebb gabonafajták elterjedésével erősen csökkent. (<http://mek.niif.hu/>) A biogazdálkodás terjedése miatt újra egyre több helyen vetik Magyarországon, valamint új fajtákat is nemesítenek. (Kovács, 2008)

1.1.3 Az alakor szem tulajdonságai

Az alakor szemek egynyári, zárva termő száraz termések, amelyeket szemterméseknek hívnak. (Hidalgo, Brandolini, 2008) Az alakor szemtermését erős toklász veszi körül, ami védi a termést a rovarok és a szennyeződések ellen. A toklászt őrlés előtt le kell hántolni. A hántolt szemek jellemzően laposak, hosszúkásak és állaguk nagyon puha az egyéb búzafajtákhoz képest. A szemek kisebbek, mint a közönséges búzafajták szemei: az alakor ezerszem tömege 18,3-37 g közé esik, a hétköznapi búzafajtáké pedig 34-46,4 g közé. (Løje et al, 2003)



2. ábra: A búzaszem szerkezete (<http://www.iga.net/>)

Ha a magot megőrlik, három frakcióra válik szét: csíra, endosperm, korpa (2. ábra). A csíra és az endosperm a megtermékenyítési folyamat során keletkezik, míg a mag külső rétegei, amik a korpa nagy részét adják, már a megtermékenyítés előtt is megtalálhatóak. Az endosperm két részből áll, az aleuron-rétegből, és a keményítőt tartalmazó endospermből. Az aleuron-réteg a táplálósövet külső felületét borítja, őrlés során azonban leválik. A korpa a terméshéjból, a maghéjból, a hialuron-rétegből és az aleuron-rétegből áll. A csíra a mag teljes tömegének

2,5-3,8%-át, a keményítőt tartalmazó endosperm 80,1-86,5%-át, a korpa pedig 10,4-17,9%-át adja. A tápanyagok eloszlása a fent említett három frakcióban (csíra, endosperm, korpa) meglehetősen eltérő. A csíra különösen gazdag fehérjékben, zsírokban és tokoferolokban, míg az endosperm nagy mennyiségben tartalmaz tartalékfehérjéket (főleg gliadinokat és gluteineket) és szénhidrátokat. A korpának magas a hamu-, az ásványianyag- és a fehérjetartalma, illetve olyan antioxidánsokat is nagymértékben tartalmaz, mint a tokotrienolok és a fenolok. (Hidalgo, Brandolini, 2008)

A modern búzákkal szemben az alakorban levő gliadin kisebb mértékben káros a lisztérzékenyekre. Olyan sikért tartalmaz, ami a legtöbb gluténérzékeny ember számára biztonságos, és nem okoz olyan allergiás reakciókat, mint a jelenleg használt búzafajták sikérje. Az alakor gluténja eltér a legtöbb búzáétól, mert csak 14 kromoszómát tartalmaz szemben a tönke búza 28 és a modern búzák 42 kromoszómájával. Ez megváltoztatja a glutén felépítését, ami magyarázat lehet arra, miért viselik ezt jobban a gluténérzékenyek. (Pizutti et al, 2006)

1. táblázat: A hántolt alakorszem néhány összetevőjének mennyisége (Løje et al, 2003 nyomán)

Összetevő	Mennyiség, szárazanyagra vonatkoztatva (%)
Hamu	~2,2
Fehérje	12,5-25,2
Élelmi rost	8,7
Oldható rost	1,7

1.1.4 Az alakor jelentősége napjainkban

A fogyasztók azt várják a bioélelmiszerektől, hogy nagyobb tápanyagértékűek, egészségesebbek és élelmiszer-biztonsági szempontból kevésbé kockázatosak legyenek, mint az átlagos élelmiszerek. Ezeket a szempontokat figyelembe véve nagy jelentősége van annak, hogy hogyan állítanak elő egy élelmiszert, az adott termény mely fajtáját használják fel hozzá, és hogy a felhasznált termény milyen tápanyagértékkel rendelkezik. Így irányulhat az érdeklődés olyan speciális élelmiszer alapanyagok iránt, mint az alakor.

Az antioxidánsoknak nagy szerepe van a tápanyagérték javításában, ezért az antioxidánsok fontossága és az alakorral való kapcsolatuk kerül részletesen bemutatásra a következőkben.

Az élelmiszerekben lévő számos antioxidáns összetevő közül a zsíroldható antioxidánsoknak van nagy szerepük, mert hozzájárulnak a betegségek megelőzéséhez. A természetes eredetű antioxidánsok megfelelő alternatívát nyújtanak a bioélelmiszerek gyártásánál a szintetikus antioxidánsok helyett, mert szintén hozzájárulnak az élelmiszerek frissességének megőrzéséhez és

az eltarthatósági idő növeléséhez. A jelenlegi ismeretek szerint a búza, ami az emberiség egyik alapvető élelmiszere, nem csak energia és fehérje forrás, hanem zsíroldható antioxidánsok is találhatóak benne. A kenyérbúzának (*Triticum aestivum*) alacsony a karotinoid és a tokol (mindkettő zsíroldható antioxidáns) tartalma, ellentétben az alakor búzával. Az alakornak magas a zsíroldható antioxidáns tartalma, amit a 2. táblázat-ban látható adatok is alátámasztanak, emellett organikus termesztésre is alkalmas. (Kovács, 2008)

2. táblázat: Az alakor fajták zsíroldható antioxidánsainak mennyisége (Kovács, 2008 nyomán)

Gabona fajta	Lutein tartalom (µg/g)	Összes karotin tartalom (µg/g)	Tokol tartalom (µg/g)	Tokotriol/tokol arány
Mv 140 alakor	6,9	7,9	72,2	3,3
MvGB 4 alakor	8,5	9,6	78,7	3,6
Mv 794 alakor	6,6	7,6	73,9	3,8
Mv 347 alakor	7,8	8,7	82,5	4,4
Kenyérbúza kontroll	1,7	1,8	60,6	1,5

1.1.5 Az alakor jelenlegi felhasználása

Az alakort főleg monogasztrikus állatok takarmányozásához (hántolt formában) és egész vagy darált formában gabonából készült élelmiszerekhez használják fel. Spanyolországban kását, Törökországban burgult (tört búzából készült köret ételekhez), Észak-Európában pedig müzlit és zabkását készítenek belőle. Gyakori feljegyzések vannak arról, hogy az alakor szalmáját tetőfedésre, kötözésre, kalapkészítésre és kosárfonáshoz használják. Elvértve arról is beszámolnak, hogy Spanyolországban kovászos kenyeret, száraztésztákat, sört, a volt Jugoszlávia területén pedig szintén kovászos kenyeret illetve édességeket csinálnak az alakorból. (Vallega, 1995)

1.2 A sörkészítés technológiája

A sörgyártás három fő műveletköre:

- sörfőzés (malátaőrlés, cefrőzés, cefreszűrés, komlóforralás)
- erjesztés (sörlé kezelése, fő- és utóerjesztés)
- a kész sör kezelése (szűrés, stabilizálás, fejtés)

Egy új alapanyag bevezetése a sörkészítésbe számos kérdést vet fel. A legmeghatározóbb technológiai lépésnek a cefrőzést tekintjük, hiszen a cefrőzés során lejátszódó fizikai és biokémiai folyamatok határozzák meg a sörlé összetételét, ezen keresztül befolyást gyakorolnak az erjesztésre, a kész sör összetételére, érzékszervi tulajdonságaira. Az alapanyagok legértékesebb komponensének a keményítőt tekintjük. A keményítő kinyeréséhez ismernünk kell annak összetételét, fizikai tulajdonságait, a biokonverziót végző enzimek hatásmechanizmusát.

1.2.1 Keményítő lebontása

A söripari cefrőzés legfontosabb enzimes folyamata a **keményítőbontás**. A malátakeményítő szemcsék formájában halmozódik fel, amilóz és amilopektin elegye. A keményítőszemcsék oldódása a vízzel való keverés és melegítés közben több lépcsőben megy végbe, miközben mechanikai, kémiai és enzimes folyamatok játszódnak le. Az enzimek a keményítőben lévő kötések hidrolízisét illetve szintézisét specifikusan katalizálják.

A keményítőbontást a söripari cefrőzés során gyakorlatilag két enzim, az α - és a β -amiláz végzi. A β -amiláz exoenzim (EC 3.2.1.2.) már a nyugvó állapotú árpában is megtalálható, mégis jórészt csak a csírázás alatt aktiválódik aktivátorok segítségével vagy az inhibítorok lebontása (a protoplazmatikus kötésből történő felszabadítása) révén. A keményítő α -1,4-es glikozidos kötésének hidrolízisét végzi. Az enzim csak a nem redukáló láncvéget képes megtámadni és onnan maltóz egységeket lehasítani kötéseit (Hoschke, 1985). Az α -amiláz enzim (EC 3.2.1.1.) az árpa csírázása során keletkezik. Mennyiségét a csírázás paraméterei - oxigén, nedvességtartalom, hőfokvezetés – jelentősen befolyásolják (Narziss, 1992). Az α -amiláz enzim szintén csak a keményítő α -1,4-es glikozidos kötéseit bontja, random módon támadja meg a keményítő molekulát.

A cefrőzés során a keményítőbontás a két maláta eredetű amiláz enzim hatására következik be. A cefrében 60-65°C-os hőmérsékleten a β -amiláz enzim erjeszthető szénhidrátokra és β -határdextrinekre, 70-75°C-os hőmérsékleten az α -amiláz enzim túlnyomó részt nem erjeszthető szénhidrátokra bontja a keményítőt. Az előbbinek a sör alkoholtartalma szempontjából, az utóbbinak a kész sör teltsége, habzási képessége szempontjából van jelentősége.

A keményítőátalakulás szakaszai

A keményítőbontás három szakaszból áll: a csirizedésből, az elfolyósodásból és a cukrosodásból. Ezeknek a sorrendje megváltoztathatatlan, viszont a szakaszok átnyúlhatnak egymásba, illetve összeolvadhatnak.

Melegvizes oldatban lévő keményítőszemcsék nagy mennyiségű vizet vesznek fel, aminek következtében a szilárd keményítőszemcsék megduzzadnak, és erősen viszkózus oldat keletkezik. Ezt a jelenséget nevezzük **csirizedésnek**, aminek az a jelentősége, hogy a csirizedés után az enzimek hozzá tudnak férni a keményítőhöz. A vízfelvétel és a csirizedés függ a hőmérséklettől, a felmelegítés gyorsaságától, a közeg pH-jától, illetve attól, hogy milyen eredetű a keményítő.

A keményítőcsiriz további átalakulása az **elfolyósodás**. Azért következik be, mert az α -amilázok a keményítőt rövidebb láncokra bontják, ezért csökken a viszkozitás.

A **cukrosodás** az elfolyósodott keményítő maltózokká és dextrinekké való maradéktalan lebontása az amilázok segítségével. Az α -amiláz 70-75°C-on az amilóz és az amilopektin láncait dextrinekké bontja. A keletkező láncokból a β -amiláz 60-65°C-on a nemredukáló láncvégektől kezdve maltózokat hasít le. Ez a folyamat tovább tart, mint a hosszabb láncok bontása az α -amilázok által. A láncok eltérő hosszúsága miatt a maltózokon kívül egyéb cukrok, glükózok és maltotriózok is képződnek. A cukrosodás akkor ér véget, amikor a jódpróba pozitív lesz. (Kunze, 1983)

1.3 Alternatív alap- és pótanyagok a sörfőzésben

A sörfőzéshez nem csak árpamalátát, hanem egyéb keményítőtartalmú alapanyagokat is felhasználhatnak. A sörfőzési eljárások és berendezések alapvetően árpamalátára vannak kidolgozva és optimalizálva, ezért ha sörfőzésnél alternatív alap- és pótanyagokat használnak, akkor tudni kell, hogy miben különböznek az árpamalátától és milyen jellemző tulajdonságaik vannak. A szakirodalom áttanulmányozása során, számos olyan irodalmi forrást találtam, ahol különböző alapanyagokat vizsgáltak söripari felhasználhatóság szempontjából.

Arendt és Dal Bello (2008) gluténmentes sör előállításához alkalmas gabonafélékkel foglalkozó kísérletek eredményeit elemezték. Ezeknek az alternatív alapanyagoknak a malátázatlan és malátázott formáját jellemezték részletesen. A 3. táblázat-ban ezeket a különbségeket és tulajdonságokat foglaltam össze.

3. táblázat: Az árpa/árpamalátá/ és az alternatív sörfőzési alapanyagok, illetve a belőlük készült maláták közötti főbb különbségek (Arendt és Dal Bello, 2008 nyomán)

Alternatív alapanyag		Eltérések az árpától	Eltérések az árpamalátától
Amaránt	malátázatlan	Nagyobb keményítő tartalom	
Cirok	maláta		Kisebb diasztáz aktivitás, rossz fehérjebontottság
Hajdina	malátázatlan	Kisebb enzimaktivitás	
	maláta		Kisebb enzimaktivitás
Köles	malátázatlan	Nagyobb zsírtartalom	
Kukorica	malátázatlan	Nagyobb zsírtartalom	
	maláta		Nagyobb zsírtartalom
Quinoa	malátázatlan	Magas amilopektin tartalom	
	maláta		Nagyobb extrakttartalom
Zab	malátázatlan	Nagyobb héj/szem arány, alacsonyabb extrakttartalom, nagy β -glükán tartalom	
	maláta		Alacsony α - és β -amiláz tartalom, rossz fehérjebontottság

A 3. táblázat adataiból jól látható, hogy az egyes alapanyagok bizonyos tulajdonságcsoportjaikban térnek el az árpától/árpamalátától. Vannak olyan alapanyagok, amelyek enzimaktivitása alacsonyabb az árpáénál, ezek malátájának enzimaktivitása szintén elmarad az árpamalátától. A sörgyártás szempontjából nemkívánatos vegyületeket is tartalmazhatnak, mint például a kukoricában lévő zsír. Ezeket a tulajdonságokat a sörfőzés során figyelembe kell venni és megfelelő technológiai lépésekkel kiküszöbölni.

A söripari cefrézés szempontjából döntő kérdés az alapanyag keményítőjének szerkezete, elcsirizedési hőmérséklet tartománya. Arendt és Da Bello (2008) a gluténmentes sör előállítására alkalmas alapanyagok összehasonlítása során elemezték az egyes keményítőforrások

elcsirizedését. A klasszikus söripari alap és pótanyagok keményítőit Boulton és munkatársai (2004) vizsgálták. Az alábbi táblázatban foglalom össze ezeket az adatokat.

4. táblázat: A különböző keményítőforrások csirizedési tartománya az árpamalátához képest (Arendt és Dal Bello, 2008 és Boulton et al, 2004 nyomán)

Keményítőforrás	Csirizedési tartomány (°C)
Árpa	60-62
Árpamaláta	64-67
Burgonya	56-71
Búza	52-66
Cirok*	69-75
Köles*	54-80
Kukorica*	62-67
Nyílgyökér	67-85
Quinoa	60-71
Rizs*	61-82
Rozs	49-61
Tápióka	63-80
Zab	52-64

***Ezeket a keményítőforrásokat cefrézés előtt főzéssel mindenképpen fel kell tární, a többi keményítőforrás esetén jobb lesz az átalakulás, ha cefrézés előtt főzéssel feltárjuk őket.**

A 4. táblázat-ból jól látható, hogy az árpának és az árpamalátának jóval szűkebb az elcsirizedési tartománya, mint a többi alapanyagnak. Ez azért előnyös, mert ezáltal jobban kézbe tartható a cefrézési technológia.

A többi alternatív alapanyagnál az elcsirizedési intervallum igen széles. Ez magyarázható azzal, hogy a fajták és a termesztési körülmények befolyásolják a keményítő szerkezetét, ezért minden bevezetésre kerülő alapanyag esetében célszerű meghatározni az elcsirizedési hőmérsékletet.

1.3.1 Cefrézés alternatív alapanyagból

Kutatómunkám célja egy új alapanyag, az alakor söripari felhasználhatóságának vizsgálata. A szakirodalom áttanulmányozása során nem találtam sem az alakor sem az alakorhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkező alapanyagok cefrézésével kapcsolatos kísérleteket, ezért egy másik alternatív alapanyaggal foglalkozó laboratóriumi cefrézési kísérletet mutatok be, amit Arendt és Wijngaard (2006) végeztek hajdinamalátával. Kísérleteik során megvizsgálták az őrlemény:víz arányok hatását a cefre elcsirizedési hőmérsékletére, az α -amiláz enzim aktivitásának hőfokfüggését valamint a bekeverés hőmérsékletének hatását a cefre pH értékére és eredményeiket összehasonlították az árpamaláta cefre tulajdonságaival.

1.3.1.1 Őrlemény:víz arányok hatása a cefrére

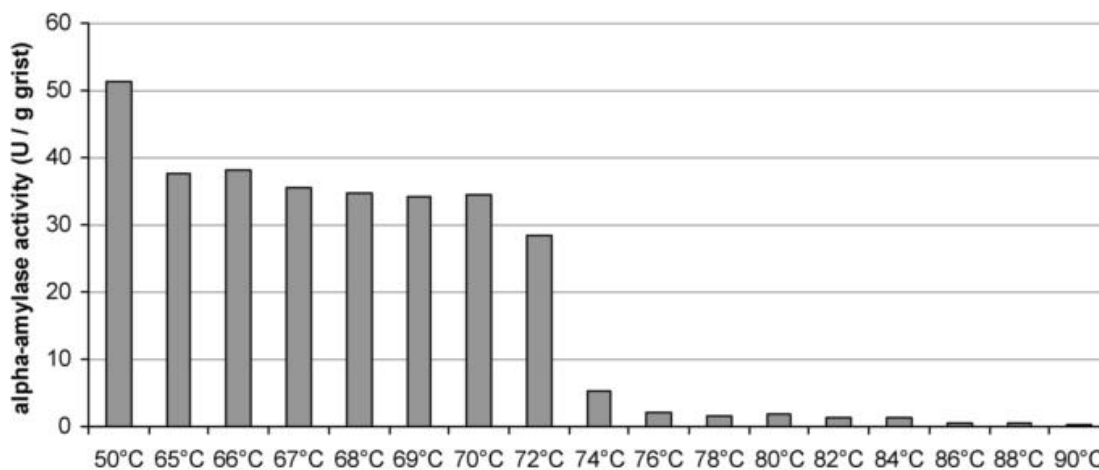
5. táblázat: A különböző őrlemény:víz arányú cefrék csirizesedési pontja (Arendt és Wijngaard, 2006)

Őrlemény típusa	Őrlemény:víz arány	Csirizesedési pont (C°)
Hajdinamaláta	1:3	74
Hajdinamaláta	1:3,5	69
Hajdinamaláta	1:4	67
Hajdinamaláta	1:4,5	67
Árpamaláta	1:4	62

A 5. táblázat adataiból látható, hogy az árpamalátából készült cefrének kisebb a csirizesedési hőmérséklete, mint a hajdinamalátából készülté, ha az őrlemény:víz arány mindkét esetben 1:4. A szerzők az elcsirizesedési hőmérséklet különbségek okait azzal magyarázzák, hogy az árpamalátának nagyobb az enzimaktivitása. A hajdinamaláta esetében megállapították, ha nagyobb a cefrekoncentráció, akkor a csirizesedési hőmérséklet is magasabb. Ennek okát abban látták, hogy nagyobb cefrekoncentráció esetén nagyobb a védőkolloid hatás, ezért az α -amiláz enzim nem tud megfelelően bontani.

1.3.1.2 α -amiláz enzim aktivitásának mérése

Arendt és Wijngaard (2006) az α -amiláz aktivitását az ICC 303-as standard módszer szerint vizsgálta. Eredményeik a 3. ábra-n láthatók.



3. ábra: Az α -amiláz aktivitása a cefrőzés különböző hőmérsékletein (Arendt és Wijngaard, 2006)

6. táblázat: A hajdinamaláta és az árpamaláta α -amiláz enzimének összehasonlítása (Arendt és Wijngaard, 2006 és Boulton et al, 2004 nyomán)

Örlemény típusa	α -amiláz aktivitásának maximuma ezen a hőmérsékleten van (°C)	α -amiláz aktivitása ezen a hőmérsékleten jelentősen csökken (°C)
Hajdinamaláta	50	78
Árpamaláta	70	75

A 3. ábra-ban látható hogy a hajdinamaláta α -amiláz aktivitásának tartománya 50-72°C között kisebb mértékben, 74°C fölött drasztikus csökken.

A 6. táblázat-ban összehasonlítottuk a hajdina és az árpamaláta α -amiláz enzimének hőmérséklet optimumát és inaktiválódási hőmérsékletét.

1.3.1.3 A bekeverés hőmérsékletének hatása a cefre pH értékére

A kutatók vizsgálták a különböző bekeverési hőmérsékletek hatását a cefre pH-jára. Eredményeiket a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: A különböző hőmérsékleten történő bekeveréseknél mért pH értékek hajdina malátákkal való cefrézések esetén (Arendt és Wijngaard, 2006)

Bekeverési hőmérséklet (°C)	30	35	40	45	50	55
pH érték a bekeverésnél	6,07	6,00	6,01	6,02	6,04	6,02

A 7. táblázat adataiból jól látható, hogy nincsen számottevő különbség a különböző hőmérsékleten történő bekeverések pH értékei között. Az irodalmi adatok alapján viszont megállapították, hogy a pH értékek magasabbak az árpamalátával való bekeverésnél, mivel ott a pH 5,6-5,9 közé esik. (Arendt és Wijngaard, 2006)

2. KÍSÉRLETI CÉLKITŰZÉSEK

Tudományos Diákköri munkámmal a Sör- és Szeszipari Tanszéken folyó kutatómunkába kapcsolódtam be. A kutatás célja egy alakorból készült, organikus termesztésből származó, egészségvédő sörcsalád előállítása.

A feladatom a sörfőzés – ezen belül a cefrőzés – félüzemi körülmények közötti modellezése volt. A sört akkor nevezhetjük alakor sörnek, ha a felhasznált alapanyagok legalább 51%-a alakor. A félüzemi sörfőzések során ennek megfelelően 49% bioárpamalátát és 51% alakort használtuk fel. A tanszéken végzett laboratóriumi cefrőzések eredményeként az alakort malátázott (hántolatlan) és malátázatlan (hántolt) formában használtuk fel, fele-fele arányban.

A munka az alábbi fázisokból állt:

1. a hántolt és a hántolatlan alakor minősítése
 - mechanikai tulajdonságok meghatározása
 - fehérjetartalom mérése
2. az alakor maláta minősítése
 - a csírizesedési hőmérséklet meghatározása
 - kongresszusi cefrőzési eljárás (elcukrosodási és szűrési idő)
 - Hartong cefrőzési eljárás
 - extrakttartalom meghatározás
 - szín meghatározás
 - szabad aminonitrogén mérés
 - β -glükán mérés
 - β -amiláz hőmérséklet optimumának meghatározása
3. sörfőzés félüzemi körülmények között infúziós eljárással
 - a kész sör paramétereinek meghatározása
4. sörfőzés félüzemi körülmények között dekokciós eljárással
 - a kész sör paramétereinek meghatározása

3. ANYAGOK, MÓDSZEREK

1.4 Anyagok

A kísérletekhez felhasznált anyagok:

- Alakor: 2011-es aratásból származó MV Bio alakor
- Bio árpamaláta: pilseni típusú
- Malátázott alakor: MV Bio alakor-ból malátázott, a maláta előállítási paramétereit a 1.4.1 fejezetben közlöm
- Bio komló pellet, keserű és aromakomló
- Élesztő: WS 34/70 törzs

1.4.1 A felhasznált alakor maláta malátázási paramétereit

Kísérleteimhez a 2011-es aratásból származó alakor malátájával dolgoztunk. A tanszéken folyó malátázási kísérletekből származó legjobb minőségű alakor malátát használtuk fel kísérleteinkhez. A maláta előállításának paramétereit az alábbiak voltak:

- Áztatás: két ciklusban 20 órán keresztül 15°C-os vízben, közben 5 órás pihenő 17°C-os levegő áramoltatással
- Csíráztatás: 5 napon keresztül 45-47%-os nedvességtartalom mellett 26°C-os hőmérséklettől 22°C-ra csökkentve a csíráztatás végére a hőmérsékletet
- Aszalás: 20 óra 50°C-on, 2 óra 68°C-on, 4 óra 83°C-on

1.5 Eszközök és módszerek

1.5.1 A hántolt és a hántolatlan alakor minősítése

1.5.1.1 Az alakor mechanikai vizsgálata

1.5.1.1.1 Osztályozottság vizsgálata

A módszer alapelve: Mechanikai rázással történő szemnagyság szerinti osztályozás, majd a frakciók mérése után a szemnagyság szerinti eloszlás %-os kifejezése.

A módszer menete: A mérést rázószervezetre helyezhető, szabványos méretű szitasorral végezzük, melyek lyukátmérője növekvő sorrendben: 2,2; 2,5; 2,8; 3,55 mm. 100 g homogenizált gabonamintát táramérlegen lemérünk, majd a felső szitára öntjük és pontosan 5 percig rázzuk. A fél és idegen szemeket kiszedjük és a rostafenéken összegyűlt rostaaljhoz adjuk. Az egyes frakciók tömegét ezután mérjük és az összes tömeg százalékában adjuk meg.

1.5.1.1.2 Ezerszem tömeg meghatározása

A módszer alapelve: Egy adott alakoradag tömegének pontos ismeretében az adagban lévő szemek megszámlálása.

A módszer menete: Homogenizált alakorból 40 g-os adagokat mérünk le, majd megszámloljuk az így készített mintában lévő alakorszemeket. Az idegen és fél szemeket külön kell válogatni és ezeknek a tömegét a számolásnál le kell vonni.

1.5.1.1.3 Hektoliter-tömeg meghatározása

A módszer alapelve: Egy ismert űrtartalmú mérőhengerbe meghatározzuk az alakor tömegét, majd hektoliterre vonatkoztatjuk.

A módszer menete: A mérőhenger tömegét mérlegen megmérjük, majd pontosan 0,5 liter alakort töltünk bele ügyelve arra, hogy ne rázzuk össze a hengert. Ezután megmérjük az együttes tömegét, majd levonjuk belőle a mérőhengerét. A kapott eredményt hektoliterre átszámítjuk.

1.5.1.2 Fehérjetartalom meghatározása Kjeldahl módszerrel

A Kjeldahl feltárás során a nitrogén-tartalmú vegyületeket (fehérjéket, aminokat, szerves anyagokat) határozzuk meg. Az általánosan alkalmazott módszerek a fehérjék legtöbbjére egységesen jellemző tulajdonságok mérésén alapulnak. Ilyen lehet például a minden fehérjében megtalálható peptid kötés, ami nitrogént tartalmaz. A fehérjék elroncsolásával nitrogénhez jutunk, és a fehérjékben lévő összes nitrogént határozzuk meg. A módszer azon a megfigyelésen alapul, hogy a fehérjék legtöbbjében, az azokat alkotó elemek közül a nitrogén aránya viszonylag állandó, értéke 16% körül mozog. Ezek alapján, a mért nitrogéntartalomból egy szorzófaktor segítségével meghatározható a fehérje mennyisége, ez a faktor általánosságban: $100/16 = 6,25$.

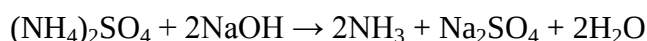
A módszer menete: A módszer alapvetően három fő lépésre osztható: roncsolás, desztillálás, titrálás.

Roncsolás – azaz a szerves minta nitrogéntartalmú vegyületeinek tömény savval történő lebontása. Végrehajtása úgy történik, hogy a homogén minta 1,5 g-ját 20 ml tömény kénsavban forraljuk. Hozzáadunk még kb. 10 g kalcium-szulfátot, mely felemeli a kénsav 330°C forróját 370°C-ra, kb. 1,5 g rézszulfát katalizátort és horzsakövet. E lépés eredményeképpen a nitrogéntartalmú vegyületekből ammónium-szulfát keletkezik. Egy szerves minta roncsolási folyamata az alábbi általános képlettel jellemezhető:

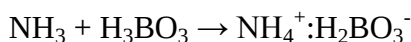


A szerves minták elsőként elszéneseznek és elfeketednek. A szerves alkotók lebomlását követően a minta CO₂ fejlődése közben fokozatosan kitisztul. Ugyanakkor a fémes alkotók továbbra is kékes-zöldes színűre festhetik a tiszta oldatot. Az oldat kitisztulását követően még fél órát forraljuk, hogy a kötött nitrogénvegyületek is oldatba kerüljenek, de közben figyelünk arra, hogy ne érjük el a 390-400°C-ot, mert a nitrogén elemi állapotba kerülne és eltávozna. Lehűtés után 100 ml csapvízzel visszaoldjuk a kikristályosodott sókat.

Desztilláció – e lépés során a savas roncsolmányhoz főlegben 100 ml 33%-os NaOH oldatot adunk, ezáltal az abban megtalálható ammónium, illékony (gáz halmazállapotú) ammóniává alakul.



A felszabadult ammóniát kiforraljuk az oldatból és kondenzációt követően elnyeletjük egy másik edényben található szedő folyadékban, mely 80 ml 4%-os bórsav oldat. A bórsav megköti a keletkező ammónia gázt és egy ammónium-borát komplexet képez.



Titrlás – melynek során meghatározzuk a fogadó oldatban elnyelődött ammónia mennyiségét. 0,1 n kénsavval titrljuk, miközben az ammónium-borát komplex sztöchiometrikus mennyiségben semlegesítődik. Egy speciális keverék indikátort alkalmazunk, melynek összetétele: 0,1 g brómkrezorzöld 100 ml etil-alkoholban oldva és 0,1 g metilvörös indikátor 40 ml etil-alkoholban oldva. Amíg lúgos a közeg, addig kék színű az oldat, az átcsapáskor szürkés, savban pedig rózsaszín.

Számolás:

$$N = (\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ fogyás} \times f_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 0,0028016 \times 100) / m \text{ [\%]}$$

Ahol:

N a nitrogéntartalom

f_{H₂SO₄} a kénsav faktora

m a bemért alakormennyiség pontos tömege

$$\text{NyF} = 6,25 \times N \text{ [\%]}$$

Ahol: NyF az alakor nyersfehérjetartalma

Minden vizsgálatot a Brautechnische Analysenmethoden (MEBAK, 1993) analitikai eljárásai szerint végeztünk el.

1.5.2 Malátaminősítési módszerek

1.5.2.1 Nedvességtartalom meghatározás

5 g mintát bemérünk analitikai mérlegen egy ismert tömegű Petri-csészébe, és behelyezzük az előre melegített 105°C-os szárítószekrénybe három órára. Utána exikátorban hűlni hagyjuk szobahőmérsékletig. Ezt követően lemérjük analitikai mérlegen a tömeget, és a különbségből kiszámoljuk a nedvességtartalmat.

$$W = [(m_0 - m_1) / m_0] \cdot 100$$

Ahol: m_0 a bemert minta tömege (g)

m_1 a szárítás után kapott minta tömege (g)

W a nedvességtartalom (%)

Méréseink során három párhuzamos mérést végeztünk.

1.5.2.2 Csirizedési pont meghatározása

Minta előkészítés:

- Finomőrlemény készítése (EBC malom)
- Víz hozzáadás, elkeverés
- Centrifugálás (4°C-on, 8000 rpm, 15 perc)
- Keményítő-frakció elválasztása

Bemérés: 100 ml keményítő-szuspenziót 400 ml desztillált vízzel elkeverve kb. 1:4 arányú őrlemény: víz arányt modelleztünk. Az enzimaktivitás csökkentéséhez 10 ml pH 4,2 acetát-puffert adagoltunk.

A Standard eljárás lépései:

- 1,5°C/perc sebességgel felfűtés 95°C-ig
- Hőntartás 1 órán keresztül
- 1,5°C/perc sebességgel hűtés 50°C-ig
- Hőntartás 1 órán keresztül
- Hűtés szobahőmérsékletre

1.5.2.3 Kongresszusi (standard) cefrézés

A kongresszusi sörlé készítés szabványosan előírt malátaminősítési módszer. A maláta minőségét, söripari felhasználhatóságának meghatározó paramétereit vizsgálják vele. A cefrézést szabványosított laboratóriumi cefréző berendezésen végeztük, standardizált cefrézési folyamattal készítettünk sörlét finom illetve durva őrleményből. Kísérleteink során a különböző gabonákból készült maláták és malátázatlan gabonák paramétereit vizsgáltuk.

Eszközök: EBC malom, táramérleg, 1-CUBE cefrésző berendezés

A mérés menete: A cefrésző berendezés egy-egy edényébe 50 g finom (1 mm szitanyuk méretbeállítás mellett daráljuk), illetve 50 g durva (2,5 mm szitanyuk méretbeállítás mellett daráljuk) őrleményt mérünk. Majd az edényekben lévő őrleményeket 200 ml 45°C-os desztillált vízzel csomómentesre keverjük, a 45°C-on lévő cefrészőbe helyezzük és pontosan 30 percig ezen a hőfokon tartjuk, miközben a keverővel 100 fordulat/perc sebességgel keverjük. Ezután 1°C/perc sebességgel 70°C-ig emeljük a hőmérsékletét, és hozzáöntünk 100 ml, szintén 70°C-os desztillált vizet. 10 perc elteltével jódpróbát végzünk 0,02 n kálium-jodidos jód oldattal az elcukrosodási idő meghatározása céljából. Amennyiben nem jódnormál a kivett mintánk, a mintavételt és a próbát 10 percenként megismételjük, maximum 1 órán keresztül. Az elcukrosodás a keményítő jelenlétének megszűnését jelzi. Miután elcukrosodott a cefre (vagy letelt az 1 óra), a tömegét 450 g-ra desztillált vízzel kiegészítjük, majd szűrőpapíron leszűrjük. A szűrési időt mérjük, éppen ezért fontos, hogy az összes mintát egyszerre öntsük a szűrőpapírra. A szűrlet első 100 ml-ét visszaöntjük a szűrőre, majd addig szűrünk, amíg a szűrőn levő maradék száraznak nem látszik, vagy ha lassú a szűrés, akkor 2 óra hosszat. A lombikban összegyűlt szűrletet jól összekeverjük, és azt használjuk továbbiakban a mérésekhez.

Eredmény értékelése: A kongresszusi sörle extrakttartalmát söranalizátorral határozzuk meg, majd ebből számoljuk ki a maláta extrakttartalmát:

$$E (\%) = [P (N+800)] \times (100-P)$$

$$E' (\%) = (100 \times E) \times (100- N)$$

Ahol:

E: légszáraz maláta extrakttartalma %-ban

P: malátalé extrakttartalma m/m %-ban (Plato)

N: a maláta nedvességtartalma m/m %-ban

E': a maláta extrakttartalma szárazanyagra átszámítva m/m %-ban

Az eredményt egy tizedes pontossággal adjuk meg.

1.5.2.3.1 Alkohol és extrakttartalom meghatározás

A leszűrt, szobahőmérsékletű sörleminták alkohol és extrakttartalmát az ANTON-PAAR söranalizátor DMA 4500 típusú sűrűségmérőjével határoztuk meg. Az eredményeket a mérőműszerrel összekötött számítógépről olvassuk le.

A söranalizátor részei:

- Söranalizátor alap berendezés (Alcolyzer Plus) (felső egység)
- Sűrűségmérő (DMA 4500 típusú) (alsó egység)

A mérés elve:

Sűrűségmérő: a minta (sör, sörlé) sűrűségét egy oszcilláló U csöves sűrűségmérő állapítja meg. A berendezés 0-3 g/ml méréstartományban működik. Az eredményt öt tizedes pontossággal adja meg.

Sőranalizátor: a NIR (közei infravörös) spektrum egy keskeny, alkoholra specifikus tartományát méri egy erre az alkalmazásra kifejlesztett nagy felbontású spektrométer, majd egy megfelelő algoritmus segítségével számolja ki az alkohol koncentrációját. Ebben a bizonyos spektrum tartományban a sör többi alkotójának befolyásoló hatása olyan kicsi, hogy rendkívül pontos értéket ad meg a berendezés az alkohol mennyiségére nézve. A berendezés 0-2 térfogat % tartományban tud mérni.

A sőranalizátor berendezés az így kapott két értékből – a sűrűségből és az alkoholtartalomtól, speciális egyenletek (úgy nevezett *Tabarié képlet*) segítségével számolja ki a többi paramétert.

1.5.2.3.2 Elcukrosodási idő (jódnormalitás) meghatározása

A módszer alapelve: A keményítő a jóddal kék színreakciót ad, így nyomon tudjuk követni a keményítő lebontását.

Eszközök: mintavevő bot, porcelántányér, cseppentő

Anyagok: 0,02 n kálium-jodidos jóddoldat

Módszer: A Kongresszusi módszerrel készült sörlével végezzük a vizsgálatot. 10 perccel azután, hogy a cefre eléri a 70°C-ot, egy csepp mintát veszünk mintavevő bot segítségével porcelántányérra, és egy csepp jódot adunk hozzá. A próbát 10 percenként megismételjük egészen addig, amíg a szürkés-kék elszíneződés már nem látszik, vagyis amíg tiszta sárga elszíneződés marad a porcelántányéron. Ilyenkor már nincs jelen keményítő, a cukrosodás befejeződött.

Az eredmény értékelése: Az elcukrosodás eredményét percben adjuk meg, például: 10 perc, 20 perc stb. Ha a cukrosodás egy órán belül sem teljes akkor ezt kell megadni: nem cukrosodott. A jódnormalitást csak finomdara cefrézésekor kell megadni.

1.5.2.3.3 Szűrési idő

Eszközök: redős szűrőpapír, tölcsér, Erlenmeyer lombik, stopper

Anyagok: kovaföld a szűréshez

A módszer menete: A szűrési idő meghatározásához a lehűtött cefre teljes mennyiségét redős szűrőpapíron szűrjük át és mérjük a teljes szűrlet lefolyásának idejét.

1.5.2.3.4 Malátalé színének meghatározása

A módszer alapelve: Spektrofotométerrel pontosan 430 nm hullámhosszon mérjük az abszorbanciát, majd az értékeket megszorozzuk a megfelelő faktorral, így a szint EBC egységben kapjuk meg.

Eszközök: spektrofotométer, 10 mm hasáb alakú küvetták

Módszer: A mintákat szükség szerint hígítani kell olyan mértékben, hogy a leolvasott abszorbancia érték 0,8 alatt legyen. A szűrés elhagyható, ha a hígított minta zavarossága kisebb 1,0 EBC egységnél. Sörlémintáknál 0,1% kovaföld adagolása után előszűrést kell alkalmazni. A mérés megkezdése előtt a fotométert desztillált vízzel nullázzuk, majd a küvettákat a vizsgálandó mintákkal töltjük meg és mérjük az abszorbancia értékeket.

Az eredmény értékelése: Az EBC egységben kifejezett szint a következő képlettel számítjuk:

$$\text{Szín (EBC)} = 25 \times f \times A_{430}$$

Ahol: f : a hígítás értéke

A_{430} : a 430nm-en leolvasott abszorbancia értéke

Az eredményt két értékes számjegyre kell megadni.

1.5.2.3.5 Extrakt-differencia meghatározása

A módszer alapelve: Ugyanazon maláta finom és durva őrlményeiből kongresszusi cefrézéssel meghatározzuk a maláta extrakttartalmát, majd a kettő különbségét képezve megkapjuk a differenciát.

Az eredmény értékelése: A finom és a durva őrlmény extrakttartalma közötti különbség. A finomdarából és a durvadarából számított, a vízmentes extrakttartalmakat egymásból kivonva, a kapott differenciaértékekből a maláta oldottságára következtetünk. A differencia (továbbiakban: D) értékét egy tizedes pontossággal adjuk meg. Az EBC malmon őrlt maláták oldottságát különböző D értékeknél a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat: A különböző malmokon őrlt maláták D értéke illetve a maláta oldottsága

Extrakt-differencia (D) EBC malom esetén	Oldottság
<1,3	Nagyon jó
1,3-1,9	Jó
2,0-2,6	Normális
2,7-3,3	Gyenge
>3,3	Rossz

1.5.2.4 Négycefrés módszer Hartong-Kretschmer szerint

A módszer alapelve: A maláta oldási fokának meghatározása érdekében négy különböző hőmérsékleten végzünk cefrézést, majd az így készült sörlevekből meghatározott extrakttartalmakat hasonlítjuk össze a kongresszusi sörlebből meghatározottakkal.

Eszközök: EBC malom, táramérleg, 1-CUBE és Bender & Hobein cefrésző berendezések, redős szűrőpapír, tölcsér, Erlenmeyer lombik

A módszer menete: Minden egyes cefrőzéshez 50 g finomőrleményt mérünk be a cefrésző berendezés edényeibe. A cefrézést 20, 45, 65, és 80°C-on végezzük. Az egyes edényekbe 350 ml desztillált vizet öntünk, kivéve a 20°C-at, amelybe 380 ml-t. Az őrleményt csomómentesre keverjük, majd behelyezzük a cefrészőbe, és 200 fordulat/perc sebességgel keverjük, és 5 perc elteltével a 80°C-os cefre keverési sebességét 100 fordulat/percre vesszük le. 30 perc elteltével a 20°C-os cefre kivételével mindegyik cefréhez 50 ml, megfelelő hőmérsékletű desztillált vizet adunk. A 20°C-os cefrénél 55, míg a többi cefrénél 60 perc hőntartás után befejezzük a cefrézést. A 45 illetve 65°C-os cefréket először lehűtjük 20°C-ra, kiegészítjük 450 g-ra, majd leszűrjük. A 80°C-os cefrét vagy forrón szűrjük, vagy pedig hűtjük és centrifugáljuk. A 20°C-os cefrét dekantáljuk. Az így kapott sörlevek extrakttartalom értékeit ismét a söranalizátoron mérjük.

Számítás:

Viszonyszám (VSZ) = Extrakttartalom/Standard Extrakttartalom x 100

A viszonszám számításakor szárazanyagra vonatkoztatott extrakttartalommal számolunk.

9. táblázat: A Viszonyszám standard értékei

Hőmérsékleti értékek (°C)	Viszonyszám standard
20	24,0
45	36,0
65	98,7
80	93,7

Hartong-szám = (VSZ 20°C + VSZ 45°C + VSZ 65°C + VSZ 80°C)/4 – 58,1

10. táblázat: A Hartong-szám eredményeinek kiértékelése

Eredmény	Értékelés
0-3,5	Nem oldott, oldási határ alá esik
4,0-4,5	Gyengén oldott vagy enzimszegény
5,0	Megfelelően oldott maláta
5,5-6,5	Jól oldott és enzimdús (palackos sör)
6,5-10,0	Nagyon enzimdús, javító maláta

(Söripari Labormódszerek, 1986)

1.5.2.5 Szabad α -amino-nitrogén (SZAN) tartalom meghatározás

A meghatározásra két módszert dolgoztak ki, a ninhidrineszt, és a 2, 4, 6-trinitrobenzol-szulfinsavas (TNBS) eljárást. Mindkettő mérési módszer jól reprodukálható eredményeket ad, de mi a ninhidrides eljárást használjuk. Ennek az oka az, hogy a ninhidrides módszer a szabad aminosavak mennyiségének megfelelő szabad nitrogéntartalmat méri, míg a TNBS módszer nagyobb számértéket ad eredményként, mert magába foglalja az összetettebb nitrogénvegyületek szabad α -amino nitrogénjét is.

A módszer alapelve: A ninhidrin aminosavakkal meghatározott (6, 7) pH-jú közegben színreakciót ad. A szín mélysége egyenesen arányos a szabad α -aminonitrogén (SZAN) koncentrációval.

Eszközök: pipetta, kémcső, spektrofotométer, 10 mm hasáb alakú küvetták

Anyagok:

- Színreagens: 100 g dinátrium-hidrogén-foszfátot, 60 g kálium-dihidrogénfoszfátot, 5 g ninhidrint, 3 g fruktózt desztillált vízben oldunk, majd 1 literre töltjük fel
- Hígító oldat: 2 g káliumjodátot 600 ml desztillált vízben oldunk, majd 400 ml 96 %-os etanolt adunk hozzá
- Standard oldat: 107,2 mg glicint 100 ml desztillált vízben oldunk, az így készült törzsoldatot 0°C-on tároljuk, minden analízis sorozathoz ebből készítünk hígítást. 1 ml törzsoldatot 100 ml-re töltünk fel desztillált vízzel, majd összekeverjük, a hígított oldat koncentrációja 2 mg/l α -aminonitrogén

A módszer menete: A vizsgálandó mintát desztillált vízzel hígítjuk, ha malátalét vagy sörlevet vizsgálunk, 100-szoros, ha sört, 50-szeres hígítást készítünk. A hígított vizsgálandó oldat 2-2 ml-ét kémcsövekbe pipettázzuk, 1-1 ml szín-reagenst adunk hozzá. A kémcsöveket üveggolyóval fedjük a párolgási veszteségek elkerülésére, majd 16 percre állandóan forró vízfürdőbe helyezzük. Ugyanígy 2-2 ml-t mérünk a hígított standardból kémcsövekbe, 1-1 ml reagenst adunk hozzá, lefedjük üveggolyóval, 16 percre ezt is forró vízbe helyezzük. Utána 20 percig 20°C-os vízfürdőben hűtjük a kémcsöveket. A hűtés után minden egyes kémcsőbe 5 ml hígító oldatot pipettázunk, majd az adagolás után 30 percen belül, 570 nm-en olvassuk le az abszorbanciát, 2 ml desztillált vízből, 1 ml szín-reagensből és 5 ml hígító-oldatból készült referencia mintával szemben.

Számítás:

$$SZAN = E_{\text{vizsgálandó}} / E_{\text{Standard}} \times 2 \times H \text{ [mg/l]}$$

Ahol: $E_{\text{vizsgálandó}}$ a vizsgálandó sörle abszorbanciája

E_{Standard} a glicin standard oldat abszorbanciája

H a vizsgálandó sörle hígítása

2 a glicin oldat a-amino-N koncentrációja mg/l-ben

Brautechnische Analysenmethoden (MEBAK, 1993)

1.5.2.6 β -glükán tartalom meghatározása

Eszközök:

- GlucaTest® Rapid β -glükán meghatározására alkalmas készlet, ami a következőket tartalmazza: 5 db 200 μ l-es standard oldat melyek 100/200/300/400/500 mg/l β -glükánt tartalmaznak, 100 ml A jelzésű oldat, 7 db küvetta
- Pipetta
- Spektrofotométer
- 10 mm hasáb alakú küvetták

A módszer menete: A küvettákban lévő standard oldatokhoz 200 μ l desztillált vizet adunk. A vakpróba elkészítéséhez szintén 200 μ l desztillált vizet teszünk egy üres küvettába. A kongresszusi cefrőzésből készült malátalevek mindegyikéből 200 μ l-t mérünk ki egy-egy küvettába. Ezután az összes mintához (5 standard, vakpróba, ismeretlen β -glükán tartalmú minták) 3 ml-t adunk az A jelzésű oldatból és fél óráig állni hagyjuk őket szobahőmérsékleten. Majd mindegyik mintának megmérjük az abszorbanciáját 550 nm-en spektrofotométerrel. A standardok ismert koncentrációjának és mért abszorbanciájuknak a segítségével felvesszük a kalibrációs görbét. A kalibrációs görbéről le tudjuk olvasni az ismeretlen β -glükán tartalmú minták értékeit, mert ismert az abszorbanciájuk.

A vizsgálatot a NOVA BIOTEC® vegyszergyártó cég előírásai szerint végeztük.

1.5.2.7 A β -amiláz enzim hőmérséklet optimumának meghatározása

A mérés alapelve: A mérés két részből áll, a cefrőzésből és a HPLC vizsgálatból. A cefrőzések során minden mintánál (összesen 4 db) más-más cefrőzési hőmérsékletet alkalmazunk. Az enzimaktivitás függ a hőmérséklettől, így a különböző hőmérsékleteken eltérő lesz a β -amiláz

enzimaktivitása. Az alkalmazott cefrzési hőmérsékletek: 59°C, 62°C, 65°C, 68°C. A β -amiláz bontásterméke a maltóz, ezért ha növekszik az enzim aktivitása, több maltóz fog keletkezni. A maltóz mennyiségéből lehet az enzimaktivitásra következtetni. A mintákat HPLC vizsgálatnak vetjük alá. A HPLC készülék által készített kromatogramról leolvassuk a csúcs alatti területet a maltóz retenciós idejénél. A kalibrációs görbe segítségével, amit ismert maltóz tartalmú mintákkal készítettünk, kiszámoljuk az adott mintában lévő maltóz mennyiségét. A kapott értéket átszámítjuk a kívánt mértékegységbe, majd a különböző hőmérsékleten cefrzett minták maltóztartalmát ábrázoljuk a cefrzési hőmérséklet függvényében. Azon a hőmérsékleten, ahol a legnagyobb a képződött maltóz mennyisége, ott lesz a β -amiláz enzim hőmérséklet optimuma.

1. Cefrzés

Eszközök: EBC malom, táramérleg, keverőbot, 1-CUBE cefrző berendezés, redős szűrőpapír, tölcsér, Erlenmeyer lombik, 0,45 μ m-es mikroszűrő

Anyagok: kovaföld a szűréshez

A módszer menete: A cefrző berendezés egy-egy edényébe 30 g finom őrlményt (1 mm szitalyuk méretbeállítás mellett daráljuk) mérünk. Majd az edényekben lévő őrlményeket 120 ml 45°C-os desztillált vízzel keverjük 5 percen keresztül. Az adott hőmérsékletre (59°C/62°C/65°C/68°C) melegített cefrzőbe helyezzük az adott mintát és pontosan 25 percig az adott hőfokon tartjuk, miközben a keverővel 100 fordulat/perc sebességgel keverjük. A cefrzések befejeztével a mintákat gyorsan lehűtjük folyó vízzel és a tömegüket 200 g-ra kiegészítjük desztillált vízzel, majd szűrőpapíron leszűrjük őket. A mintákat a HPLC vizsgálat előtt 0,45 μ m-es mikroszűrőn leszűrjük.

2. HPLC vizsgálat

Eszközök: **HPLC:** WATERS HPLC, WATERS 600 pumpa, WATERS 410 RI detektor

Oszlop: Aminex HPX-87H WATERS automata injektor

Anyagok: **Álló (stacioner fázis):** Aminex HPX-87H töltetű oszlop

Mozgó (mobil fázis): 0,005 M kénsavat tartalmazó desztillált víz; törzsoldat komponensek (glükóz, fruktóz, maltóz, maltotrióz, savak),

A módszer menete: A szénhidrátok (köztük a maltóz) analízise HPLC-vel (nagy nyomású folyadék-kromatográfia) történik. A nagy nyomású-folyadékkromatográfiában a szétválasztás a tömör töltetű oszlopon zajlik. A vizsgálandó elegy oldatát, 600-1000 PSI nagyságrendű nyomással

visszük fel. A minta a mozgó fázis (eluent) áramlásának hatására végighalad az oszlopon, miközben az oldat egyes komponensei eltérő fizikai és kémiai tulajdonságainak köszönhetően, különbözőképpen kötődnek az oszlop töltetéhez, más időben hagyják el az oszlopot, ahol egy detektor érzékeli az egyes komponenseket. Az RI detektorok működésének alapja az elválasztó oszlopból kiáramló mozgó fázis törésmutatójának mérése. A kimenőjel abból a törésmutatóérték-különbségből adódik, ami az eredeti, azaz a tiszta mozgó fázisra mért törésmutató-érték és a mindenkor - és a mérendő mintakomponenseket oldatban tartó - mozgó fázis törésmutatója között kialakul. Az összetevők minőségére a retenció időből, mennyiségükre a kromatogramon kapott csúcsok alatti területből következtethetünk. A HPLC eljárás előnye a nagy felbontóképesség.

1.5.3 Sörfőzés félüzemi körülmények között

Felhasznált anyagok:

- malátázatlan bio alakor (hántolt)
- malátázott bio alakor (hántolatlan)
- bio árpamaláta
- biokomló (keserű és aroma)
- sörélesztő
- sörfőző víz

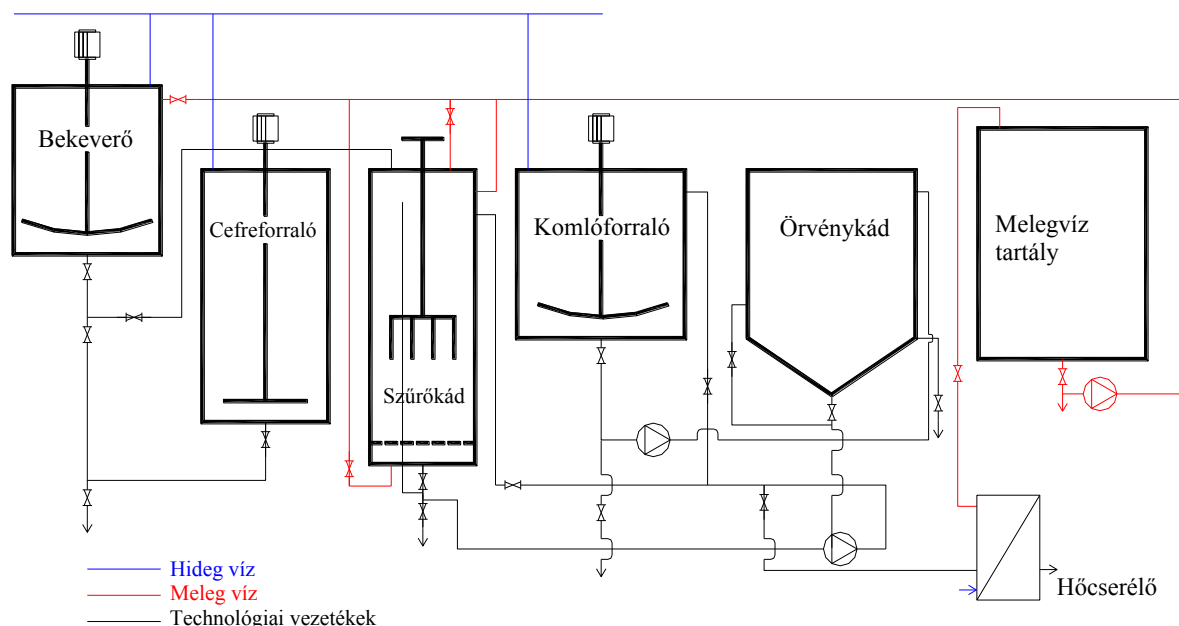
Sörgyártás műveleti lépései:

1. Sörfőzés

- Malátaőrlés
- Cefrészés
- Cefreszűrés
- Másolás
- Komlóforralás

2. Sörlé erjesztés

- Sörlé kezelése
- Főerjesztés
- Utóerjesztés



4. ábra: A Sör- és Szeszipari Tanszék sörfőző berendezésének vázlata

A sörök előállításának a menete

A kísérleteinkben alakor söroket készítettünk infúziós és dekokciós cefrézési eljárással, a sörlevek előállításához a Sör- és Szeszipari Tanszék 4. *ábra*-n látható sörfőző berendezését használtuk. A két sörfőzés csak a cefrőzésben különbözött, a többi műveleti lépés és a felhasznált anyagmennyiségek körülbelül azonosak voltak. A sörfőzés műveleti lépéseit időrendi sorrendben írom le.

1.5.3.1 Sörfőzés

Malátaórlés

A kész sört akkor nevezhetjük alakor sörnek, ha a felhasznált örlemények legalább 51%-a alakor vagy malátázott alakor, ezért az alapanyagokat a 11. *táblázat* szerinti mennyiségekben mértük ki, majd szemestermény roppantóval megőröltük őket.

Cefrőzés

Az örleményeket mindkét cefrézési eljárás esetén elkevertük a bekeverő üstben az adott hőmérsékletre melegített adott mennyiségű (11. *táblázat*) vízzel.

Az infúziós cefrőzésnél egyszerre kevertük be az árpamaláta, alakor és alakormaláta örleményeket, és a 5. *ábra*-n látható cefrézési diagram szerint végeztük a cefrélést, úgy hogy betartsuk a 12. *táblázat* szerinti hőmérsékleti pihenőket.

A dekokciós eljárásnál árpamaláta és alakor örleményt kevertünk be, bekeverést követően a bekeverő üst teljes tartalmát áthúztuk a cefreforráló üstbe. A cefre forralása után (6. *ábra*) visszahúztuk a cefrét a bekeverő kádba, hozzáadtuk a maradék árpamaláta és alakor maláta örleményt, majd a cefrét a 6. *ábra* hőmérsékletvezetésének megfelelően melegítettük, úgy hogy betartsuk a 12. *táblázat* szerinti hőmérsékleti pihenőket.

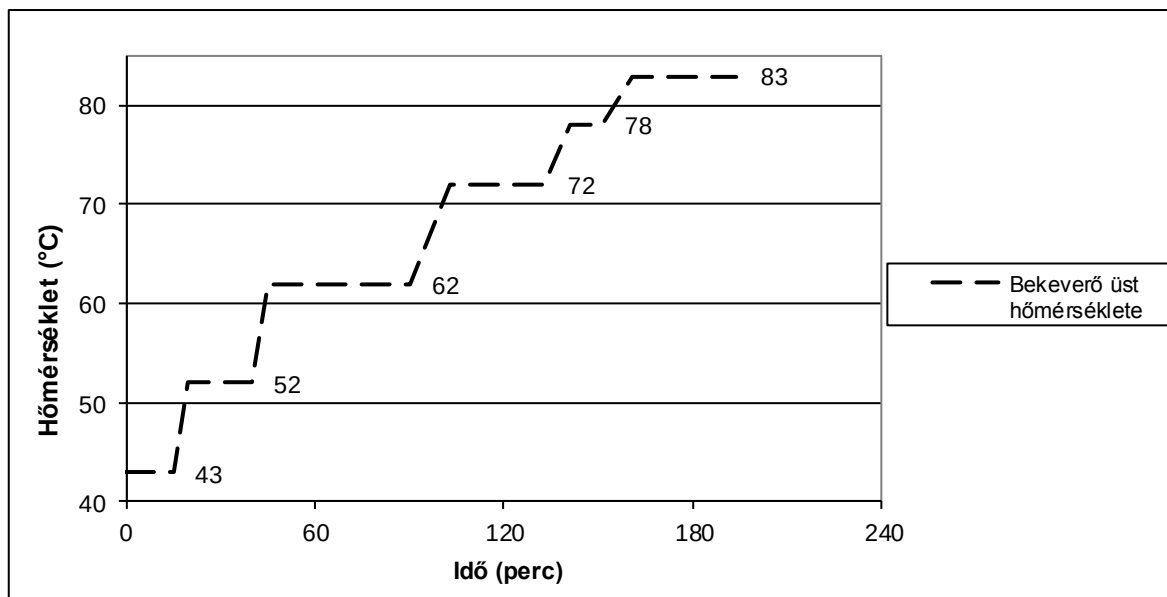
Az elcukrosodásokat jódpórával ellenőriztük tízpercenként az α -amiláz pihenők alatt a 1.5.2.3.2 fejezetben leírtakhoz hasonlóan. Mikor a jódpórák negatívák lettek, akkor befejeztük a cefrélést.

11. táblázat: A becefrézési paraméterek a két cefrézési eljárás esetén

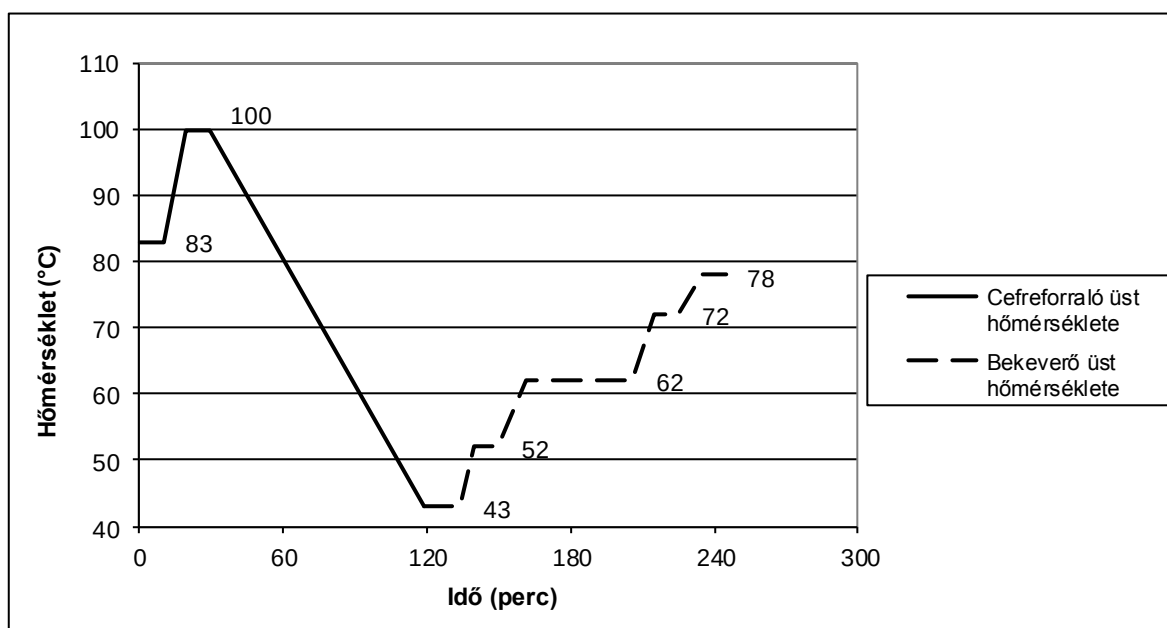
Cefrézési eljárás	Felhasznált víz helye	Víz mennyiség (l)	Őrlemény helye	Őrlemény típusa	Őrlemény mennyiség (kg)	Őrlemény aránya (%)
Infúziós	Bekeverő üst	40	Bekeverő üst	Árpamaláta	4,9	49
				Malátázott alakor	2,6	26
				Malátázatlan alakor	2,5	25
Dekokciós	Bekeverő üst	15	Bekeverő üst	Árpamaláta	3,9	39
				Malátázott alakor	2,6	26
	Cefreforráló üst	25	Cefreforráló üst	Malátázatlan alakor	2,5	25
				Árpamaláta	1	10

12. táblázat: A cefrézések során alkalmazott hőmérsékleti pihenők

Pihenő	Hőmérséklet (°C)
Sejtfalbontás	43
Fehérje bontás	52
Keményítőbontás (β -amiláz)	62
Keményítőbontás (α -amiláz)	72
α -amiláz az alakor esetén	78
Alakor csirizesedési pontja	83
Alakor keményítő feltárása	100



5. ábra: Cefrészési diagram infúziós cefrőzés esetén



6. ábra: Cefrészési diagram dekokciós cefrőzés esetén

Cefreszűrés

A cefrészések befejezésével a cefréket átszivattyúztuk a szűrőkádba, ahol ülepedni hagytuk őket. Mikor kialakult a megfelelő szűrőréteg, a törkölyön keresztül elkezdtünk szűrni. A szűrést úgy kell végezni, hogy a szűrőréteg ne tömörödjön össze, és ha szükséges, akkor a

törkölylazítóval meg lehet lazítani a törkölyt. A szűrés elején a szűrleteket cirkuláltattuk a törkölyön keresztül, mivel azok nem voltak eléggé tükrösek. A szűrés után kapott színsörleveket a komlóforralóba szivattyúztuk. A színsörlevék extrakttartalmát és mennyiségét szacharométer és szintjelző bot segítségével megmértük.

Máslás

A megfelelő hőmérsékletű és mennyiségű máslóvizet ráengedtük a törkölyre, hogy kinyerjük a maradék extraktot. A máslások extrakttartalmát is megmértük mielőtt a komlóforralóba szivattyúztuk volna őket.

Komlóforralás

A komlóforralás előtt megmértük a sörlé extrakttartalmát és mennyiségét, majd a sörleveket felmelegítettük 100°C-ra, hogy beinduljon a forrás. A forralások elején hozzáadtuk a keserűkomlót, a forralás vége előtt pedig az aromakomlót. A komlóforralás befejeztével megmértük a komlózott sörlevék extrakttartalmát és mennyiségét.

1.5.3.2 Sörlé erjesztés

Sörlé kezelése

A komlóforralás után szivattyúval a sörlevet tangenciálisan bevezettük az örvénykádba, hogy elválasszuk a forró seprőt. Az elválasztás után a sörlevet hőcserélővel lehűtöttük az erjesztés hőmérsékletére. A lehűlt sörlevet az erjesztőtartályba vezettük oly módon, hogy a sörlé az erjesztőtartály falán folyt végig, így megfelelően dúsult oxigénnel. Erre azért volt szükség, mert az élesztő oxigént igényel a szaporodáshoz. Végül hozzáadtuk a sörléhez a megfelelő mennyiségű élesztőt. Közben egy Erlenmeyer lombikba sörlevet tettünk és felesleges élesztő mennyiséget adtunk hozzá a limit extrakt meghatározásának céljából.

Főerjesztés

A főerjesztés során az erjedő sörlékből naponta mintát vettünk azonos napszakban, szénsavmentesítés után megmértük a minták extrakttartalmát.

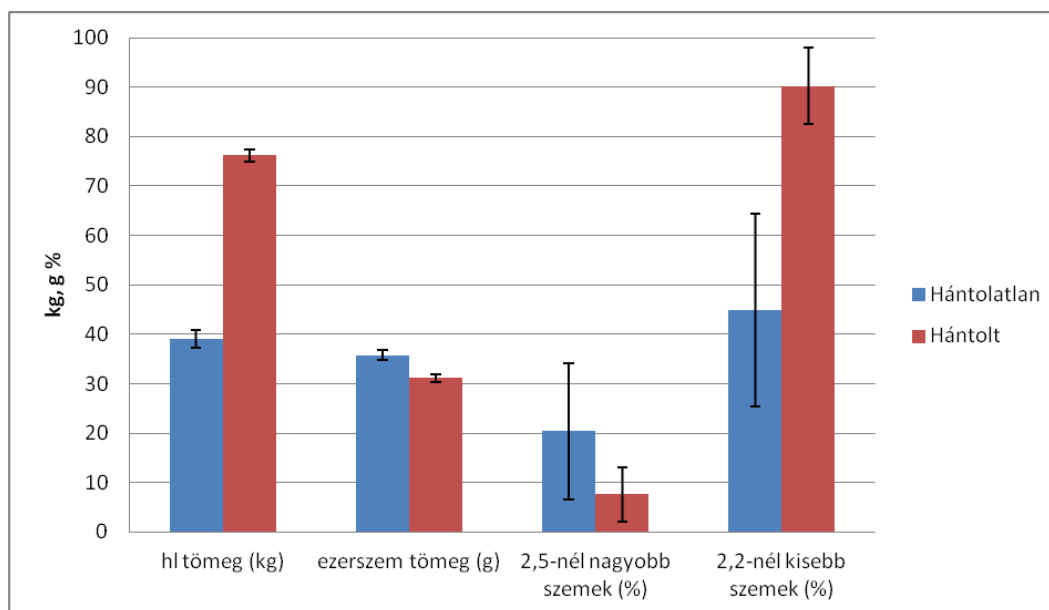
Utóerjesztés

A főerjesztés akkor fejeződik be, mikor a sörlé extrakttartalma kb. 2 B°-al nagyobb a limit extraktnál. Ekkor lezártuk a tartályokat és lecsökkentettük a hőmérsékletet 5°C-ra, hogy a sörök CO₂-al telítődjenek, tisztuljanak, érlelődjenek.

4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

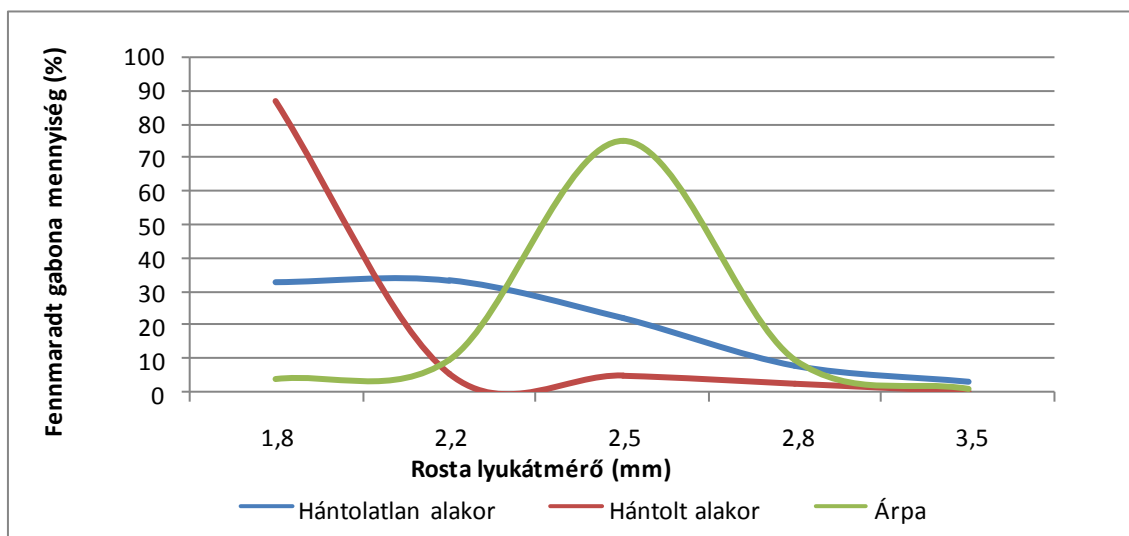
1.6 A hántolt és a hántolatlan alakor minősítésének eredményei

1.6.1 Az alakor mechanikai vizsgálatainak összesített eredményei



7. ábra: Hántolt és hántolatlan alakor fizikai paraméterei

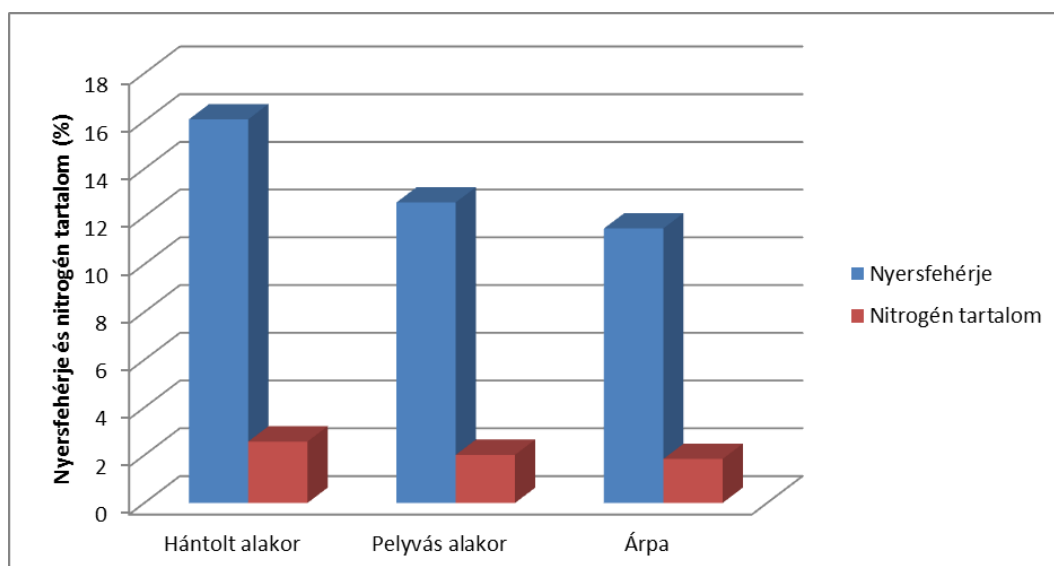
Az ábrán jól látható, hogy a hántolatlan alakor hektoliter tömege és a 2,2 mm-nél kisebb szemek aránya a hántolt alakoré alatt marad, ugyanakkor az ezerszem tömege és a szemmérete meghaladja a hántolt alakorét. A hántolatlan alakoron lazán helyezkedik el a pelyva, ezért a párhuzamos méréseknél az eredmények nagyobb szórást mutatnak, mint a pelyvátlanított szemeknél.



8. ábra: Az alakor és az árpa szemméret-eloszlása

Az ábrán jól látható, hogy az alakor szemek jóval kisebbek, mint az árpaszemek, különösen nagy az eltérés az árpaszemek és a hántolt alakor szemek között. Ezt a különbséget az alakor üzemi méretű feldolgozásánál mindenképpen figyelembe kell venni.

1.6.2 Az alakor fehérjetartalma



9. ábra: A hántolt és hántolatlan alakor és a sörárpa fehérjetartalma

A három vizsgált gabona közül a legalacsonyabb fehérjetartalma az árpának van, míg legnagyobb fehérjetartalommal a hántolt alakor rendelkezik. Ez a tulajdonság söripari szempontból hátrányos, mert a nagy fehérjetartalom a kész sörben koloidkiválást eredményezhet.

1.7 Maláta minősítés

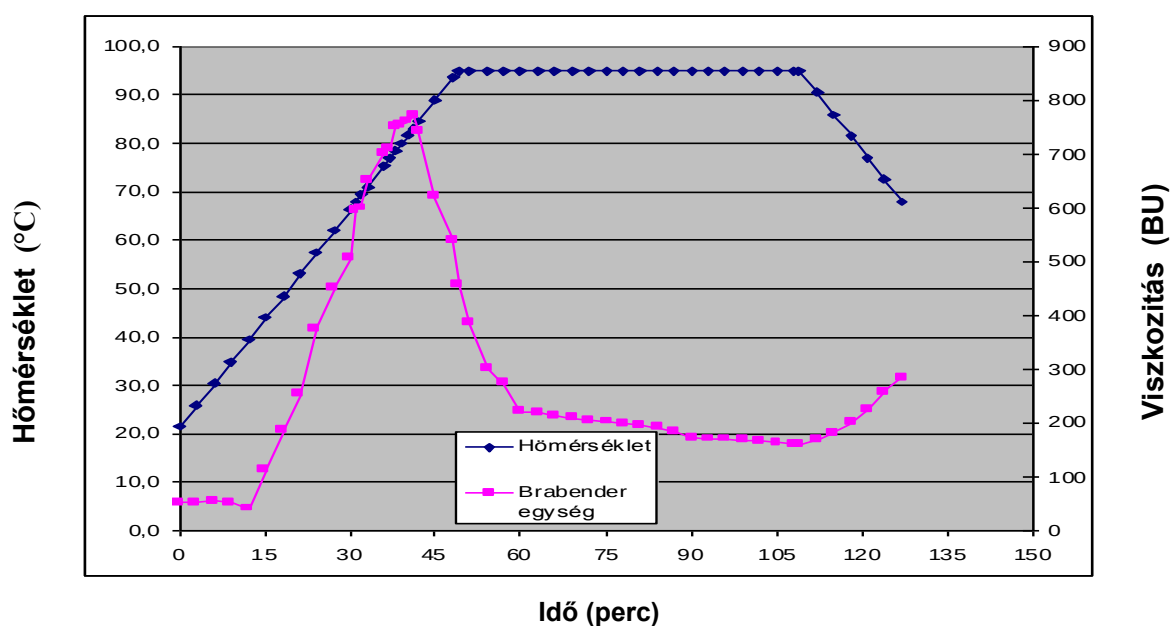
1.7.1 Nedvességtartalom

13. táblázat: A különböző minták nedvességtartalma

Minta	Nedvességtartalom W (%)
Alakor	10,3
Malátázott alakor	5,87
Árpa	11,8
Árpamaláta	7,84

A továbbiakban a kapott nedvességtartalmakból számolt szárazanyag tartalmakból számoltuk a későbbi eredményeket. Jól látható, hogy a malátázatlan és a malátázott gabonafélék nedvességtartalma eltérő, az aszalás során a nedvességtartalom a malátázatlan gabona nedvességtartalma alá csökken.

1.7.2 Csirizedési pont



10. ábra: A malátázott alakor amilogrammja

Az amilogrammon jól látszódik, hogy a maximális viszkozitás (774 Brabender egység) értéket 83,7°C-on érte el a keményítő-szuszpenzió, majd a szemcsék feltárása után gyors viszkozitás csökkenés volt tapasztalható. A magas hőmérsékleti érték meglepő, általában gabonák illetve különböző búzafajták keményítőjének csirizesedési pontja 52-66°C között ismert.

1.7.3 Kongresszusi (standard) cefrőzés eredményei

1.7.3.1 Elcukrosodási idő

14. táblázat: A különböző mintákból készült cefrék elcukrosodási ideje

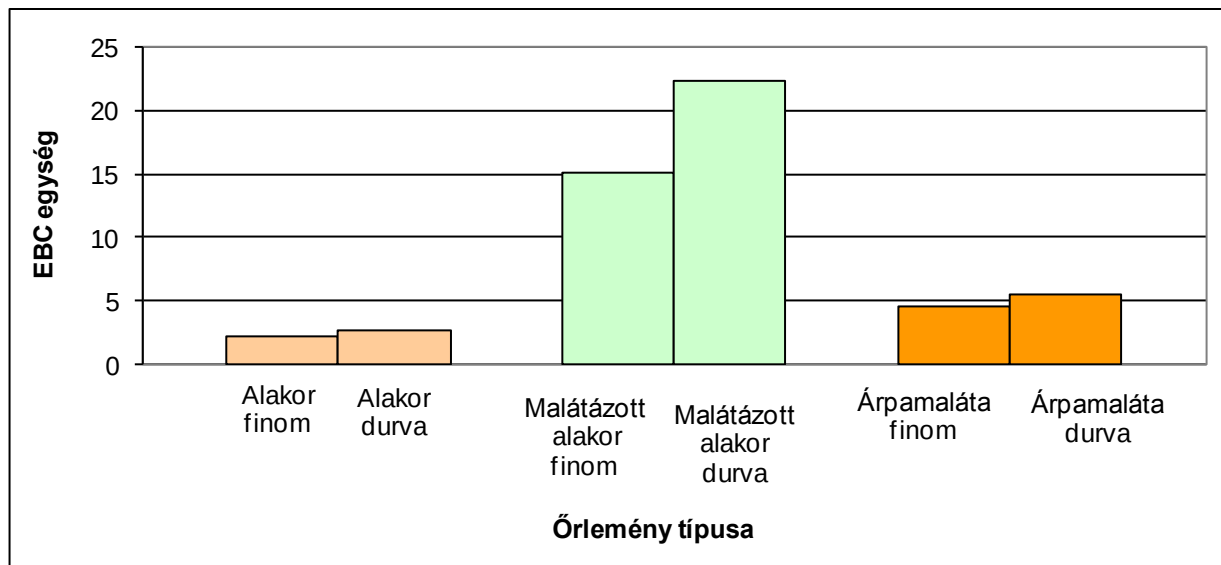
Minta	Őrlemény típusa	Elcukrosodási idő (perc)
Alakor	Finom	60 percen túl
	Durva	60 percen túl
Malátázott alakor	Finom	40
	Durva	20
Árpamaláta	Finom	10
	Durva	10

Az árpamaláta elcukrosodási ideje a megszokott volt. Úgy tűnik, hogy a malátázatlan alakor keményítőbontó enzimaktivitása csekély, mivel a cefrék nem cukrosodtak el. A malátázás során szintetizálódtak keményítőbontó enzimek, amit a malátázott alakor cefréjének rövidebb elcukrosodási ideje támaszt alá.

1.7.3.2 Szűrési idő

Az árpamaláta cefréje egy órán belül leszűrődött. Az alakor és a malátázott alakor szűrése több mint egy órát vett igénybe. A szűrőpapír felső rétegében a malátázatlan alakornál β -glükánhoz hasonló szürkés-kocsonyás anyagot láttunk, ami a szűrést lassította. Ebből arra következtettünk, hogy a sörfőzési kísérleteinknél β -glükán enzim bontási pihenőt kell beiktatni. Korábbi tanszéki kísérletek megállapítása szerint az alakor β -glükánáz enzimének hőfokoptimuma 43°C.

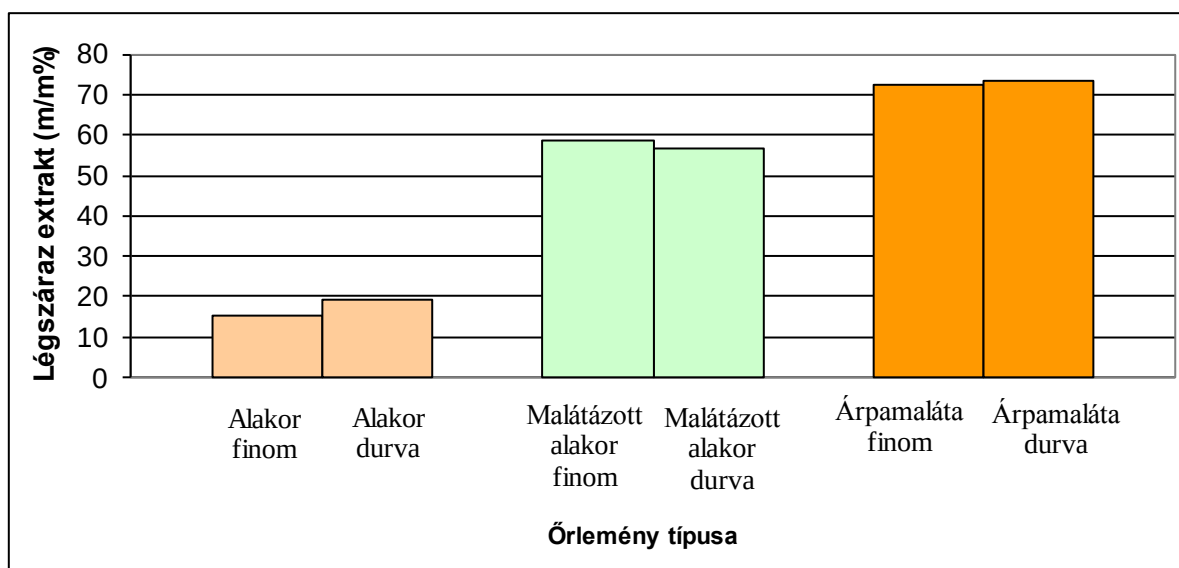
1.7.3.3 Malátalevek színei



11. ábra: A különböző alapanyagokból készült malátalevek színei

A malátázott alakor színe lényegesen sötétebb, mint a másik két alapanyagé. A színmélyülés az aszalás során képződött Maillard reakciótermékeknek tulajdonítható. Az alakor fehérjetartalma nagyobb, mint az árpáé, így a melanoidinek nagyobb mennyiségben képződhetnek.

1.7.3.4 Extrakttartalom



12. ábra: A különböző alapanyagokból készült malátalevek extrakttartalma

Várakozásainknak megfelelően a malátázatlan alakor sörlevek extrakttartalma lett a legkisebb, mivel ezekben a mintákban a legkisebb az enzimek mennyisége. Az ábra tanulsága szerint a malátázott alakorból kinyerhető extrakt mennyisége az árpamaláta alatt marad.

1.7.3.5 Extrakt-differencia

15. táblázat: A különböző mintákból készült malátalevek extrakt-differenciája és értékelésük

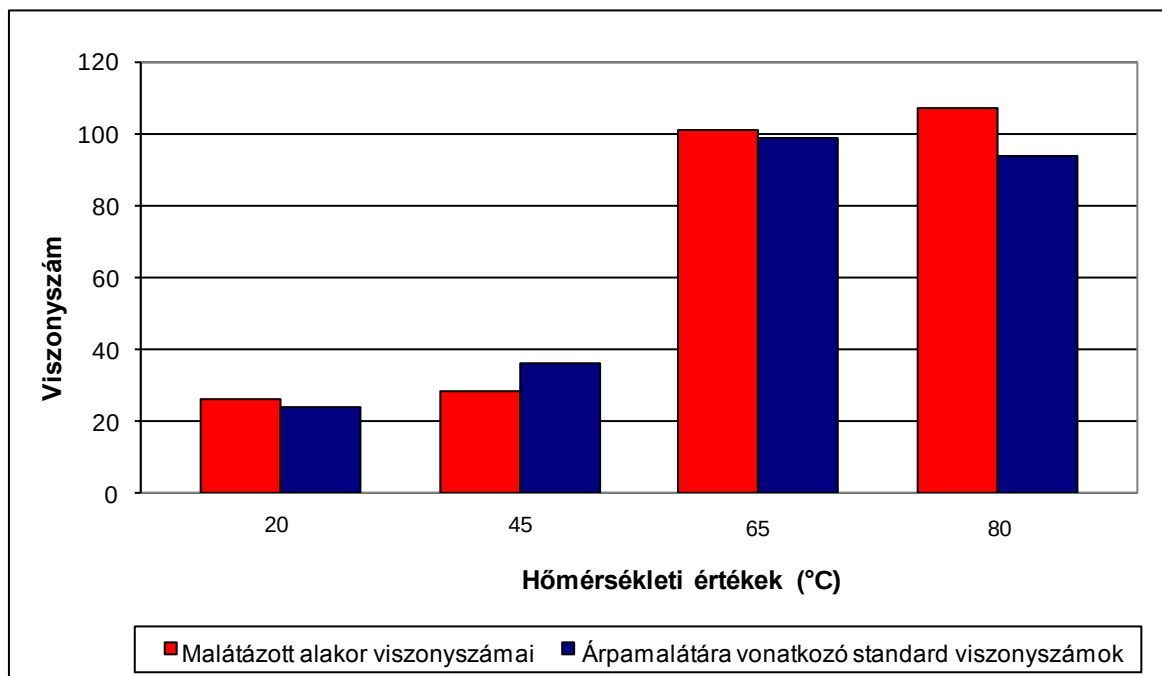
Minta	Extrakt-differencia	Értékelés
Alakor	3,57	Rossz
Malátázott alakor	2,16	Normál
Árpamaláta	0,94	Nagyon jó

Az extraktdifferencia értékek azt mutatják, hogy az alakorban a malátázás során sejtfalbontó enzimek működnek, és a sejtfalbontás bizonyos mértékig lezajlik.

1.7.4 Hartong-Kretschmer cefrőzés eredményei

A malátázott alakor viszonyszámainak értékelése:

Viszonyszám (VSZ) = Extrakttartalom/Standard Extrakttartalom x 100



13. ábra: A malátázott alakor viszonyszámai

- A 20°C-on mért viszonyszám azt mutatja, hogy az alakormalátában valamennyivel több vízdoldható vegyület van, mint az árpamalátában

- A viszonyszám a 20°C-os és a 45°C-os cefrézésnél nem mutat számottevő különbséget, ami azt jelenti, hogy a 20-45°C-os hőmérséklettartományban kicsi az enzimaktivitás. A viszonyszám az árpára vonatkozó standard alatt van, ezért a maláta hibás áztatómunka vagy levegőben dús, illetve meleg rakásvezetés miatt enzimszegény. Ez legfőképpen a proteolitikus enzimekre vonatkozik.
- A viszonyszám 65°C-on a standard felett van. Ez arra utal, hogy a β -amiláz enzim megfelelő mennyiségben szintetizálódott a malátázás során, a csírázó alakor nedvességtartalma, oxigénellátottsága és a csíráztatási időtartam megfelelő volt.
- Hasonló következtések vonhatók le a 80°C-os viszonyszámokból is. A nagy szám arra utal, hogy az árpamalátánál heterogénebb – kisebb szemcséket tartalmazó - keményítő egy része elfolyósodik, és a 80°C-on csekély enzimaktivitást mutató α -amiláz segítségével lebomlik. Még az is magyarázat lehet, hogy a teljes szöveti struktúrát tekintve az alakor homogénebb, mint az árpa, ezért őrlésnél a lisztes frakció nagyobb mértékben jelenik meg, ami a fizikai oldódási szempontjából kedvezőbb.

A malátázott alakor Hartong-számának értékelése:

$$\text{Hartong-szám} = (\text{VSZ } 20^\circ\text{C} + \text{VSZ } 45^\circ\text{C} + \text{VSZ } 65^\circ\text{C} + \text{VSZ } 80^\circ\text{C})/4 - 58,1$$

Mivel a malátázott alakor Hartong-száma 7,5, a maláta nagyon enzimdús, javítomalátaként is felhasználható sörfőzésnél.

1.7.5 Szabad α -amino-nitrogén (SZAN) vizsgálat eredményei

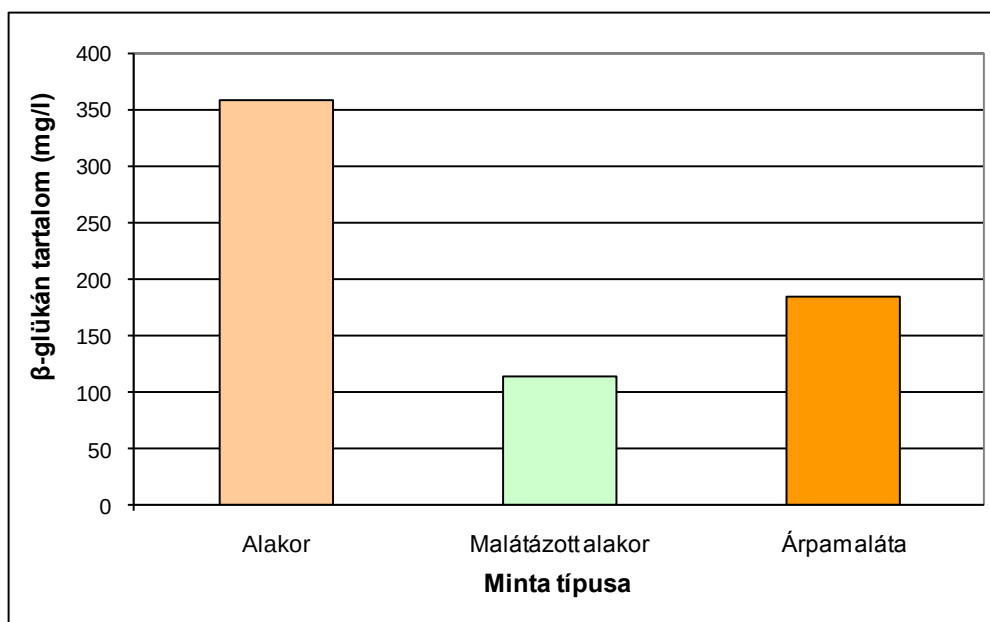
16. táblázat: A különböző mintákból készült malátalevek SZAN tartalma

Minta	SZAN tartalom (mg/l)
Árpamaláta	246
Malátázott alakor	266

A szabad aminosnitrogén tartalom ismerete az erjedés szempontjából alapvető fontosságú. Alacsony értéknél a fickósör diacetiltartalma nagy lesz, ami ízhibát okoz. A szakirodalmi adatok szerint az erjedés biztonságosan megy végbe akkor, ha a sörlé szabad aminosnitrogén tartalma árpamaláta sörlé esetén a 120-160 mg/l-es, búzamaláta sörlé esetén a 90-120 mg/l-es tartományba esik. (Brautechnische Analysenmethoden 1997 nyomán)

Mérési eredményeink alapján jól látható, hogy az alakormaláta szabad aminonitrogén tartalma a kívánt határérték felett van, tehát az élesztő számára megfelelő mennyiségű aminosav áll a rendelkezésre.

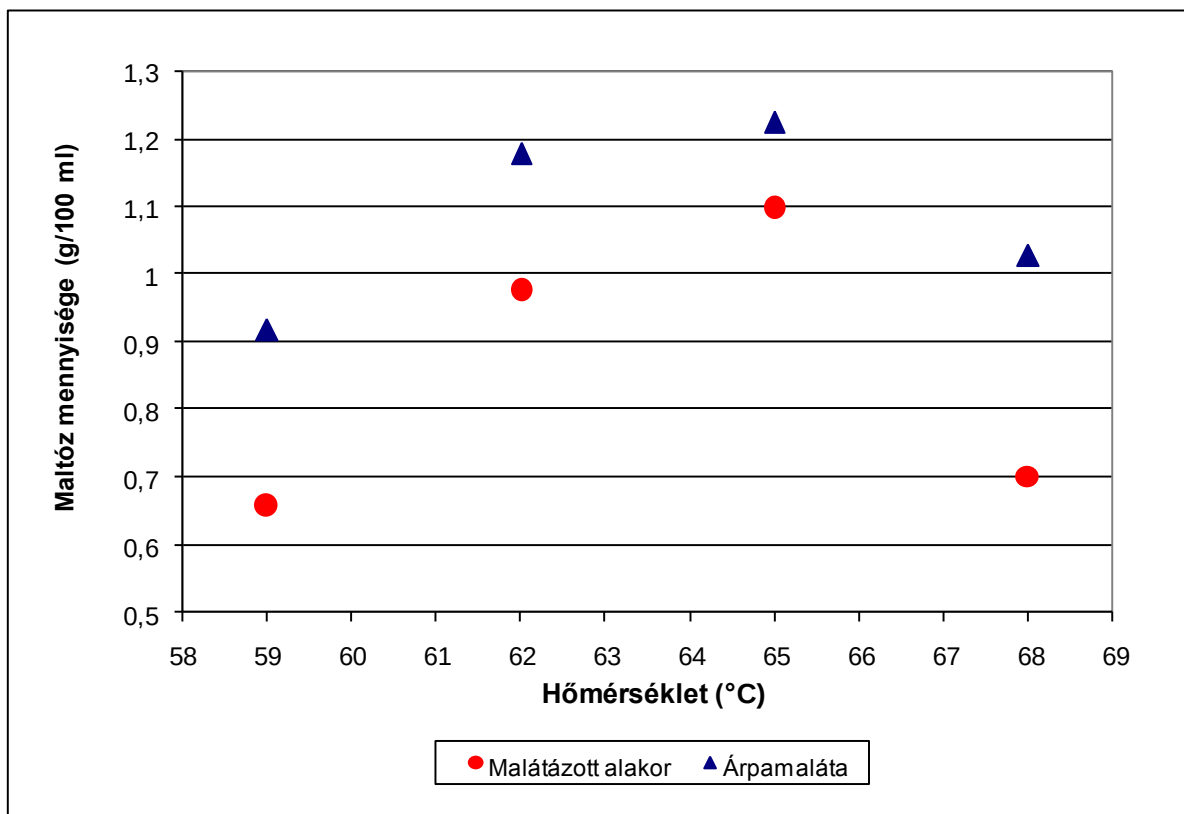
1.7.6 β -glükán vizsgálat eredményei



14. ábra: A különböző minták β -glükán tartalma

A legnagyobb β -glükán tartalmat a malátázatlan alakorban mértük. Ez az érték a malátázás során számottevően csökkent, az eredeti érték harmadrészére esett.

1.7.7 A β -amiláz enzim hőmérséklet optimumának vizsgálásának eredményei



15. ábra: A maltóz mennyiségének változása a malátázott alakornál és az árpamalátánál a hőmérséklet függvényében

Az alakor eredetű β -amiláz enzim hőmérséklet-enzimaktivitás összefüggése nagyon hasonló az árpa eredetű β -amilázéhoz. Ugyannál a hőmérsékletnél van mindkét enzimnek a maximális aktivitása, ám az alakor eredetű enzim feltehetőleg gyorsabban inaktiválódik, mint az árpa eredetű. Ez a cefrézési technológia szempontjából nagyon előnyös, mert mindkét maláta esetén ugyanazt a hőmérsékleti pihenőt használhatjuk.

1.8 Sörfőzés félüzemi körülmények között

1.8.1 Sörfőzés

17. táblázat: Az infúziós és a dekokciós sörfőzés paraméterei

Műveleti lépés		Infúziós cefrőzés	Dekokciós cefrőzés
Cefrőzés	Elcukrosodási idő (perc)	10*	10
Cefreszűrés	Ülepítés időtartama (perc)	20	20
	Színle elvételének időtartama (perc)	40	48
	Színle extrakttartalma (°B)	13,6	15
	Színle mennyisége (l)	30	26
Máslás	Máslás időtartama (perc)	9	26
	Első máslás extrakttartalma (°B)	3,6	5,1
Komlóforralás	Teleüst extrakttartalma (°B)	10,6	11,1
	Teleüst mennyisége (l)	45	47
	Komlóforralás időtartama (perc)	90	90
	Keserűkomló hozzáadásának időpontja	a forralás 10. perce	a forralás 10. perce
	Keserűkomló mennyisége (g)	20	20
	Aromakomló hozzáadásának időpontja	a forralás 80. perce	a forralás 80. perce
	Aromakomló mennyisége (g)	20	20
	Komlózott sörle extrakttartalma (°B)	13,5	13,3
	Komlózott sörle mennyisége (l)	36	40
	Komlózott sörle színe (EBC egység)	29	46
	Komlózott sörle pH-ja	5,87	5,78

*Az infúziós cefrőzés esetén, ahogy az a 17. táblázat-ban is látható, 10 perc után 72°C-on elértük a jódnormál állapotot, a cefre elcukrosodott. 83°C-on, ahol az alakor csirizedési pontja van, a cefre már nem volt jódnormál. Ez azért következett be, mert az alakor keményítője feltáródott, viszont már nem volt aktív α -amiláz enzim, ami a keményítőt lebontotta volna.

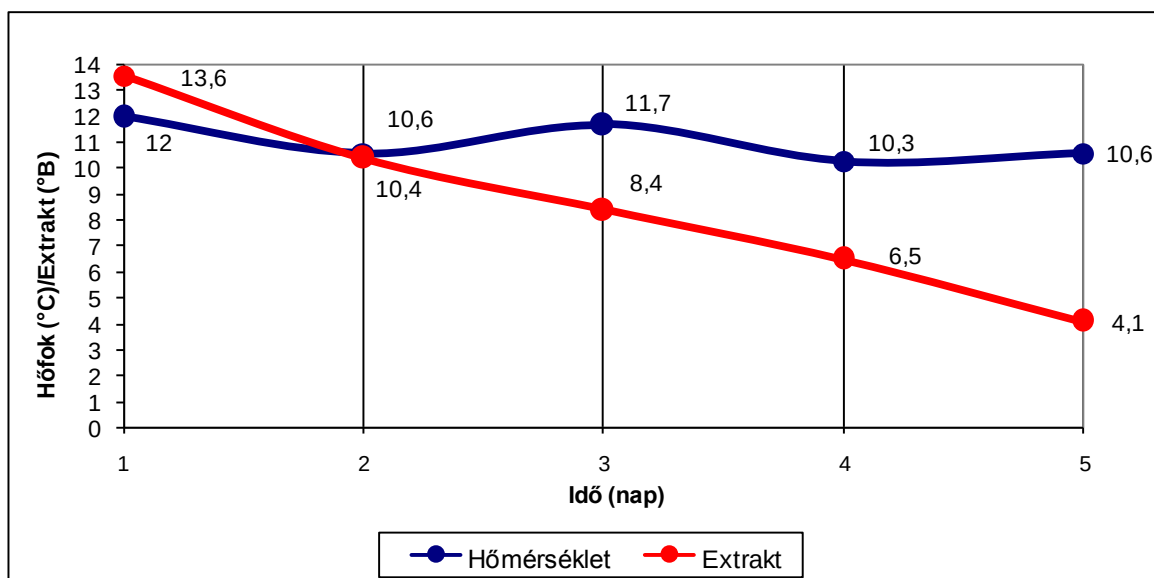
- A cefreszűrés mindkét esetben zökkenőmentesen ment végbe
- A kinyerhető extrakt mennyisége a várakozásunknak megfelelően alakult, a dekokciós cefrőzésnél volt a nagyobb
- A szín a dekokciós cefrőzésnél lett sötétebb, a cefreforralás során bekövetkezett hőterhelés következtében

1.8.2 Sörlé erjesztés

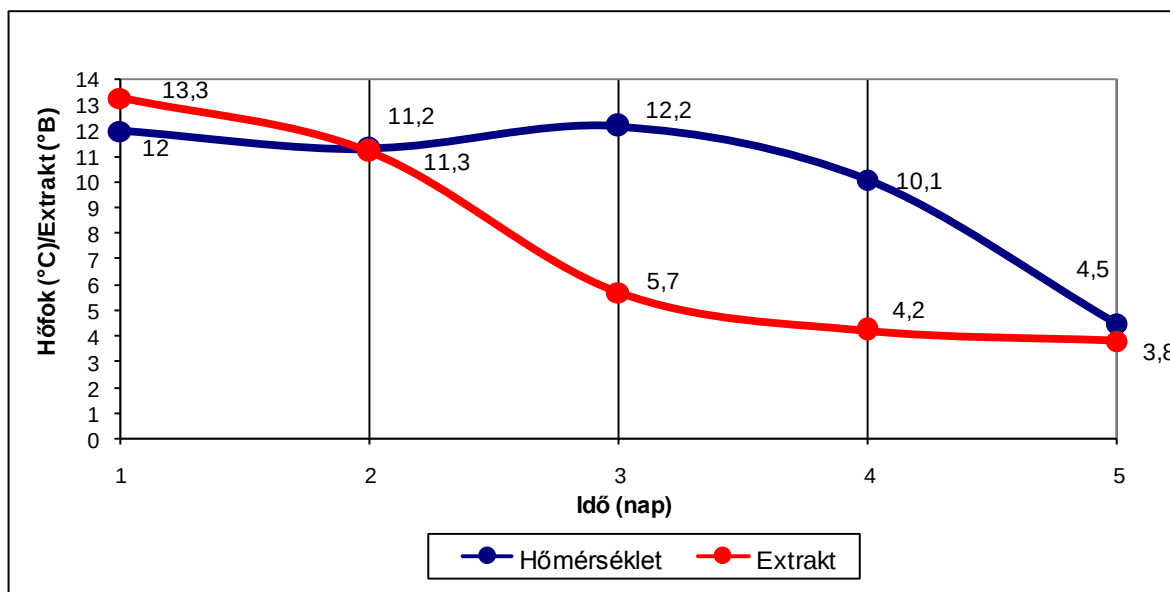
18. táblázat: Az infúziós és a dekokciós sörfőzés erjesztéseinek paramétere

		Infúziós cefrézés	Dekokciós cefrézés
Sörlé kezelése	Pihenő időtartama az örvénykádban (perc)	10	10
	Felhasznált élesztőadag (ml)	360	400
Limit extrakt	Végerjedésfok vizsgálat (°B)	3	2,5
Főerjesztés	Erjesztőtartály beállított hőmérséklete (°C)	12	12
Utóerjesztés	Erjesztőtartály beállított hőmérséklete (°C)	5	5

A táblázatban látható a limit extrakt értéke, ami az infúziós cefrézési eljárással készült sörlében nagyobb, mint a dekokciós cefrézési eljárással készült sörlében. Ez azt jelenti, hogy a dekokciós cefrézésnél nagyobb mennyiségű erjeszthető szénhidrát keletkezett.



16. ábra: Erjesztési diagram infúziós sörfőzés esetén



17. ábra: Erjesztési diagram dekokciós sörfőzés esetén

19. táblázat: A kész sörök jellemzői

Mért jellemző	Infúziós sörfőzés	Dekokciós sörfőzés
Alkoholtartalom (% V/V)	4,55	4,81
Szín (EBC egység)	20	37
pH	4,79	4,63

Várakozásunknak megfelelően a dekokciós cefrézéssel készített sörnek lett nagyobb az alkoholtartalma. Klasszikus érzékszervi bírálatot nem végeztünk, mivel a söröket különböző időpontokban állítottuk elő. Az erjesztés során a söröket naponta megkóstoltuk, figyelemmel kísértük az íz és aromaanyagok alakulását. Az infúziós eljárással készült sörnek nem volt teste, a komlóaromák nem érvényesültek, a sörben a hibás cefrézési eljárás miatt lévő keményítő jelenléte zavaróan érezhető volt. A dekokciós cefrézési eljárással készült sörnél a komlóaromák megfelelően érvényesültek, a sörnek volt teste, az utóerjesztés folyamán a sör jelentős ízjavuláson ment keresztül. A habtartóssága és a szénsavassága mindkét sörnek megfelelő volt. Véleményeink szerint a dekokciós cefrézési eljárással készült sör felelne meg jobban a fogyasztói elvárásoknak.

5. ÖSSZEFOGLALÓ

Kísérletünk során a bio alakor söripari felhasználhatóságát vizsgáltuk. Célunk a cefrézés sikeres kivitelezése volt félüzemi körülmények között, úgy hogy a felhasznált örlemények legalább 51%-a alakor legyen, ugyanis a kész sört csak ekkor nevezhetjük alakor sörnek. Ezt a célt a sörfőzési kísérletek során sikerült teljesíteni. Mivel a sörfőzéshez malátázatlan hántolt alakort és malátázott hántolatlan alakort is használtunk, ezért a sörfőzési kísérleteken kívül feladatunk volt ezek főbb paramétereinek meghatározása.

Az alakor fizikai paramétereit a sörárpára vonatkozó követelményekkel összehasonlítva azt tapasztaljuk, hogy az alakor hektoliter tömege meghaladja a sörárpáét, mérete azonban jóval kisebb. Az árpa ezerszem tömege sokkal nagyobb, mint az alakoré. A két gabona közötti méretbeli különbséget a feldolgozás és malátázás során figyelembe kell venni és ki kell küszöbölni.

A malátaminósítések eredményei közül a lényeges eredményeket emelném ki. A malátázott alakor csirizedési pontja magasabb, mint az árpamalátáé, a sörfőzésnél ezért be kellett iktatni egy hőmérsékleti pihenőt, hogy az alakor el tudjon csirizedni. Megmértük a malátázatlan, a malátázott alakor és az árpamalátá β -glükán tartalmát. Azt tapasztaltuk, hogy a β -glükán tartalom a malátázatlan alakorban a legmagasabb, a malátázás során azonban az árpamalátá β -glükán értéke alá csökken. A sörfőzések során malátázatlan és malátázott alakort is felhasználtunk, ezért beiktattunk egy 43°C-os hőmérsékleti pihenőt, ami az alakor β -glükánáz enzimének optimális hőmérséklete. A szabad aminonitrogén tartalom mérés eredményei alapján jól látható, hogy az alakormalátá szabad aminonitrogén tartalma a kívánt határérték felett van, tehát az élesztő számára megfelelő mennyiségű aminosav áll a rendelkezésre. Az alakor eredetű β -amiláz enzim hőmérséklet-enzimaktivitás összefüggése nagyon hasonló az árpa eredetű β -amilázéhoz. Ugyanannál a hőmérsékletnél van mindkét enzimnek a maximális aktivitása. Ez a cefrézési technológia szempontjából nagyon előnyös, mert mindkét malátá esetén ugyanazt a hőmérsékleti pihenőt használhatjuk.

Azonos alapanyagösszetétellel kétféle cefrézési eljárással (infúziós és dekokciós) készítettünk söröket. A felhasznált alapanyagok 51%-a alakor és alakor malátá, 49%-a árpamalátá volt.

Az infúziós eljárásnál az árpaeredetű α -amiláz enzim inaktiválódási hőmérséklete után csirizedett el az alakor keményítője, így a keményítő lebontatlanul maradt a sörlében. A dekokciós eljárásnál ezt a problémát sikerült kiküszöbölni és jódnormál sörlé került erjesztésre. A cefreszűrés mindkét esetben zökkenőmentesen végbement a 43°C-os sejtfalbontó hőmérsékleti pihenőnek köszönhetően. A kinyerhető extrakt mennyisége a várákozásunknak megfelelően alakult, a dekokciós cefrézésnél volt a nagyobb. A limit extrakt értéke az infúziós cefrézési eljárással készült sörlében nagyobb volt, mint a dekokciós cefrézési eljárással készült sörlében. Ez azt jelenti, hogy a dekokciós cefrézésnél nagyobb mennyiségű erjeszthető szénhidrát keletkezett, amit a kész sör nagyobb alkoholtartalma is alátámaszt. Az erjedés mindkét esetben problémamentesen ment végbe. Az infúziós cefrézéssel készült sör üresebb, a dekokciós eljárással készült testesebb, aromákban gazdagabb lett.

A sörfőzési tapasztalatokat összegezve elmondható, hogy sört az alakorból csak dekokciós cefrézési eljárással ajánlott készíteni. Úgy érzem, a kitűzött célt sikerült elérnünk, a dekokciós cefrézési eljárás az ipari technológia alapjául szolgálhat.

A továbbiakban meg kell határoznunk a sör íze szempontjából optimális alapanyag-összetételt és komlózási módot. Ki kell dolgoznunk az alkoholszegény sörök előállítására alkalmas erjesztési eljárásokat. Léptéknöveléssel meg kell valósítani az ipari mértékű gyártást, és a sörben lévő antioxidánsok és ásványi anyagok feltérképezése által a termékek egészségvédő hatását alátámasztani.

6. IRODALOMJEGYZÉK

Felhasznált irodalmak:

Arendt K. E., Dal Bello F. (2008): Gluten-free cereal products and beverages, Elsevier, London, 358-364.

Arendt K. E., Wijngaard H.H. (2006): Optimisation of a Mashing Program for 100% Malted Buckwheat, The Institute of Brewing & Distilling 112(1), 57-65.

Brautechnische Analysenmethoden (Methodensammlung der Mitteleuropäischen Brautechnischen Analysenkommission, 1993), Selbstverlag der MEBAK, Freising-Weihenstephan, Volume I. 135, 138-142, Volume II. 60-63., 226-242., 254,

Borsos J., Pusztai P., Radics L., Szemán L., Tomposné L. V. (1994): Szántóföldi növénytermesztés, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Budapest, 40.

Boulton C. A., Briggs D. E., Brookes P. A., Stevens R. (2004): Brewing Science and practice, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 53., 121.

Brautechnische Analysenmethoden (Methodensammlung der Mitteleuropäischen Brautechnischen Analysenkommission) 1997, Selbstverlag der MEBAK, Freising-Weihenstephan, Volume I. 258-259.

Hidalgo A., Brandolini A. (2008): Protein, ash, lutein and tocopherols distribution in einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) seed fractions, Chemistry 107: 444–448.

Hoschke Á. (1985): A keményítőipari enzimműszerek. In Kudron J., Sólyom L. (ed.) Keményítő és keményítőipari termékek gyártása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 98-101.

Kole C. (2011): Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Springer-Verlag, Berlin, 409-410.

Kovács G. (2008): Ancient cereals: einkorn and emmer as a source of healthy organic food, European research and innovation exhibition, Paris

Kunze W. (1983): A sörfőzés és a malátázás technológiája, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 121-123.

Løje H., Møller B., Laustsen A. M., Hansen Å . (2003): Chemical Composition, Functional Properties and Sensory Pro®ling of Einkorn (*Triticum monococcum* L.), Journal of Cereal Science 37: 231-240.

Narziss, L. (1992): Technologie der Würzebereitung, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 114., 116-125.

Pizzuti D., Buda, A., D'Incàl R., Chiarelli S., Curioni A., Martines D. (2006): Lack of intestinal mucosal toxicity of *Triticum monococcum* in celiac disease patients, Scandinavian Journal of Gastroenterology, Vol. 41, 1305-1311.

Söripari Labormódszerek. Általános és kémiai módszerek.(1986) Söripari Kutató, Budapest, 98-102.

Vallega V. (1995): The quality of *Triticum monococcum* L., in perspective, Hulled Wheat, 216.

Internetcímek:

EU jogtár, *A TANÁCS 834/2007/EK RENDELETE* az ökológiai termelésről

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:189:0001:0023:hu:PDF>

Magyar Biokultúra szövetség weboldala, A biotermékek előállítása és előnyei

<http://www.biokultura.org/biotermek/elony.html>

IGA élelmiszeripari vállalat weboldala, ábra a búzaszem szerkezetéről:

http://www.iga.net/images/thematiques/nos_pains_equilibre_grain_ble_en.jpg

Magyar néprajzi lexikon internetes változata, alakor (lat. *Triticum monococcum*) címszó:

<http://mek.niif.hu/02100/02115/html/1-133.html>

visualphotos.com nevű fényképeket tartalmazó weboldal, fotó az alakor kalászáról és szemeiről:

http://www.visualphotos.com/photo/1x8728187/Einkorn_wheat_Triticum_monococcum_386944.jpg

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom: a két témavezetőmnek, Hegyesné dr. Vecseri Beáta egyetemi docensnek és Fogarasi Attila-Levente PhD hallgatónak, akik segítségével nem jöhetett volna létre a dolgozatom; Kiss Zsuzsanna egyetemi adjunktusnak a szakmai segítségért; Lehelvári Andrea tanszéki mérnöknek és Csősz Attila tanszéki technikusnak a laboratóriumi munkában nyújtott segítségükért.

A kutatás nem jöhetett volna létre az ALKOBEEER OH-00364/2008 NFÜ pályázat, a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005 és a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0023 pályázat anyagi támogatása nélkül.