



Élelmiszertudományi Kar

Gluténmentes sörök gyártástechnológiájának kidolgozása félüzemi körülmények között

TDK dolgozat

Sebestyén Anett
1. évf. MSc hallgató



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

ALKOBEER OH-00364/2008 NFÜ Pályázat

Témavezető:
Kiss Zsuzsanna
egyetemi adjunktus

Budapest
2012.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Irodalmi áttekintés	4
2.1. A lisztérzékenység.....	4
2.2 A glutén	4
2.3. A hajdina	4
2.4. A köles.....	5
2.5. A hajdina és a köles magjának szerkezete.....	6
2.6. A hajdina, mint sörgyártási alapanyag	8
2.7. A hajdina és az árpa összehasonlítása	8
2.8. A hajdinasör készítésének eddigi eredményei.....	10
2.9. Különböző kölesfajták malátázása.....	11
2.9.1 Áztatási folyamatok vizsgálata	11
2.9.2. A sörlé viszkozitása.....	12
2.9.3. Malátázás: α -amiláz aktivitás.....	12
2.9.4. Malátázás: β -amiláz aktivitás	13
2.9.5. Örlés, cefrőzés folyamata kölesnél.....	13
3. Kísérleti célkitűzés	16
4. Anyagok és módszerek.....	17
4.1. Felhasznált anyagok.....	17
4.2. Mechanikai vizsgálatok.....	17
4.2.1. Hektolitertömeg	17
4.2.2. Ezerszem tömeg	17
4.2.3. Üvegesség	17
4.2.4. Osztályozás	17
4.3. A malátázás módszere	18
4.4. Kongresszusi cefrőzés	18
4.5. Sörfőzés félüzemi körülmények között.....	19
4.6. A sörlevek és sörök analitikai paramétereinek meghatározása	24
4.6.1. A pH érték meghatározása.....	24
4.6.2. Szín meghatározása spektrofotométerrel	24
4.6.3. Szabad α -amino nitrogén (SZAN) tartalom meghatározása ninhidrines módszerrel	24
4.6.4. Alkohol- és extrakttartalom mérése	25
4.6.5. Keserűség értéke (Nemzetközi módszer) Analytica-EBC szerint.....	26
4.6.6. β -amiláz enzim hőfokoptimumának meghatározása.....	27

4.6.7. Proteolitikus enzimeket gátló hatás vizsgálata.....	28
4.7. Érzékszervi minősítés	28
5. Kísérleti eredmények és az eredmények értékelése	29
5.1. Mechanikai vizsgálatok eredményei	29
5.2. Kongresszusi cefrézés	30
5.3. A sörfőzés értékelése	31
5.4. A sörlevek és sörök főbb paramétereinek meghatározása.....	33
5.4.1. Szabad α -amino nitrogén (SZAN) tartalom	33
5.4.2. A kész sör	34
5.4.3. β -amiláz enzim hőfokoptimumának meghatározása	35
5.4.4. Proteolitikus enzimeket gátló hatás vizsgálata.....	35
5.5. Érzékszervi minősítés	37
6. Összefoglalás.....	39
Felhasznált irodalom.....	40

1. Bevezetés

A cöliákia egy autoimmunológiai betegség, melyet az arra hajlamos személyekben a glutént tartalmazó gabonafélék fogyasztása idézhet elő. A glutén egy olyan gabonafehérje, ami glutelinből (gluteninből) és prolaminból áll. A prolamin gabonától függően másképp nevezik: gliadin (búza és a rokonai), secalin (rozs), hordein (árpa), avenin (zab), zein (kukorica), kafirin (köles), oryzin (rizs). A betegség nem gyógyítható, a tünetek kezelése gluténmentes diétával történik, vagyis ki kell zárni minden olyan gabonafélének, illetve a belőle készült termékeknek a fogyasztását, amely glutént tartalmazhat. A sörfőzésre felhasznált gabonafélék (árpa, búza, tritikálé, rozs) jelentős része tartalmaz glutént, így a sör fogyasztása a lisztérzékenyek számára tilos. Magyarországon természetesen olyan gluténmentes növényeket, mint például a köles, a cirok, az amarant, a kukorica és a hajdina, amelyek megfelelő alapanyagot szolgáltathatnak a sörkészítéshez.

Gluténmentes sör további előállítási lehetőségei, és kutatások témája, a glutén enzimatis lebontása a sörfőzés során és a glutén fehérje extrakciója a kész sörökből palackozás előtt (mint pl. a Magyarországon is kapható Neumarkter Lammsbräu). Másik megoldás más cukortartalmú alapanyagokból és aromákból, alkoholból a sör előállítása, mint például méz, izocukor, szirupok – ezeknek az ízvilága sajnos csak emlékeztet a sörre.

Dolgozatomban, a Tanszéken eddig elért laboratóriumi eredményeket, optimálási kísérleteket felhasználva, megpróbáltam léptéknöveléssel félüzemi körülmények között hajdina és köles sört készíteni, hogy a gluténmentes kész sör, íz, illat, állag, hab, alkohol-tartalom és egyéb vonatkozásokban is hasonlítson a hagyományos, árpamalátából készült termékekhez. A gyártási folyamat során tapasztalt, a hagyományos eljárástól eltérő technológiai problémákra próbáltam magyarázatot találni a gyártásközi minták analitikai elemzésével és egyedi beállítások (pl. cefrézési) megvalósításával.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A lisztérzékenység

A lisztérzékenybetegeknél a vékonybélnek egy olyan kóros állapota alakul ki, amit a glutén által kiváltott, összetett immunológiai válasz okoz a genetikailag predisponált emberekben.

Az egész életen át tartó intoleranciát a gluténnek (siker) nevezett összetett fehérje okozza, melyet a búza-, árpa-, tönköly- durum- és a rozsliszt is tartalmaz. Ez az immunrendszer részvételével kialakuló folyamat, de nem jár IgE szint növekedéssel, és nem kísérik atópiás társuló betegségek. A szervezetben ellenanyag termelődik az egyik saját fehérje, a szöveti transzglutamináz nevű enzim ellen (ezen enzim feladata a glutén lebontása). Az elfogyasztott glutén lebontódik egy gliadin nevű peptiddé. A reakciót ez az enzim-peptid komplex váltja ki az arra hajlamos egyének szervezetében. (BARTA L. et al.,1985)

2.2 A glutén

A glutén az endospermiumban található tartalékfehérje, amely glutelinből (gluteninből) és prolaminnal (gliadinból) áll. A prolaminnak 70 százalékos etil-alkoholban, a glutelinek pedig híg savban illetve lúgban oldódnak. A búzaglutén egynegyede glutenin, háromnegyede gliadin. A glutenin nagy molekulatömegű, míg a gliadin kis molekulatömegű, ezért tömegarányuk kb. 1:1 a glutén frakcióban és elválasztás-technikai eljárásokkal, elsősorban elektroforézissel komponensekre bonthatók. Más gabonánál ez az arány eltérő. Az elektroforetikus mobilitásuk alapján további α -, β -, γ -, ω - prolaminnak különböztethetünk meg, amelyek mennyiségi eloszlása minden gabonanövényenél más és más. Cöliákiasokra nézve az α - és β -típusú prolaminnak tartják elsősorban toxikusnak.

2.3. A hajdina

A hajdina (*Fagopyrum esculentum* Moench) rendszertanilag a zárvatermők törzsébe, a kétszikűek osztályába, a keserűfűfélék családjába, a *fagopyrum* nemzetség fajai közé tartozik. A hajdina termése 5-6 mm hosszú, legömbölyített gúla alakú, háromélű makkocská. A terméshéj a fajták szerint vastag vagy vékony és szorosabban vagy lazábban borul a maghéjra, emiatt van, hogy a fajták nehezebben vagy könnyebben hántolhatók.



1. ábra: Hajdinaszemek

A hajdinacsíra gazdag B-vitaminokban. Az ásványi anyagok közül különösen jelentős a foszfor-, kalcium-, réz-, magnézium- és vastartalma. A hántolatlan termés megközelíti a kukorica és az árpaszem keményítőtartalmát. Szárazanyagra vonatkoztatva a hántolatlan termés keményítőtartalma 56%, míg a hántolt mag, illetve liszt 70%-a keményítő. A

termés hántolatlanul 11,4% nyersfehérjét tartalmaz, a liszt csak 8,3%-ot, mert hántoláskor jelentős mennyiségű fehérje kerül a korpába. A hajdinaliszt nyersfehérje-tartalmának 94%-a valódi fehérje, a többi főként szabad aminosav, savamid, peptid, nitrogén tartalmú glikozid. A valódi fehérje 96%-a glutenin, mely könnyen emészthető. A hajdina fő endospermiumfehérjei a sóban oldódó globulinok (Tiara, 1974, Hiller et al. , 1975, Maksimovics et al., 1996) Magjában főként 13S globulint raktároz. A globulinok leguminszerű szerkezettel rendelkező oligometrikus komplexek. (Rout, 1999) A búzaliszt és a hajdinaliszt fehérjefrakciójának fő különbsége, hogy míg a hajdina gazdag albuminban és globulinban, addig a prolamin alacsony szinten tartalmazza (általában csak 1,9%), glutelintartalma pedig sokkal kisebb. A hajdinaliszt aminosavtartalma hasonló a búzalisztéhoz. Megállapították, hogy a hántolatlan termés aminosavai közül a lizin és az izoleucin aránya csökken, míg a metionin jelentősen növekszik a hántolással. A metionin-tartalma (4,7 g/100 g) a darában megközelíti a tojásfehérjében lévő arányt, így az egyik legnagyobb metionin-tartalmú növényi termék a hajdina termése. A hajdinának kiegyensúlyozott esszenciális aminosav-összetétele van (Dr. Dávid, 1999). Az antinutritív komponensek közül tartalmaz kis mennyiségben természetes enziminhibitorokat. A mikrokomponensek közül jelentős a rutin tartalma, mely kedvezően hat a hajszálerek rugalmasságára. (Hajós, 2008)

2.4. A köles



2. ábra: Kölesszemek

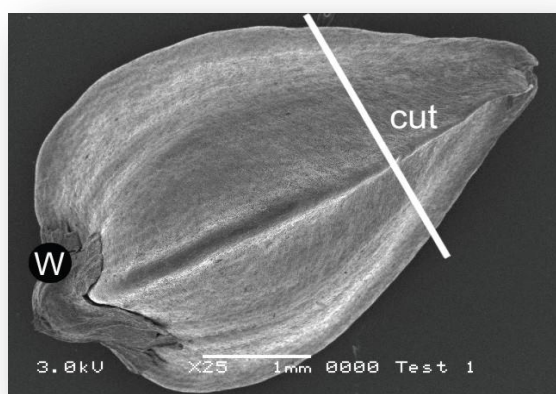
A köles is a pázsitfűfélék családjába tartozik, azon belül is a kölesfélékhez. A szemtermést borító toklász alapján négyfajta kölest különböztetünk meg: a fehér kölest (*P. miliaceum album*), a vörös kölest (*P. miliaceum rubrum*), a szürke kölest (*P. miliaceum griseum*), és a sárga kölest (*P. miliaceum luteum*). Magyarországon a vörös, a fehér és a szürke köles terjedt el. A fehérjetartalma, az aminosav-összetétele alapján, a többi gabonafélékhez hasonlóan a közepes biológiai értékű fehérjékhez sorolható. Zsírtartalma 3-6% között van (fajtától, talajtól függően), amelynek linolsav-(esszenciális zsírsav) tartalma jelentős. Keményítőtartalma a zabot követően a legkevesebb a gabonafélék között. Emberi fogyasztásra a hántolt kölest használjuk, így vitamintartalma alacsonyabb, de niacintartalmának jelentős része a hántolás után is megmarad. Az ásványianyag-tartalma a többi gabonaféléhez képest nagy, kiemelendő a kalcium- és a vastartalma. A hántolt kölesnek alacsony az élelmirost-tartalma, magas a metionin-, cisztin-, és ciszteintartalma. (Taylor, 2006)

2.5. A hajdina és a köles magjának szerkezete

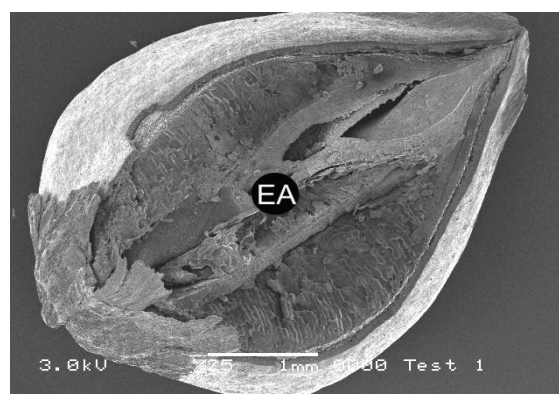
Winjgaard és munkatársai (Winjgaard et al., 2007) pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM), tanulmányozták a hajdinaszem szerkezetét. A morfológiai és a strukturális tapasztalatok fontos szerepet játszanak a malátázásnál, az őrlésnél és a cefrőzési folyamatoknál egyaránt.

A mag alja és teteje között húzódik az embrionális tengely (4. ábra). Az embrió a mag csúcsában helyezkedik el (a központtól távol), emiatt a termés kétharmadánál végezték a keresztirányú vágást (3. ábra). A két sziklevel az embrió körül S-alakban összehajlik, az endospermiumig szorosan egymáshoz kapcsolódnak, majd a maghéj belső oldalán végződnek. (5. ábra)

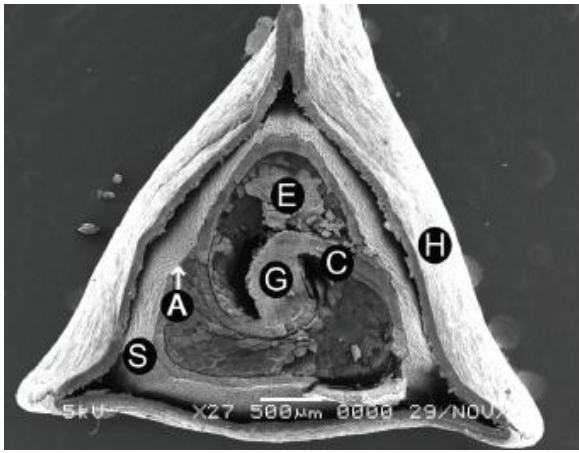
A hajdina kisméretű (kb. 4-7 μm) keményítőszemcséi az endospermium sejtjeiben találhatók, s viszonylag vékony sejtfallal vannak körbevéve. (6. ábra) A keményítőszemcsék előfordulásának sűrűsége a magban való elhelyezkedésüktől függ. Közvetlenül a sziklevelek mellett található keményítő szerkezete sokkal tömörebb (keményebb) (7. ábra), mint a termés többi részén lévő. Az endospermium tömör szerkezete fokozatosan lazul a csírázás során, a fehérjeréteg elkezd bomlani, ezáltal a keményítő is jobban hidrolizálhatóvá válik, ami a szemcsék mélyedésképződését eredményezi (7/E ábra). Ugyanabban a magban, de más helyen a keményítő kevésbé hozzáférhető az enzimek számára. Kevesebb és kisebb hegyes alakú képződmény észlelhető az endospermium közepén (7/F ábra). Tehát a SEM által vizsgált képeknél figyelembe kell venni, hogy a mag melyik részén készültek. A sziklevelek közelében a keményítőszemcsék sokkal lazábban kapcsolódnak egymáshoz, ez a laza szerkezet könnyebben degradálódik, ezáltal könnyen bontási felületté válhat. Ezek alapján feltételezik, hogy a hidrolitikus enzimek származási helyei a sziklevelek. (Wijngaard et al. 2006)



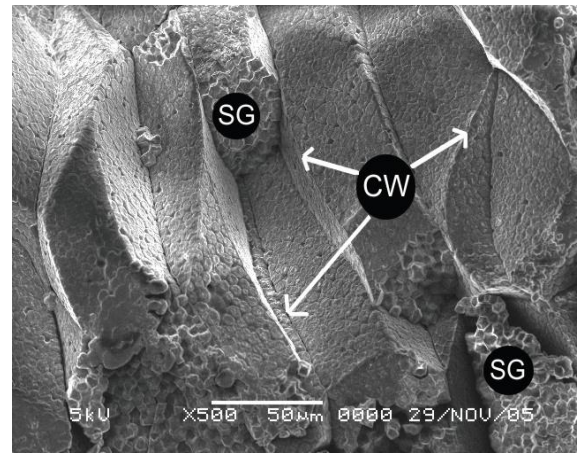
3. ábra: Egész hajdina szem. W az a hely, ahol a mag a növényhez kapcsolódik, a vonal a keresztirányú vágás helyét mutatja (Wijngaard et al., 2007)



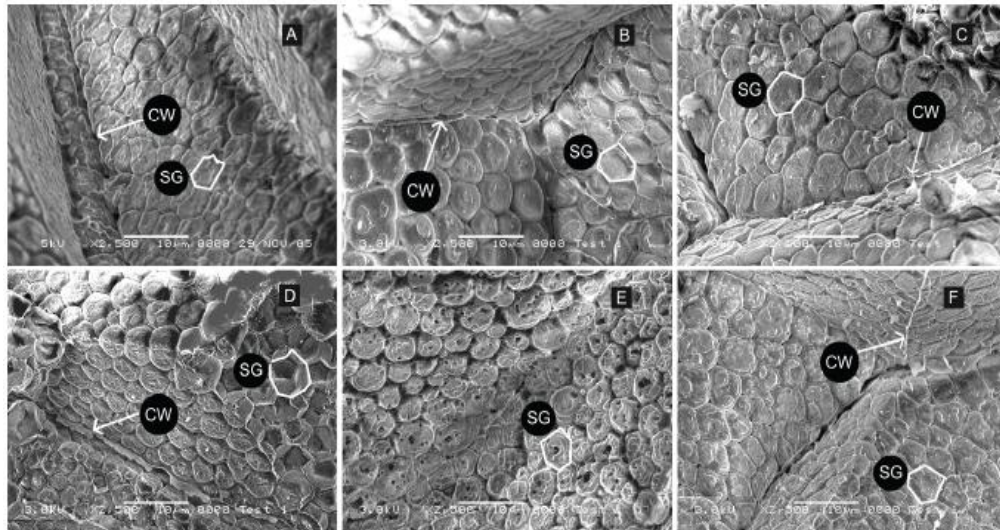
4. ábra: A hajdina mag hosszanti része az embrionális tengellyel (EA) (Wijngaard et al., 2007)



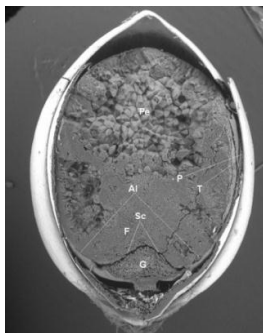
5. ábra: SEM-mikrográf a malátázatlan hajdináról, mely megmutatja a héjat (H), maghéjat (S), aleuron réteget (A), embriót (G), endospermiumot (E) és a szikleveleket (C) (Wijngaard et al., 2007)



6. ábra: SEM-mikrográf a malátázatlan hajdina sejtjeiről, mely mutatja a sejtfalakat (W) és a keményítő szemcséket (SG) (Wijngaard et al., 2007)



7. ábra: SEM-mikrográf a hajdina endospermiumának tömör szerkezetéről a malátázás műveletének különböző szakaszairól a sejtfa (CW) és a szemcsék (SG) ábrázolásával. Malátázatlan (A), az áztatás alatti (B), háromnapos csíráztatás utáni (C), a csíráztatás végén lévő (D), aszalt és a sziklevelek közelében elhelyezkedő (E), aszalt és az endospermium közepén található (F) szemcsék ábrázolása (Wijngaard et al. 2007)



8. ábra: Kölesszem szerkezete

Hasonló vizsgálatokat végeztek a kölesszemeknél. A mag hosszúkas, hengeres alakú, egymagvú szemtermés, melyet barázdált felületű, vékony, barna pelyvalevél borít. Az aleuron réteget egyrétegű sejtek alkotják, alatta az endospermiumban perifériás és lisztes állományú keményítőszemcsék találhatók, az előbbieket vastag fehérjemátrix veszi körül, mely a keményítő emészthetőségét, a cefrőzésnél a lebontását nehezíti. (Agu, 1995)

2.6. A hajdina, mint sörgyártási alapanyag

A hajdina a sörfőzésben is egyre népszerűbbé válik, különösen mióta rámutattak arra, hogy megfelelő alapanyag a gluténmentes sörök előállításához.

Maccagnan és munkatársai (Maccagnan et al., 2004) a hajdinát főként malátázatlan segédanyagként használják gluténmentes sörök kisüzemi előállításakor. A Sara Buckwheat Beer komlózott és fűszeres ízű belga sör, mely malátázatlan hajdinából (kb. 25%) és árpamalátából készül. Nagyon sok helyen pörkölt formában, árpamalátával keverve használják fel, mint ízesítő anyag. Ilyen pl. a Rogue sörgyár két terméke: Morimoto Soba Ale, mely élesztős, édes és malátás aromájú és a Rogue Morimoto Black Obi Soba Ale diószerű ízével (a soba a hajdina japán elnevezése) vagy a dél-karolina-i RJ Rockers sörgyár sötét színű, krémes, édeskés ízű készítménye, a Buckwheat After Dark. A franciák teljesen hajdinából készült söre, az Ambrée de Sarrasin, az édes, fűszeres kenyér és a narancs ízeire emlékeztet.

Az alapvető enzimek alacsony szintje miatt (pl. α -amiláz, β -amiláz, β -glükánázok) a 100%-ig malátázott hajdina cefrézése (kereskedelmi enzimek hozzáadása nélkül) problémákhoz vezethet, emiatt MacFadden és Clayton proteázok, α -amilázok, β -amilázok, β -glükánázok, amiloglikozidázok és cellulázok adagolását javasolta. (MacFadden és Clayton, 1989)

Az ír Élelmiszer- és Táplálkozástudományi Tanszék, a Folyamat-és Vegyészmérnöki Tanszék hatáskörű területi analízissel (RSM) vizsgálta, hogy 3 enzim (celluláz, glükóamiláz, α -amiláz), hogyan befolyásolja a teljes extraktot és a sörlé minőségét. Az enzimekből páronként enzimkeverékeket készítettek (a szinergikus hatás tanulmányozása miatt nem keverték össze mindhármát). Az adatok alapján az állapítható meg, hogy a Biocellulase W csupán a másik két enzimmel kombinálva fejtett ki hatást a sör minőségére. A Hitempase 2XL (glükóamiláz) növeli a cefre színét, extrakttartalmát, a sörlé szűrhetőségét, az erjeszthetőséget és az erjeszthető cukortartalmat és csökkenti a viszkozitást. Az Amylo 300 (α -amiláz) a fermentálhatóságot az összes erjeszthető cukortartalmat, az összes oldható nitrogént, a szabad α -amino nitrogént és a Kolbach indexet is növeli. Magas szintű erjeszthetőség érhető el a két enzim kombinációjával is: 30% Biocellulase, 70% Hitempase. (Nic Phiarais et al., 2005; 2006)

2.7. A hajdina és az árpa összehasonlítása

Az árpa és a hajdina magjai között szerkezeti különbségek figyelhetők meg, mivel az árpa egyszikű, a hajdina pedig kétszikű növény. A hajdina háromszög alakú terméseiben tehát két sziklevelel található. (Kreft, 2000) Ennek a botanikai különbségnek köszönhetően az enzintermékeik és így a malátázási folyamatuk is különböző.

Vizsgálták a hajdina és az árpa fehérje- és keményítő szerkezetét (Winjgaard et al., 2007), Fuchsin savval festették meg a mintákat, ami által a fehérjestruktúra vált láthatóvá. A módszer

bebizonyította, hogy a keményítőszemcsék fehérjemátrixba vannak beágyazódva. A felvételek azt mutatták, hogy a hajdina endospermiumában a fehérjék nem olyan szétszórtan helyezkednek el, mint az árpa esetében. Az árpa fehérjemátrixa egy amorf halom. A gabonákban, pl. az árpában, a fehérjék 80-90%-át az endospermium tartalmazza. A hajdina esetén viszont a csírában és a sziklevelekben található a fehérjék kb. 55%-a, az endospermiumban pedig csupán 35%. A keményítőszemcsék kimutatására Rhodamine B-t és nagyobb objektívet (40x) használtak. A hajdinamaláta alacsonyabb amilolitikus aktivitást mutat, mint az árpamaláta. (Wijngaard et al., 2005) A hajdinakeményítő az árpához képest magasabb polimerizációs fokkal rendelkezik és ezért a molekuláris súlya is nagyobb. (Praznik et al., 1999)

Winjgaard és munkatársai rámutattak arra, hogy az árpa nagyobb mérete és magját körülvevő rétege miatt lassabban veszi fel a vizet, mint a hajdina. Ez alapján azt várták, hogy az aszalás során a hajdina gyorsabban szárad. Ennek ellenére Schuster és Grünewald azt figyelte meg (Schuster és Grünewald, 1957), hogy a 40°C-on történő aszalás első 9 órájában az árpa nedvességtartalma kb. 43%-ról 11%-ra csökkent. Ezzel szemben a hajdina nedvességtartalma azonos körülmények között 43,9%-ról 15,5%-ra változott. Ennek egyik lehetséges oka, hogy az árpa extra külső héjának köszönhetően több szabad vizet vesz fel (Pomeranz és Sachs, 1972), ami nem kötődik az endospermium komponenseihez, ezért az aszalással könnyen eltávolítható. Elméletileg a hajdina malátázása során csupán az áztatás folyamán keletkezik nitrogénvesztés, ugyanis az áztatóvíz kioldja az oldható nitrogén anyagokat a magokból. (Briggs, 1998)

A csírázás körülményei (idő, hőmérséklet) nincsenek jelentős hatással az összes nitrogén- és az oldható nitrogéntartalomra. A hajdinamaláta 1,69-1,84% nitrogént tartalmaz, oldható nitrogéntartalma pedig 419-534 mg/100 g maláta. A csírázás nincs hatással azokra a fehérjefrakciókra, amelyek nem oldódtak a malátázás előtt. Ebből az következik, hogy minden lényeges változás a korai szakaszban történik, azaz a csírázás első két napjában. A meghosszabbított csírázási periódus magasabb szabad α -amino nitrogén mennyiséget (72-104 mg/100 g maláta) eredményez, míg a csírázás hőmérsékletével mennyisége nem változik. A sörlé viszkozitása az összes oldható anyag mennyiségétől és az extrakt összetételétől, vagyis a malátázás alatti enzim aktivitástól függ. A hidrokolloidok hatalmas hatással vannak a viszkozitásra (pl. β -glükanáz, araboxilanáz). A hajdina nem tartalmazza számottevő mennyiségben ezeket a komponenseket, élelmi rostjának igazi természete sem ismert, így ezen a területen jelentős következtetéseket még nem tudtak levonni. A malátázatlan hajdina 4,8% oldható rostot is tartalmaz, ami a viszkozitást erősíti. Az extrakt összetételét a csírázás különböző paraméterei nem változtatják meg. A csírázás idejének és hőmérsékletének változtatása a fermentációban sem okoz változást.

A proteolitikus enzimek, az α -amiláz és a β -amiláz aktivitása is alacsonyabb, mint az árpa

malátában (a proteázok aktivitása kb. fele annyi), csírázás kezdetén a magas proteáz aktivitás nagyon fontos, mivel biztosítani kell, hogy a raktározott fehérjék időben felbomoljanak. A csírázási hőmérséklet kevésbé befolyásolja a végső maláta fehérjedegradációját, amiből arra következtettek, hogy a malátázás során kinyerhető fehérjékre a proteolízis van hatással. (Hübner és Arendt, 2010) Ikeda és Kishida (1993) azt tapasztalta, hogy az albuminok kevésbé hajlamosak a proteolízisre, mint a globulinok.

A hajdinában a β -amiláz oldható és látens formában van jelen és a malátázás során szintetizálódik, szemben az árpával, amiben a β -amiláz aktivitása nem változik a malátázással.

A hajdina 1,3-1,4 β -glükánáz helyett szupermolekuláris glükán szerkezeteket tartalmaz. (Praznik et al., 1999)

2.8. A hajdinasör készítésének eddigi eredményei

Winjgaard és Arendt (2006) megállapította a hajdina malátázásához szükséges paramétereket:

- áztatás: 7-13 óra
- csíráztatás: 15°C –on 4-5 nap (nedvességtartalom kb. 41%)
- aszalás: 5 órán keresztül 45°C –on, majd 17 órán át 50°C –on

Többféle cefrézési módot próbáltak ki, a legkedvezőbbnek egy infúziós eljárás bizonyult, melynek menete: 15 perc 35°C-on vagy 15 perc 45°C-on, 40 perc 65°C-on, 30 perc 72°C-on, majd 10 perc 78°C-on.

2005-ben Zweytick és munkatársai (Gallagher, 2009) 2 óra áztatással, 4 napos csíráztatással és 26 órán át tartó 80°C-os szárítással készítettek hajdinamalátát. Az abból készített sör jellemzői: barna színű, átlátszatlan, keserű ízű, gyenge habtartósságú.

Winjgaard és Arendt 2006-ban arra jutott, hogy 100%-ig hajdinából hagyományos láger sört készíteni exogén enzimek hozzáadása nélkül talán nem lehetséges.

Nic Phiarais és munkatársai (Nic Phiaris et al., 2010) 100%-ig hajdinamalátából készítettek felső erjesztésű sört. A cefrézési eljárás nem volt megfelelő, amit az alacsony extrakttartalom is bizonyított. Bajomo és Young (Bajomo és Young, 1993) és Meilgaard (Meilgaard, 1976) megállapította, hogy az élesztő megfelelő működéséhez a SZAN értékének minimum 100 mg/l-nek kell lennie, ennek a hajdina eleget tett (110 mg/l). Értéke az erjesztés előrehaladásával csökkent (12 napos erjesztés után az érték 46 mg/l lett). A sör színe a sörfőzés során sötétedett, amit a hőmérsékletfüggő Maillard reakció okozott. A sörlé szűrése nagyon lassan ment végbe, emiatt a cefrét 4 órán keresztül pihentették a szűrőkádon, majd a felülúszót átszivattyúzták a komlóforralóba. Ez az eljárás zavaros és viszkózus (2,59 mPas) édes sörlevet eredményezett. A szűrőágy hiánya miatt mászlást nem is tudtak alkalmazni, ami magas extraktvesztiséget eredményezett (az extrakt 54,5%-át tudták visszanyerni). Az extrakt növelése érdekében a sörlevet

94 percig forrásban tartották, ami növelte az extraktvisszanyerést, a szivattyúzott sörlé extrakttartalma pedig 9,9 %w/w lett. A forralás következményeként az összes nitrogén (991 mg/l) és a SZAN (210 mg/l) értéke is növekedett. A sör végső pH-ja (4,5) kellően alacsony volt ahhoz, hogy gátolja a Gram-negatív sörkárosító baktériumok szaporodását és kedvezően befolyásolja a sör ízét. A kész hajdinasör alkoholtartalma 4,53 %V/V lett.

A hajdina sörlé a glükózt (28,6 g/l) kivéve kevés erjeszhető cukrot tartalmazott. A hajdina néhány vegyület kivételével (feniletanol, 3-metilbutanol és 2-feniletanol) elenyésző mennyiségben tartalmaz aromás komponenseket. A hexanal a linolsav legfontosabb bomlási terméke, mely a csírázás és az aszalás során átalakul és a malátában raktározódik. Az oxidációs folyamatok indikátoraként használják. A hajdinamaláta számottevő mennyiségben tartalmazza (59 µg/kg).

A hajdinasör legfontosabb alkoholjai: 1-propanol, 2-metilpropanol, a 2-metilbutanol és 3-metilbutanol. A felső erjesztésű sörökhöz képest kevés észtert tartalmazott. Az acetaldehid értéke a felsőerjesztésű sörök javasolt tartományán belül volt.

A kész sör érzékszervi vizsgálatát a DLG séma alapján képzett bírálókkal végezték. A sört a friss és az ászokolt korában is értékelték a következő jellemzők alapján: aroma, íz tisztasága, ízérzet, szénsavasság és keserűség. (MEBAK, 1997) A legalacsonyabb DLG értéket a friss és az érett sör esetében is az aroma kapta, a legmagasabbat pedig az ízérzet. Az eredmények a sör szűretlenségére utalnak és hasonlóak a búzasör értékeihez.

A friss hajdina sör összes jellemzőjét (aroma, az íz tisztasága és a keserűség) tekintve 100%-osan elfogadható, vagyis 1-es Eichhorn értéket kapott. Az ászokolt hajdina sör elfogadhatósága 68% lett.

2.9. Különböző kölesfajták malátázása

2.9.1 Áztatási folyamatok vizsgálata

Zarnkow és munkatársai (2007) Bajorországban, Erdingben 2004-ben aratott fehér kölest (*Panicum miliaceum* L.) vizsgáltak. Három különböző áztatási fokkal (44, 48 és 52%), három különböző csírázási hőmérséklettel (16, 20 és 22°C) és három különböző csírázási idővel (5, 6 és 7 nap) malátáztak. 500 g-os adagokat mértek be, a műveletet egy 95%-os relatív nedvességtartalmú helyiségekben végezték. Az áztatás első két napján 5 órát voltak vízben a magok, a harmadik napon a végső nedvességtartalom elérésének érdekében (44, 48, 52%) ha szükséges volt ezt folytatták. 50°C-on aszaltak 24 órán át, amit egy ötórás pihenő követett 65°C-on. Az alábbi táblázatban a számolt és mért eredmények minimuma és maximuma van feltüntetve. A mért és számított adatok jó korrelációt mutatnak. Az amilolitikus aktivitás kisebb, mint az árpamalátáé, a szabad-alfa-amino-nitrogén tartalom minimum és maximum értékei között nagy az eltérés.

1.táblázat: A fehér köles beltartalmi értékei malátázás után (Zarnkow és társai, 2007)

Fehér köles (<i>Panicum miliaceum</i> L.)						
			Mért		Számolt	
Mért adat	Mértéke.	Malátázatlan	Min.	Max.	Min.	Max.
Extrakttartalom	%	n.a.	54.8 (7/52/24)	66.5 (5/48/20)	57.3 (7/52/24)	66.3 (5/46/21)
Malátázási veszteség	%	n.a.	5.3 (5/44/16)	26.9 (7/52/24)	4.9 (5/47/16)	26.7 (7/52/24)
Elcsírizesedési hőmérséklet	°C	73,4	64.0 (5/52/16)	71.6 (7/52/24)	64.2 (5/52/16)	71.5 (7/52/24)
α -amiláz aktivitás	E/g	<1	50 (7/44/24)	139 (5/48/20)	57 (7/44/24)	128 (5/48/22)
β -amiláz aktivitás	E/g	63,0	40 (5/52/16)	142 (6/48/20)	40 (5/44/16)	136 (6/44/22)
Határdextrin aktivitás	E/kg	725,0	824 (7/52/24)	2073 (6/48/20)	822 (7/52/24)	2090 (7/48/17)
Szín (EBC)	EBC	n.a.	3.9 (7/44/16)	8.6 (7/52/24)	4.0 (5/48/16)	8.5 (7/50/21)
Kolbach-szám	%	n.a.	26.9 (5/44/16)	45.9 (7/52/20)	27.2 (5/44/16)	44.9 (7/50/21)
Viszkózitás	mPa x s	n.a.	1.338 (5/52/24)	1.699 (7/52/24)	1.338 (5/52/24)	1.598 (7/44/24)
SZAN	mg/100ml	n.a.	149 (5/44/16)	365 (7/52/24)	153 (6/44/16)	362 (7/52/22)

2.9.2. A sörlé viszkozitása

A sör szűrésének megkönnyítése miatt az alacsony viszkozitás az előnyös. Zarnkow és munkatársai (2007) 1,338-1,699 mPas közötti értékeket mértek, az árpa viszkozitása ennél nagyobb. Az eddigi tesztek eredményei azt mutatták minden cereáliánál és pszeudocereáliánál, hogy a viszkozitás a β -glükán tartalomtól függ. Mindazonáltal úgy tűnik, hogy a fehér köles viszkozitása a malátázás mértékétől függ (csírázási idő és hőmérséklet növelésével nő a viszkozitása). Ez a kölesben jelen levő más poliszacharidok miatt lehetséges.

2.9.3. Malátázás: α -amiláz aktivitás

A malátázás fő célja a magas amilolitikus aktivitás elérése, mert így magasabb extrakttartalom érhető el. A két fő enzimtípus, aminek köszönhetően jó extrakttartalmat nyerhetünk, az α - és β -amilázok. Az α -amiláz termelést a gibberelin sav katalizálja.

Pelembe és munkatársai (2002) szerint gyakorlatilag nem volt mérhető α -amiláz aktivitás a nem csíráztatott kölesben, a csíráztatási idő növelésével párhuzamosan viszont nőtt az érték. A legrosszabb eredményeket 20°C-os csíráztatás mellett kapták, 35°C-on jelentősen magasabb értékeket mértek. Mindazonáltal, 35°C-os csíráztatási hőmérséklet esetén a csíráztatási idő is növekedett. Összefoglalva, a 30-35°C-os csíráztatási hőmérséklet mellett voltak az α -amiláz értékek a legmagasabbak, ennek ellenére nem volt jelentős különbség 25°C és 35°C között.

Zarnkow és munkatársai (2007) is úgy találták, hogy az aktivitást jelentősen befolyásolja a csírázási idő és hőmérséklet. 16°C-os hőmérsékleten az α -amiláz aktivitása 78 egység/g-ról 109 egység/g-ra, 20°C-on pedig 124 egység/g-ra emelkedett. A hőmérséklet további emelése itt azonban

az aktivitás csökkenését eredményezte, 105 egység/g-ról 75 egység/g-ra. Ennek ellenére a vizsgálatok azt mutatták, hogy az áztatás mértéke nem befolyásolta az aktivitást. Zarnkow és munkatársai a legmagasabb α -amiláz aktivitást (139 egység/g) az alábbi körülmények között mérték: 20°C, 48%-os áztatási fok, áztatás 5 napig. Az árpánál a mért átlagok 200-250 egység/g. Ez visszavezethető a köles más típusú keményítőjére. Például, nagyobb a vízmegkötő képessége, magasabb az elcsirizedési hőfoka (64,0-71,6°C). Abból adódóan, hogy ennek a kölesfajtának a keményítőszemcséi kisebbek, mint az árpa keményítőszemcséi, és, hogy a magokban található α -amiláz nem egyezik, nincsenek pontos információk a köles α -amilázának az optimális működési hőmérsékletéről, optimális működési pH-járól, és optimális kalcium mennyiségről.

2.9.4. Malátázás: β -amiláz aktivitás

Külföldi eredmények (Pelembé et al., 2002) szerint a nem csíráztatott köles β -amiláz aktivitása nem volt mérhető, a csíráztatási idő növelésével ez az érték is növekszik. Az eredmények 20°C-on a legalacsonyabbak, és általában nagyobb számokat kapunk 35°C-on, de ugyanúgy lelassul a csírázás az utóbbi hőmérsékleten, ezért az időt kell növelni. Pelembé és munkatársai (2002) szerint a 30-35°C-os hőmérsékleten 5 napig történő csíráztatás a megfelelő.

Zarnkow és munkatársai (2007) optimális paraméterek alkalmazása során (44%-os nedvességtartalom, 22°C-on, 6 napos csíráztatás) 61 egység/g-nyi különbséget figyeltek meg a malátázatlan és malátázott köles között (63 egység/g és 124 egység/g). Bár, ha az aszalás nagyon intenzív, a végső aktivitás mértéke kisebb lehet. A β -amiláz aktivitás az árpához képest a négyszeresére nőtt csíráztatás során, ha ez négy napig tartott. Az árpa malátázásából kiindulva, az aszalás a β -amiláz aktivitást a malátázatlan árpa β -amiláz aktivitására csökkenti. Tehát, ha aszalunk – és általában aszalunk – a technológiai folyamatok kevésbé hatnak a β -amiláz aktivitására. A β -amiláz mennyisége a kölesben közelebb áll a cirok és a hajdina enzim mennyiségéhez, mint az árpához. Ezt Zarnkow és munkatársai ugyanúgy magyarázzak, mint az alacsonyabb α -amiláz értéket. Az árpához képest ez eltérő, mert ott malátázás során a β -amiláz aktivitás nem, vagy alig nő.

2.9.5. Őrlés, cefrézés folyamata kölesnél

Eneje et al., (2001) indiai kölest vizsgáltak. A sörlé elkészítéséhez kétféle őrlési módot (száraz és nedves őrlés) és háromféle cefrézési technológiát használtak: infúziós, kétszeres dekokciós és dekantálás. Vizsgálták a szűrés folyamatát: a sörleveket szűrőpapíron átszűrték, 100 ml folyadék leszűrődésének idejét mérték, az első 20 ml szűrletet visszavezették.

2. táblázat: Különböző őrlésmódok eredményei (Eneje et al., 2001)

	Dekokciós eljárás				Dekantálás			
	Száras őrlés		Nedves őrlés		Száras őrlés		Nedves Őrlés	
	Finom	Durva	Finom	Durva	Finom	Durva	Finom	Durva
Forró víz extrakt, 1°/kg	260-265	252-259	263-268	255-269	278-285	269-277	296-320	287-311
Szín, EBC	7,5	7,5	7,0	7,0	8,0	8,0	8,5	8,5
Összes nitrogén tartalom, %	0,52	0,52	0,53	0,53	0,48	0,48	0,48	0,48
SZAN, mg/l	158	157	158	156	147	146	147	147
Viszkozitás, cP	1,25	1,10	1,19	1,02	1,32	1,29	1,22	1,18
Min. szűrési idő, perc/100ml	29	24	28	23	30	26	29	24

Ahogy várható volt, finom őrléssel több extrakt nyerhető. Érdekes, hogy a nedves őrlés során magasabb extraktot nyertek, alacsonyabb EBC-vel. A dekantálás során magasabb viszkozitást tapasztaltak, elképzelhető, hogy ezzel a cefrzési eljárással több β -glükán szabadul föl, növelve a viszkozitást. A SZAN és összes nitrogén értékeket az őrlési módok nem befolyásolták.

3. táblázat: Pennisetum maiwa köles beltartalmi értékei (Eneje et al., 2001)

	Malátázatlan köles	Infúziós cefrzés
Nedvességtartalom, %	10,8	5,7
Össznitrogén tartalom, %	1,7	1,4
Csirizesedési hőmérséklet, °C	75	72
Ezerszemtömeg, g	20,1	-
Csirázási energia, %	96,0	-
Malátázási veszteség, %	-	18,3
Forró víz extrakt, (1°/kg)	-	203-215
Szín, EBC	-	6,0
Összes oldható Nitrogén, %	-	0,58
SZAN, mg/l	-	168

	Dupla dekokciós/kétcefrés eljárás	Dekantálás
Forró víz extrakt, 1°/kg	265	320
Szín, EBC	6.5	9.8
pH	5.4	5.4
Összes oldható Nitrogén, %	0.52	0.48
SZAN, mg/l	158	148
Min. szűrési idő, perc/100ml	28	22

Eneje és társai (2001) a legmagasabb extrakttartalmat dekantálós cefrzéssel érték el, 65°C-on. Az infúziós eljárásnál ugyanis a keményítő, magas csirizesedési pontja miatt, kevésbé tud elcsirizesedni, míg a dekantálás során a külön felforralt kölesszem-örlemény cefréből teljesen feltárt szemcsék kerülnek vissza a maláta cefrébe, növelve a kihozataalt. Más külföldi eredmények szintén *Pennisetum maiwa*-t malátázva, infúziós eljárással cefrözve 10,0°P-os extrakttartalmat kaptak (Agu, 1995).

A magas össznitrogén tartalom és magas SZAN érték arra enged következtetni, hogy a köles fehérjéi érzékenyek a hidrolízisre malátázás és cefrézés során (Eneje, 2001).

Ezek alapján elmondható, hogy olyan gabonák, amelyek csirizesedési hőmérséklete magasabb, mint az árpáé, optimálisan dekokciós eljárással cefrézhetőek.

Eneje és munkatársai jó extrakt eredményeket kaptak infúziós eljárást alkalmazva, mert a köles keményítőjének a csirizesedési hőmérséklete malátázás során némileg csökkent. Magasabb extrakttartalmat nyertek dekantálással ill. dekokciós cefrézéssel, mert a keményítő elcsirizesedett a főzés során. Annak ellenére, hogy dekantálással magasabb extrakttartalmakat mértek, az összes oldható nitrogén és a SZAN értékek csökkentek, mert a fehérjék denaturálódtak cefrézés közben.

Dekantálással sötétebb cefrét kaptak. Általában elmondható, hogy nedves őrléssel jobb extraktkihozatali eredményeket lehet elérni.

Eneje és munkatársai arra a következtetésre jutottak, hogy az optimális cefrézési eljárás kölesnek a dekantálás (Eneje et. al, 2001).

3. Kísérleti célkitűzés

A félüzemi kísérleteim célja új söripari termékek kifejlesztése, melyek gluténmentesek, így a lisztérzékenyek is fogyaszthatnák, a forgalomban lévő sörökhöz képest pedig újfajta, más karakterű termékek megjelenését eredményeznék, amelyek valószínűleg az egészséges emberek között is népszerűvé válnának.

Célom a hazai termesztésű köles- és hajdinafajták malátázása, a korábban kidolgozott optimális paraméterekkel, sörlé készítésének kidolgozása, és ezek alapján félüzemi körülmények között megfelelő kémiai, fizikai és érzékszervi jellemzőkkel rendelkező köles ill. hajdina sör előállítása.

Az alábbi célokat tűztem ki magam elé:

1. malátázás elvégzése a Tanszéken található mikromalátázó berendezéssel, az így elkészült maláta beltartalmi értékeinek vizsgálata
2. a köles- és hajdinamaláta minősítése:
 - Kongresszusi sörlé cefrézése
 - sörlevek extrakttartalmának megmérése
 - SZAN értékek meghatározása
3. az elkészült köles malátából félüzemi körülmények között sör előállítása, és annak vizsgálata
 - a sörfőzés során az extrakttartalmak alakulásának nyomonkövetése
 - az erjedés nyomonkövetése
 - a kész sör extrakttartalmának megmérése
 - keserűérték meghatározása
 - az elkészült gluténmentes sörök érzékszervi vizsgálata bírálócsoporttal és az eredmények összehasonlítása egyéb alternatív gabonákból készült sörök eredményeivel
4. a cefrézésben résztvevő enzimek vizsgálata
 - a β -amiláz hőfokoptimumának meghatározása kölesnél és hajdinánál
 - proteolitikus enzimeket gátló hatás vizsgálata

4. Anyagok és módszerek

4.1. Felhasznált anyagok

Mindkét mintát a Szegedi Gabonakutató Kht.-től kaptuk:

Hajdina: Hajnalka minta

Köles: Alföldi 1 minta

4.2. Mechanikai vizsgálatok

A vizsgálatok során a mintákon két párhuzamos mérést végeztem el.

4.2.1. Hektolitertömeg

A hajdina és köles tömegét ismert űrtartalmú edényben határoztam meg, amit egy hektoliterre átszámítottam. Az eredményeket kilogrammban adtam meg.

4.2.2. Ezerszem tömeg

Az átlagmintákból ezer hajdina ill. kölesszemet válogatás nélkül kiszámoltam és megmértem a tömegüket.

4.2.3. Üvegesség

50 db hajdina- és kölesszemet vágókéssel félbevágtam, majd a vágási felületüket érzékszervi vizsgálattal értékeltem ki és megállapítottam az üveges szemek arányát.

4.2.4. Osztályozás

A módszer alapelve

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

Szükséges eszközök

- táramérleg
- söriparban alkalmazott szitarendszer,

A rések szélessége: I. rostánál 3,55 mm, II. rostánál 2,8 mm, III. rostánál 2,5 mm, IV. rostánál 2,2 mm

A mérés menete:

100 g homogenizált hajdina- és kölesmintát táramérlegen lemértem, majd a felső szitára öntöttem és 5 percig kézzel ráztam. A fél és idegen szemeket kiszedtem és a rostafenéken összegyűlt rostaaljhoz adtam. Az egyes frakciók súlyát megmértem és az összes súly százalékában adtam meg.

Az eredmény értékelése

A frakciók besorolása:

I. osztály: I. + II. rosta

II. osztály: III. rosta
 rostaalj: rostafenék

4.3. A malátázás módszere

A malátázásokat a Tanszéken található mikromalátázó berendezéssel végeztem. A mikromalátázót két fő egység alkotja: az áztató-csírázató illetve az aszaló egység. Az egyes műveleti lépések számítógépes szoftver segítségével irányíthatók, és automatikusan szabályozhatók. Az áztató-csírázató és az aszaló egységbe nyolc cserény rakható be, amelyek kapacitása maximálisan egy kilogramm, így a berendezéssel maximálisan 8 kg maláta készíthető el. A hajdina és a köles malátázásának paramétereit az alábbi táblázatokban foglaltam össze:

4. táblázat: A hajdinamaláta készítésének körülményei

		Hőmérséklet (°C)	Idő (h)	Levegőztetés
Áztatás (45% nedvességtartalomig)	A magok víz alatt	14	3	buborékoltatás
	A magok víz nélkül	14	10	levegőnedvesítés
	A magok víz alatt	15	4	buborékoltatás
	A magok víz nélkül	15	8	levegőnedvesítés
Csíráztatás		16	24	
		18	24	
		18	24	levegőnedvesítés
		17	48	CO ₂ visszavezetés
		50	24	
Aszalás		80	4	

5. táblázat: A kölesmaláta készítésének körülményei

		Hőmérséklet (°C)	Idő (h)	Levegőztetés
Áztatás (3 ciklusban) (43% nedvességtartalomig)	A magok víz alatt	22	6	buborékoltatás
	A magok víz nélkül	22	2	levegőnedvesítés
Csíráztatás		22	120	levegő visszakeringtetés, permetezés CO ₂ visszavezetés
		50	20	
Aszalás		55	20	55% és 85%-os levegő visszakeringtetése

4.4. Kongresszusi cefrőzés

A módszer elve

A maláta összetételének vizsgálatára alkalmas, szabványosított eljárás, mely biztosítja a mérési eredmények összehasonlíthatóságát. A sörlét laboratóriumban standardizált cefrőzési folyamat során készítjük el finom illetve durva őrleményből.

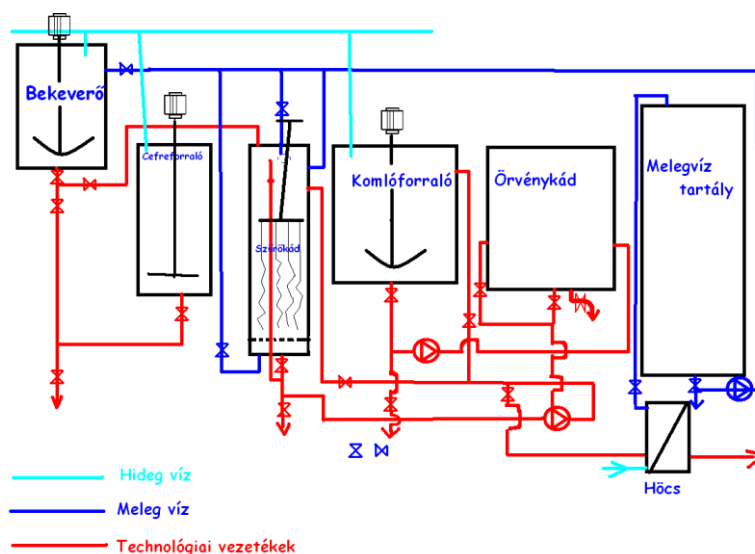
A mérés menete

Szabványosított EBC malátaörlő berendezésen finom és durva őrlményeket készítettem, 50-50 g malátából, amiket csomómentesen 200 ml 45°C-os desztillált vízzel kevertem el ismert tömegű cefréző poharakba. A poharakat az 1-Cube laborcefréző berendezésbe helyeztem és 100 fordulat/perc kevertetés közben 45°C hőmérsékleten tartottam 30 percig, majd 1 °C/ perc sebességgel 70°C-ra emeltem a hőmérsékletet. A 70°C elérésekor 100 ml azonos hőmérsékletű desztillált vízzel egészítettem ki. Egy óra hűn tartás után 10-15 perc alatt szobahőmérsékletűre hűtöttem a cefrét, majd azonos hőmérsékletű desztillált vízzel 450 g tömegűre egészítettem ki.

A cefréből a 70°C hőmérséklet elérése után 10 perccel, majd pedig 5 percenként mintát vettem a jódpróbához, amivel az elcukrosodási időt határoztam meg. A jódpróbához 0,02 n-os jóddoldatot használtam. A próbát addig végeztem, amíg a minta a jóddal nem adott színreakciót.

A szűrési idő meghatározásához a lehűtött cefre teljes mennyiségét redős szűrőpapíron szűrtem át és mértem a teljes szűrlet lefolyásának idejét. A cefre extrakttartalmát söranalizátorral határoztam meg.

4.5. Sörfőzés félüzemi körülmények között



9. ábra: Sörfőző berendezés

Mindkét sör főzése során többféle (hántolt/hántolatlan, malátázott/malátázatlan) őrlményt használtam fel. A különböző őrlményeket a szabványosított EBC malátaörlővel készítettem. A megfelelő minőségű őrlmény előállítása rendkívül fontos a cefrézés, szűrés és a végtermék minőségének szempontjából. Őrlményem összetételét a rovátkolt tengelyek közötti távolság változtatásával tudtam befolyásolni. Az őrlmény akkor megfelelő, ha inhomogén rendszerű, vagyis tartalmaz nagyobb darabokat (pl. héj) és finomabb darát is (pl. magbelső). Az inhomogenitás

nagymértékben segíti a szűrést, a magbelső minél finomabbra őrlése növeli az extraktkihozatazt, valamint a héjban található ízrontó vegyületek a héj aprítatlanságának köszönhetően oldhatatlanok maradnak, így nem károsítják a sörünket.

A megfelelő minőségű őrlemények elkészítése után kezdtem el a sörfőzést, amit a következőképpen hajtottam végre:

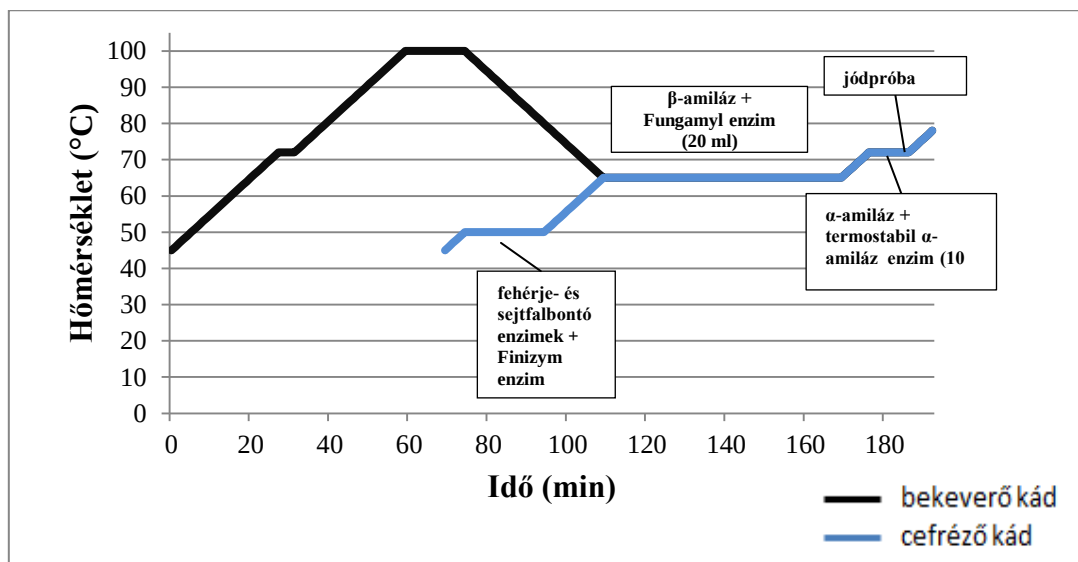
Hajdinasör készítése

A hajdinasör cefrézése dekokciós technológiával történt. A bekeverőbe 24 liter 24°C-os vízhez malátázatlan (2 kg) és 0,5 kg malátázott őrleményt adtam (6. táblázat), a cefrézés hőmérsékletet pedig 72°C-ra állítottam be. (A felmelegedés alatt a hozzáadott maláta enzimek hidrolizálni kezdtek, ennek mértéke a kis szubsztrátkoncentráció miatt alacsony, de az α -amiláz okozta viszkozitás csökkenés szükséges a cefre megfelelő sűrűségének kialakulásához.)

6. táblázat: Felhasznált mennyiségek típusa, mennyisége

Felhasznált őrlemények	
Típusa	Mennyisége (kg)
Héj nélküli malátázatlan	2
Héjjal malátázott durva őrlemény	4,746
Héjjal malátázott finom őrlemény	1,151
Héj nélkül malátázott	2,074

5 perc múlva a részcefrét (1/3) 100°C-ra melegítettem, s 15 percig ezen a hőmérsékleten tartottam, amivel biztosítottam, hogy a keményítőszemcsék teljesen feltároljanak. Ezt követően ezt a részcefrét átszivattyúztam a cefréző kádba, ahol a megfelelő időben elindítottam a maradék 2/3 cefre (8 liter víz és a maradék őrlemény (6. táblázat)) fehérje- ill. sejtfalbontó enzimpihenőjét 50°C-on, ami 20 percig tartott. A pihenő 10. percében 10 ml Finizym enzimet (β -glükánázt bontja, optimuma 50°C) öntöttem a bekeverőbe, majd 5 perc múlva még 10 ml-t. A 100°C-os részcefre az egész cefre hőmérsékletét 65°C-ra emelte, ami megfelelt a β -amiláz hőfokoptimumának. A β -amiláz pihenő 60 percig tartott, mely során a rendszerhez adagoltam 20 ml Fungamyl enzimet (nem termostabilis). A pihenő letelte után a cefrét az α -amiláz hőmérséklet optimumára (72 °C) fűtöttem fel, majd beletettem 10 ml termostabil α -amiláz enzimet. 10 perces pihenő után jódpróbát végeztem.



10. ábra: A hajdina cefrézési diagramja

Ezután a cefrét felmelegítettem 78°C-ra a szűrés hőmérsékletére, majd átengedtem a szűrőkádra és 20 percig ülepítettem. A szűrőkádon elhelyezett nézőablakon át láttam, hogy kialakult a megfelelő szűrőréteg, így megkezdhettem a szűrést. A folyamat első lépése a szűrlet cirkuláltatása lett volna mindaddig, amíg megtisztul a törkölydaraboktól, s ha szép tükrös a sörle, akkor szivattyúzható át a komlóforralóba. A szűrés során viszont problémákba ütköztem, amik megnehezítették a szűrés folyamatát, s lehetlenné tették a mászlást. Végül a törkölylazító és az alsó (lazító) víz alkalmazásával sikerült átszűrni a sörlevet. A színlevet 20°C-ra hűtöttem és szacharométerrel fokoltam.

A komlóforralás megkezdése előtt megmértem a komlóforralóban lévő sörle mennyiségét és extrakttartalmát. Amint ez megtörtént, felfűtöttem a sörlevet 100°C-ra és egy órán keresztül forraltam. Közben kimértem a beadagolandó komlómennyiséget (20 g keserűkomló, 18 g aromakomló), a keserűkomlót a forralás 10., míg az aromakomlót az 50. percben tettem a sörlebe. Az extrakttartalom növelése érdekében izocukrot (500 ml F42, ez nem pótanyagnyi mennyiség, sokkal kevesebb, így az esetleges katabolit represszió elkerülhető) is adagoltam a sörlehez. A forralás végén kapott komlózott sörle a magas hőmérsékletnek köszönhetően stabil összetételű és minden számára káros baktériumtól mentes volt, de a hőkezelés miatt koagulálható fehérjék csapódtak ki benne, melyeket az örvénykádban távolítottam el.

A komlózott sörlevet átszivattyúztam az örvénykádba. A szivattyúzás alatt a belépési sebesség biztosította a megfelelő sebességű forgó mozgást, mely a kád közepe felé irányult, s a seprőt középre terelte, ami kúp alakú üledéket képzett. A szivattyúzás után 10 perces pihenő következett, ami alatt tükrösre tisztult a sörle, amit aztán lemezes hőcserélővel 12°C-ra lehűtöttem.

A lehűlt sörlevet az erjesztő tankba vezettem, ahol az edény falán végigcsorgatva az oxigén bevitel csökkentését is megoldottam. Utolsó lépésként kiszámoltam az erjesztéshez szükséges

élesztő mennyiségét, kimértem és a sörhöz adtam. A tank tetejét lezártam és 5 napig a főerjedés szakaszában tartottam a sört, majd következett az ászokolás folyamata, mely során a fickósört 0-5°C-on érleltem 0,5 bar-os túlnyomáson. A folyamatot napi fokolásokkal követtem nyomon.

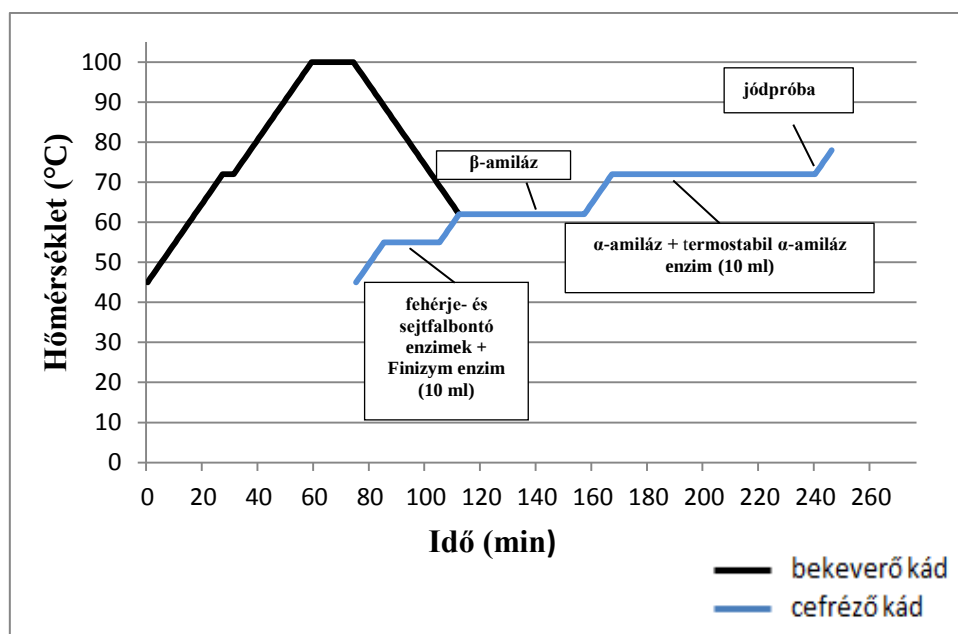
Köles sör készítése:

A köles sör cefrézése is dekokciós technológiával történt. A bekeverőbe 24 l 26°C-os vízhez 1,5 kg malátázatlan és 0,6 kg malátázott köles őrleményt adtam. Ezt a részcefrét (1/3) 72°C-ra melegítettem fel, amely hőmérsékleten, a viszkozitás csökkentése érdekében, 5 percig tartottam. Ezután felfűtöttem 100°C-ra, s 15 percig folyamatos kevertetés mellett ezen a hőmérsékleten pihentettem, majd átvezettem a cefréző kádba, ahol már a maradék cefre (6,0 kg malátázott köles őrlemény és a maradék 8 l víz) 20 perces fehérjepihenő zajlott 55°C-on, melynél a cefréhez adtam 10 ml Finizym enzimet.

7. táblázat: Felhasznált alapanyagok

Malátázatlan köles őrlemény	1,5 kg
Malátázott köles őrlemény	6,6 kg
Bekeverő víz	24 l+8 l

Az 1/3 részcefre (100°C-os) a teljes cefre hőmérsékletét 62°C-ra, a β -amiláz pihenőjének hőmérsékletére állította be. A 45 perces β -amiláz pihenő után az α -amilázos pihenő következett, tehát a hőmérsékletet 72°C-ra fűtöttem fel. A pihenő kezdetétől számítva 10 percenként jódpróbát végeztem. Az első és a harmadik jódpróba után 10 ml termostabilis α -amiláz enzimet öntöttem a cefréhez, összesen tehát 20 ml-t.



11. ábra: A köles cefrézési diagramja

A cefrzési folyamat után a cefrét felmelegítettem 78°C-ra, a szűrés hőmérsékletére, majd átengedtem a szűrőkádra és 20 percen át ülepítettem. A szűrletet addig cirkuláltattam, amíg tükrössé vált, s akkor engedtem a komlóforralóba. A színlel elvételnek akkor volt vége, amikor a folyadék még körülbelül 1 cm vastagságban fedte a törkölyt. Ezután a másolás következett, másológázot egyszer engedtem a törkölyre. A másolást megfokoltam, követve ezzel az extrakttartalom változását.

A másolás után a színsörlel átkerült a komlóforralóba, ahol megmértem a mennyiségét és az extrakttartalmát, hozzáadtam 150 ml izocukrot, majd megkezdtem a komlóforralást, ami 1 órán keresztül tartott. 10 perc után hozzáadtam 16 g keserűkomlót, a 40-ik percben pedig 12 g aromakomlót. A komlóforralás végeztével megmértem a komlózott sörlel extrakttartalmát és mennyiségét, majd az örvénykádba vezettem, ahol a komlózott sörlel 10 percig tartózkodott, majd megindult a hűtés folyamata a beélesztőzés hőmérsékletére. A hűtés egy csököteges hőcserélőn keresztül történt 12°C-ra, a komlózott sörlel átkerült az erjesztőtartályba. Ebben az esetben is kiszámoltam az erjesztéshez szükséges élesztő mennyiségét, kimértem és a sörhöz adtam, amivel megkezdődött az erjesztés folyamata, amely 7 napon keresztül tartott. Ezidő alatt folyamatosan mértem az erjesztés hőmérsékletét és az extrakttartalmát. A fickósört a főerjedés után 0-5 °C-on érleltük 0,5 bar-os CO₂ túlnyomáson. Az erjesztés folyamatát napi fokolásokkal figyeltem meg.

Beélesztőzéshez szükséges élesztő mennyiség számolása

Mindkét sör főzése során ugyanúgy számoltam ki a szükséges élesztő mennyiségét.

Bürker kamrás sejtszámlálással meghatároztam az élesztő élő sejtszámát: $1,4 \cdot 10^9$ sejt/ml.

Az erjesztés biztonságos lefolytatásához 1 ml sörlelbe $1,5 \cdot 10^7$ sejtre van szükség. Hajdinánál 28 liter, a kölesnél 31 liter sörlevet kellett beélesztőznöm.

Hajdina

1 ml sörlel $\rightarrow 1,5 \cdot 10^7$ sejt

28000 ml sörlel $\rightarrow$ X millió sejt

$X = 28000 \times 1,5 \cdot 10^7 = 4,2 \cdot 10^{11}$ sejt

1 ml élesztő $\rightarrow 1,8 \cdot 10^7$ sejt

Y ml élesztő $\rightarrow 4,2 \cdot 10^{11}$ sejt

Y=300 ml élesztő

Köles

1 ml sörlel $\rightarrow 1,5 \cdot 10^7$ sejt

31000 ml sörlel $\rightarrow$ X millió sejt

$X = 31000 \times 1,5 \cdot 10^7 = 4,65 \cdot 10^{11}$ sejt

1 ml élesztő $\rightarrow 1,4 \cdot 10^9$ sejt

Y ml élesztő $\rightarrow 4,2 \cdot 10^{11}$ sejt

Y=332 ml élesztő

4.6. A sörlevek és sörök analitikai paramétereinek meghatározása

4.6.1. A pH érték meghatározása

A pH értékét kalibrált pH mérővel mértem meg. A pontos méréshez a minták hőmérsékletét 20°C-ra kellett beállítanom.

4.6.2. Szín meghatározása spektrofotométerrel

A módszer elve

Spektrofotométerrel 430nm hullámhosszon mérjük az abszorbanciát, majd az értéket a megfelelő faktorral megszorozzuk, így a színt EBC egységben kapjuk meg.

Szükséges eszközök és anyagok

- Pharmacia LKB-Ultrospec III. spektrofotométer, küvetták, desztillált víz

A mérés menete

A mintát redős szűrőpapíron kovaföld hozzáadásával átszűrtem. A küvettát megtöltöttem desztillált vízzel és a fotométert beállítottam 0,00 abszorpciós értékre. Ezután a küvettát kiöblítettem és megtöltöttem az előkészített mintával, majd leolvastam az abszorpciót.

Az eredmény értékelése

Szín (EBC) = $25 \cdot f \cdot A_{430}$, ahol

f = hígítás (a mintákat szükség szerint hígítani kell oly mértékben, hogy a leolvasott abszorbancia értéke 1 alatt legyen)

A_{430} = 430nm-en mért abszorbancia

4.6.3. Szabad α -amino nitrogén (SZAN) tartalom meghatározása ninhidrines módszerrel

A módszer elve:

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

Szükséges anyagok:

Színreagens: 100 g dinátrium-hidrogén-foszfátot ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), 60 g kálium-dihidrogénfoszfátot (KH_2PO_4), 5 g ninhidrint, 3 g fruktózt desztillált vízben oldunk, majd 1 literre töltjük fel.

Hígító oldat: 2 g káliumjodátot 600 cm^3 desztillált vízben oldunk, majd 400 cm^3 96 %-os etanolt adunk hozzá.

Standard oldat: 107,2 mg glicint 100 cm^3 desztillált vízben oldunk. Az így készült törzsoldatot 0°C-on tároljuk. Minden analízis sorozathoz ebből készítünk hígítást. 1 cm^3 törzsoldatot 100 cm^3 -re töltünk fel desztillált vízzel, majd összekeverjük.

Szükséges eszközök

- kémcsövek, automata pipetta, vízfürdő (20°C-os és forrásban lévő), spektrofotométer

A mérés menete

A vizsgálandó mintákat desztillált vízzel hígítottam, sörle vizsgálatakor 100-szorost, sörnél 50-szeres hígítást végeztem. A hígított vizsgálandó oldat 2-2 ml-ét kémcsövekbe pipettáztam, 1-1 ml színreagenst adtam hozzá. A kémcsöveket üveggolyóval fedtem a párolgási veszteségek elkerülésére, majd 16 percre állandóan forró vízfürdőbe helyeztem. Ugyanígy 2-2 ml-t mértem a hígított standardból kémcsövekbe, 1-1 ml reagenst adtam hozzá, lefedtem üveggolyóval, 16 percre ezt is forró vízfürdőbe tettem. Utána 20 percig 20°C-os vízfürdőben hűtöttem a kémcsöveket. A hűtés után minden kémcsőbe 5 ml hígító oldatot pipettáztam, majd az adagolás után 30 percen belül, 570 nm-en olvastam le az extinkciót, 2 ml desztillált vízből, 1 ml színreagensből és 5 ml hígító oldatból készült referenciamintával szemben.

Az eredmény értékelése:

A szabad α -amino nitrogén tartalma:

$$SZAN \text{ (mg/l)} = \frac{E_{\text{vizsgálandó}}}{E_{\text{standard}}} \cdot 2 \cdot H, \text{ ahol:}$$

$E_{\text{vizsgálandó}}$ = a vizsgálandó sörle vagy sör extinkciója

E_{standard} = a glicin standard oldat extinkciója

H = vizsgálandó sör vagy sörle hígítása

2 = a glicin standard oldat α -aminonitrogén koncentrációja mg/l-ben

4.6.4. Alkohol- és extrakttartalom mérése

A szűrt, szobahőmérsékletű sörleminták alkohol- és extrakttartalmát az ANTON-PAAR söranalizátor DMA 4500 típusú sűrűségmérőjével mértem. A mintákon két párhuzamos mérést hajtottam végre. Az eredményeket a mérőműszerrel összekötött számítógép rögzíti.

A söranalizátor részei

- felső egység: söranalizátor alap berendezés (Alcolyzer Plus)
- alsó egység: sűrűségmérő (DMA 4500 típusú)

A berendezés kiegészíthető pH- és színmérővel, illetve automata mintaadagolóval.

A mérés elve

A minta (sör, sörle) sűrűségét egy oszcilláló U csöves sűrűségmérő állapítja meg. Erre az alkalmazásra kifejlesztett nagy felbontású spektrométer méri a NIR (közeli infravörös) spektrum egy keskeny, alkoholra specifikus tartományát, majd egy megfelelő algoritmus segítségével számolja ki az alkohol koncentrációját. A berendezés rendkívül pontosan méri az alkohol mennyiségét, mivel ebben a spektrumtartományban a sör többi összetevője kevésbé befolyásolja a mérést. A berendezés 0–12 %V/V tartományban tud mérni. A söranalizátor berendezés az így kapott

két értékből (sűrűség, alkoholtartalom) speciális egyenletek (ún. Tabarié képlet) segítségével számolja ki a többi paraméter (kb. 30 paramétert).

A sörök analízisének fontos paraméterek:

- alkohol (%V/V)
- alkohol (%m/m)
- E_r : valódi extrakttartalom (%m/m)
- E_a : látszólagos extrakttartalom (%m/m)
- p: valódi extrakttartalom (Plato%)
- RDF: valódi erjedésfok (%)
- ADF: látszólagos erjedésfok (%)
- energia tartalom (különböző mértékegységben kifejezve: kcal/kg, kcal/100ml, kJ/100ml)

A mérés menete

A berendezést buborékmentes vízzel ellenőriztem a mérés megkezdése előtt. (A mérést akkor lehet elkezdni, ha a sűrűségmérő által mért sűrűség érték 0,99810 és 0,99820 g/cm³ között van, illetve a söranalizátor 0,03 %V/V alkohol koncentrációt jelez) A mintát buborék mentesíteni kellett (söröknél erre fokozottan ügyelni kell!), és kb. 20 cm³-t fecskendeztem a sűrűségmérőn található beadagoló nyílásba. (Ez a mennyiség elegendő arra, hogy feltöltse az egész rendszert, a sűrűségmérő celláját és a söranalizátor mérőcelláját.) A söranalizátoron indítottam el a mérést a Start gomb megnyomásával. A berendezés automatikusan 20°C-ra temperálta a mintát, majd elindította a mérést. A legfontosabb adatokat közvetlenül a képernyőről tudtam leolvasni (alkohol, sűrűség), a többi a gép memóriájában kereshettem meg.

4.6.5. Keserűség értéke (Nemzetközi módszer) Analytica-EBC szerint

A módszer elve

A keserűanyagokat (gyakorlatilag az izo- α -savat) sósavval megsavanyított sörből izo-oktánnal kivonjuk, majd spektrofotométerrel megmérjük a mennyiségüket.

Szükséges anyagok és eszközök

- sósav, izo-oktán, centrifugacső, centrifuga, pipetták, spektrofotométer kvarcküvetákkal, üveggolyók

A mérés menete

Analízis előtt a hajdina ill. köles sört gáztalanítottam és hőmérsékletét kb. 20°C-ra állítottam be. 10 cm³ sört tettem 35 cm³-es centrifugacsőbe, majd hozzáadtam 0,5 cm³ sósavat, 20 cm³ izo-oktánt és 2-3 üveggolyót. A centrifugacsövet szorosan lezártam, s 15 percen keresztül 20⁺ 1 hőmérsékleten ráztam, majd 3 percen át centrifugáltam (3000 fordulat/perc). Az extinkciót 1 cm-es küvetában 275 nm-nél mértem, tiszta izo-oktánt használtam referenciaként. Mindkét sörmintánál két párhuzamosat

mértem.

Az eredmények kiszámítása

A keserűség értéke: 50*extinkció

4.6.6. β -amiláz enzim hőfokoptimumának meghatározása

A módszer elve:

A gabonaszemekben malátázáskor szintetizálódott illetve aktiválódott enzimek optimális hőfokigénye eltérő, még akkor is, ha ugyanarról az enzimről (pl. α vagy β -amiláz) beszélünk más-más gabonafélénél. Az árpamaláta enzimeinek hőfok igényét már jól ismerjük, a többi, söripari szempontból alkalmas gabonamalátának kevésbé. A módszer meghatározza azt a hőmérséklet értéket, ahol a β -amiláz a legtöbb maltózt termeli.

A söripari analitikai vizsgálatok keményítőtöbontó enzimeire vonatkozóan általában az amilázok együttes hatásaira mér paramétereket (pl. diasztetikus erő meghatározása, kongresszusi sörlé extrakttartalma, Hartong viszonzyszámok, Hartong szám), közvetett módon határozza meg az α -amiláz aktivitását, a β -amiláz aktivitására is csak a diasztetikus erő és az α -amiláz aktivitás értékeinek különbségéből következtethetünk. A β -amiláz hőfok optimumát különböző gabonák esetében speciális cefrézési profil (csak a β -amiláz pihenő végéig tart, különböző hőfokok alkalmazásával) során nyert sörlevek szénhidráttartalmának HPLC-vel történő meghatározásával állapítjuk meg.

A módszer menete:

A különböző eredetű gabonamaláták őrleményéből cefrézéssel, szűréssel sörlevet készítünk. A cefrézési profilt úgy alakítjuk ki, hogy az enzimpihenőkből csak a fehérje+sejtfalbontó enzimek, majd a β -amiláz hatását hagyjuk érvényesülni. Négy különböző hőfokon (59, 62, 65 és 68 °C-on) becefrézzük a malátát az alábbi módon:

30 g malátát elkeverünk cefréző pohárban 120 cm³ 50 °C-os vízzel, 5 percig keverjük. A cefréző hőmérsékletét beállítottuk a kívánt hőfokra, ebbe helyezzük a cefréző poharakat és ezen tartjuk 25 percig, 200 fordulat/perc kevertetéssel. Az idő leteltével gyorsan szobahőmérsékletűre hűtjük a cefrét és kiegészítjük 200 g-ra vízzel. A cefréző pohárból redős szűrőre öntjük a cefrét és leszűrjük. A szűrletet 0,45 μ m-es Millipore szűrőn újra szűrjük HPLC mérésre alkalmas üveg csövekbe.

A mintákat és a törzsoldatokat (glükóz, frukotóz, maltóz, maltotrióz) Aminex HPX-42C oszlopon (álló fázis) 0,05 mol H₂SO₄-at tartalmazó desztillált vízzel (mozgó fázis) kromatografáljuk. Első lépésben a törzsoldatok injektálásával meghatározzuk a standard egyenes paramétereit. A meghatározott térfogatú mintákat beinjektáljuk, lefuttatjuk őket, majd a kapott kromatogramokat kiértékeljük.

Eszközök, mérés jellemzői:

HPLC: WATERS HPLC, WATERS 600 pumpa, WATERS 410 R1 detektor

Oszlop: Aminex HPX-42C, WATERS automata injektor

$t_{\text{futtatás, sörle}} = 17 \text{ perc}$, $T_{\text{detektor}} = 50^\circ\text{C}$

$T_{\text{oszlop}} = 50^\circ\text{C}$ $V_{\text{áramlási}} = 0,7 \text{ ml/min}$

4.6.7. Proteolitikus enzimeket gátló hatás vizsgálata

A mérés célja: sörlevek előállítása, de csak a fehérjepihenő végéig elkészült mértékig, a sörlevek extrakttartalmának, szabad-alfa-amino-nitrogéntartalmának, oldható-nitrogéntartalmának meghatározásával nyomon követni a proteolitikus enzimek működését.

A mérés menete: 50 g gabonaőrleményből (pilseni maláta) 200 cm³ víz hozzáadásával cefrét készítettem 9 db cefréző pohárba. Az első cefréző pohárba nem adtam semmit, a második-harmadikba 5-5-g hajdina ill. kölesmaláta őrleményt adtam, a negyedik-ötödikbe 10-10g-ot, a hatodik-hetedikbe 15-15g-ot végül a nyolcadik kilencedikbe 20-20 g-ot. Laboratóriumi cefrézőben 40°C-on tartottam 5 percig, majd 45°C-ra melegítve még 25 percig kevertetés mellett hőtartottam. A cefréket lehűtöttem, majd redős szűrőpapíron leszűrtem. Az így előállított sörleveket analizáltam a fent említett módszerekkel.

4.7. Érzékszervi minősítés

A kész hajdina- és köles sört érzékszervi tulajdonságaik alapján is értékeltem 13 bíráló közreműködésével. A vizsgálatban képzett bíráló nem vett részt. A minősítés során a sör alapvető minőségi követelményeit vizsgáltam, vagyis a színét, illatát, ízét, szénsavasságát, tisztaságát és összbenyomását. A bírálók maximálisan 4 pontot adhattak az egyes érzékszervi tulajdonságokra, de véleményüket írásban is kifejezheték. Az összesített pontszám alapján arra következtethettem, hogy a söröm mennyire felel meg a fogyasztók igényeinek.

5. Kísérleti eredmények és az eredmények értékelése

5.1. Mechanikai vizsgálatok eredményei

8. táblázat: A mechanikai vizsgálatok eredményeinek összehasonlítása a sörárpa értékeivel

<u>Sörárpa értékmérő tulajdonságai</u>	<u>Sörárpa</u>	<u>Hajdina</u>	<u>Köles</u>
Hektolitertömeg (kg/hl)	65-70	48,3	46
Ezerszemtömeg (g)	41-45	15,55	6,2
Üvegesszem (%)	<3	0	0
Osztályozottság a fennmaradó rész (%) alapján:			
2.8 mm-es osztályozólemezen	18	69,5	0
2.5 mm-es osztályozólemezen	75	18,5	0
2,2 mm-es osztályozólemezen	4	5,2	35,8
Rostafenéken	3	6,2	64,2

Hektolitertömeg

A gabonák hektolitertömegéből következtethetünk arra, hogy mekkora helyet fognak foglalni tárolás során. Minél nagyobb ez a tömeg, annál kevesebb helyet igényel a minta a tárolás során.

A sörárpa esetén ez az érték 65-70 kg/hl (Narziss, 1981) kell, hogy legyen. A köles hektolitertömege 46 kg/hl, az alacsony érték a kölesszemek alakjából és méretéből adódik, ugyanis a gömbölyű alak miatt a kölesszemek szorosabban rendeződnek egymáshoz. Hajdinánál 48,3 kg/hl értéket mértem, mely a szemek nagyságából illetve a magok formájából adódik, mivel a gúla alak miatt a tárolóedényben sokkal több rés keletkezik, mint az árpa esetében.

Ezerszemtömeg

A szem fejlettsége, osztályozottsága és extrakttartalma is befolyásolja. A kis érték nagy fehérjetartalmat, a nagy érték pedig alacsony elcukrosodási időt eredményez.

A jó minőségű sörárpa ezerszemtömege 41-45 g között van. A kölesé 6,2 g volt, a nagymértékű eltérés a szemek méretéből adódik. A hajdina eredmény 15,55 g, mely szintén a magok alakjának következménye.

Üvegesség vizsgálata

Ezzel a vizsgálattal azt állapíthattam meg, hogy a vizsgált minta mekkora arányban tartalmaz életképes magokat, amelyek képesek a csírázásra, ezzel a malátázásra. Az üveges szemek károsak, mert magas fehérjetartalmat és nagyobb malátázási veszteséget eredményeznek. Az üvegesség lehet maradandó, de a malátázás során megszüntethető is.

Árpánál a megengedett érték 3%, az általam vizsgált kölesnél és hajdinánál is az üvegeesség 0% volt, tehát megfelelt a követelményeknek, így elvileg a malátázás során nem keletkezik veszteség a feldolgozhatatlan szemek miatt.

Osztályozottság

Az egyik legfontosabb mechanikai sörárpavizsgáló módszer. Megmutatja, hogy a nyers árpa hányad része alkalmas malátázásra és hányad része csak takarmányozásra, illetve hogy milyen egy beszállított tétel homogenitása.

A táblázat jól mutatja a vizsgált szemek méretbeli különbségeit. A hajdina osztályozása során a szemek zöme a második rostán akadt fenn, a kölesszemek átmérője 2,2 mm, vagy az alatt van. A kölesszemek kis átmérőjét a malátázás és a cefrézés folyamán figyelembe kell venni.

5.2. Kongresszusi cefrézés

9. táblázat: A Kongresszusi cefrézés eredményei

Minta	Örlemény típusa	Sűrűség (g/cm ³)	Extrakt-tartalom (°P)	Extrakt-tartalom (m/m%)	pH	Szín (EBC)	Extrakt-differencia	Extrakt-tartalom sz.a.-ra m/m%
Hajdina	durva	1,025420	6,83	6,88	5,86	18,5	7,6	
	finom	1,028290	7,60	7,60	5,85	10,6		43,12
Köles	durva	1,016670	4,68	4,71	6,23	7,5	5,78	
	finom	1,019030	5,28	5,30	6,31	5,6		38,4

A szabványos eljárással készült sörlevek extrakttartalma, ill. az ebből számított szárazanyagra vonatkozó extrakttartalom kisebb, mint egy normál pilseni malátáé (79-82 m/m%), mely az aszalás utáni kisebb enzimaktivitási értékekből, valamint az árpakeményítőnél nagyobb csirizesedési pontból adódik. A vörös köles sörlevének színe kevésbé, a hajdináé inkább sötétebb, mint a pilseni malátából készült sörle színe. Ez a héjból beoldódó színező vegyületeknek köszönhető. Az extraktdifferenciából a maláta oldottságára és enzimaktivitására is következtethetünk. Jól oldott malátánál ez a különbség 1,8 fölött nem lehet. A köles és a hajdina is jóval meghaladja a megengedett értéket, tehát rosszul oldott malátákról beszélünk. A malátázások folyamán kis mennyiségű enzimünk keletkezett, melyet a maláták rossz oldottsága és az alacsony értékű finom és durva extraktok bizonyítanak.

5.3. A sörfőzés értékelése

Megfigyelések:

Hajdinasör

1. A cefrőzés során a cefre viszkozitása láthatóan csökkent, a cefre színe fokozatosan sötétedett. Ennek ellenére a folyamat mégsem mondható sikeresnek, mivel a jódpóba eredménye pozitív volt, vagyis nem értem el a jódnormál állapotot, ami azt jelentette, hogy maradt még lebontatlan keményítő és magasabb polimerizáltságú oligoszacharid a rendszerben.
2. A cefrét a szűrőkádba szivattyúzása után 20 percig pihentettem, majd megkezdtem szűrését, ami a problémás cefrőzés bizonyítékaként nehézkes művelet volt. A hajdinából kialakult szűrőréteg a lebontatlan sejtfalat alkotó hemicellulózok és a kolloid jellegű anyagok oldódásának együttes hatásaként pudingszerűvé vált, amin keresztül a sörlé nem szűrődött át. A szűrőkád felépítése nem tette lehetővé, hogy a felülúszót átszivattyúzzam a komlóforralóba, így végső megoldásként a törkölylazító és a lazító víz (alsó víz) segítségével sikerült átszűrni a sörlévet, ami az előbb említett okok miatt nem lett tükrös. A másolás művelete ebben a sörfőzésben kimaradt, ugyanis a kialakult szűrőréteg nem tette lehetővé.
3. A szükséges komlómennyiséget (20 g keserűkomló, 18 g aromakomló) két részletben adagoltam a sörléhez. A forralás során a sörlé színe sötétedett, ami a töményedés és a melanoidin képződés következménye, valamint nagy mennyiségű forró seprő vált ki. Az extrakttartalom növekedését az izocukor is elősegítette.
4. Az örvénykásban sikeresen távolítottam el a forró seprőt.
5. A sörlévet 12°C-ra hűtöttem, majd a beélesztőzéshez 300 ml élesztőt használtam.

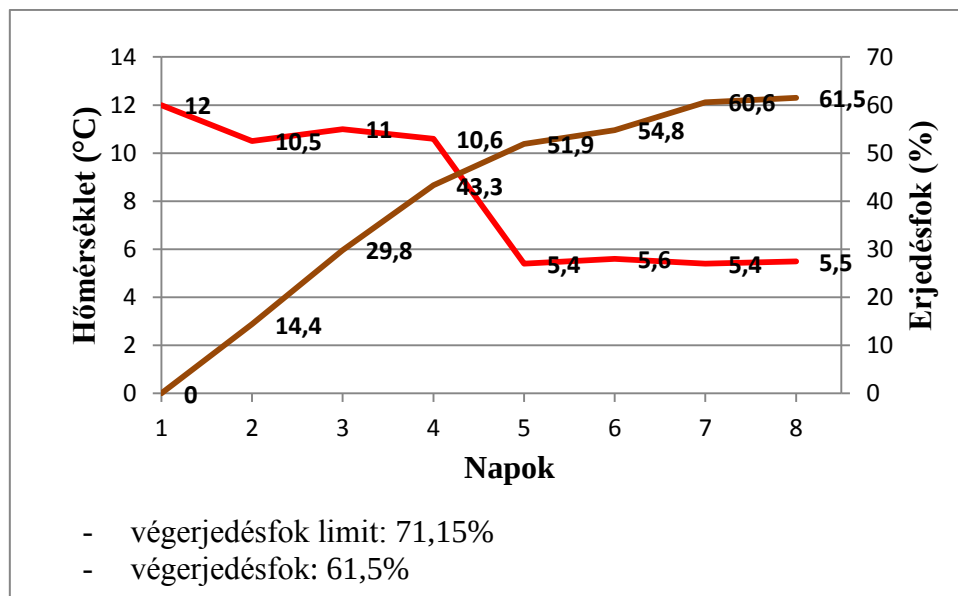
A napi fokolások eredményeiből erjesztési diagramot (12. ábra) készítettem. Az erjesztés során a sörlé extrakttartalmát folyamatosan használja fel az élesztő. Az erjedésfok megmutatja, hogy a sörlé extrakttartalmának hány százaléka került erjesztésre. A komlózott sörlé és az erjesztés alatt álló sör extrakttartalma közötti különbséget egy bizonyos idő pillanatban leerjesztett extraktnak hívjuk.

$$\text{Erjedésfok (\%)} = \frac{(\text{komlózott sörlé extrakttartalma} - \text{a minta extrakttartalma}) \times 100}{\text{komlózott sörlé extrakttartalma}}$$

Végerjedésfok limit: a legmagasabb elérhető erjedésfok. Ezt az értéket már az erjesztés kezdetekor megállapítjuk a következő módon: a sörléhez nagyobb mennyiségben élesztőt adunk, szobahőmérsékleten (25°C-on) erjesztjük addig, amíg már nem csökken az extrakttartalma (kb. 48 óra).

Végerjedésfok: az erjesztés végén mért erjedésfok. Értéke lehetőleg minél közelebb legyen a végerjedésfok limit értékéhez.

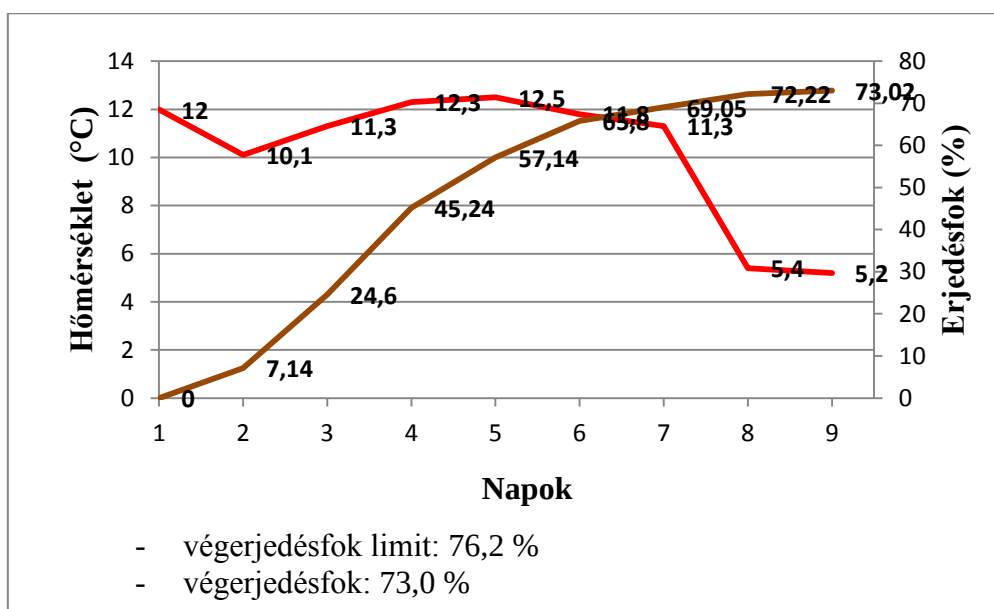
Kiszámításukhoz ugyanazt a képletet használjuk, mint az erjedésfok számításához. A világos sörök végerjedésfoka 80-85%, a barna söröké 68-75%.



12. ábra: A hajdina erjesztési diagramja

Köles sör

1. A cefrőzés folyamán kezdetben magas viszkozitást tapasztaltam, ami később folyamatosan csökkent. A cefrőzés alatt egyszer sem értem el jódnormál állapotot a nagy mennyiségű hozzáadott enzim ellenére sem, tehát itt is maradt még lebontatlan keményítő és magasabb polimerizáltságú oligoszacharid.
2. A szűrésnél különösebb problémát nem észleltem, ami annak köszönhető, hogy a cefrőzés során a β -glükán tartalom kellő mértékben lebomlott, így a törkölyréteg porozitása megfelelő volt.
3. A szűrés után 150 ml izocukrot adagoltam a sörléhez az extrakttartalom növelése érdekében, azonban a nagy mennyiségű máslóvíz (13 l) hozzáadásának tulajdonítható, hogy a teleüst extrakttartalma nem növekedett jelentősen.
4. A komlóforralás közben ismét izocukrot adagoltam, így jelentős extraktnövekedés figyelhető meg a komlózott sörleiben. Ennek másik oka a forralás miatt bekövetkező besűrűsödés.
5. A komlóforralás során a sörlé színe sötétedett a melanoidin képződése és a párolgás okozta betöményedés miatt.
6. Az örvénykádban ebben az esetben is sikeresen távolítottam el a forró seprőt.
7. A sörlevet szintén 12°C-ra hűtöttem, majd a beélesztőzéshez 332 ml élesztőt használtam.
8. A napi fokolások eredményeiből itt is erjesztési diagramot (13. ábra) készítettem.



13. ábra: A köles erjesztési diagramja

10. táblázat: Extrakttartalom alakulása a sörfőzések folyamán

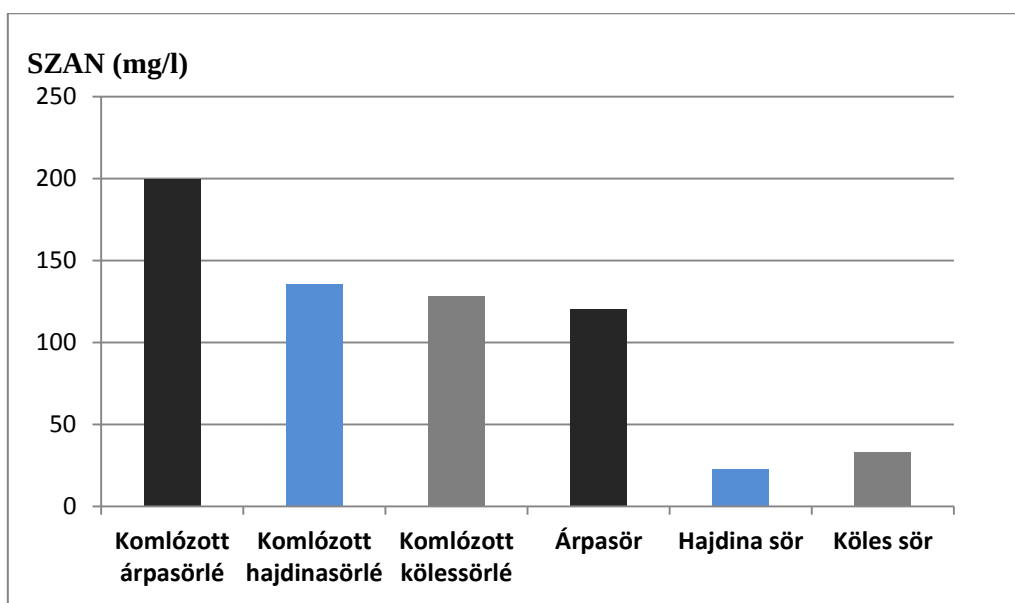
	Hajdina		Köles	
	Extrakttartalom (°B)	Mennyiség (l)	Extrakttartalom (°B)	Mennyiség (l)
Színlé	9,6	25	11,1	25
Máslás	-	-	5,9	13
Teleüst	9,5	30	10,2	38
Komlózott sörle	10,4	28	12,6	31

5.4. A sörlevek és sörök főbb paramétereinek meghatározása

5.4.1. Szabad α -amino nitrogén (SZAN) tartalom

A mérés célja a sörlemben található aminosavak és kis molekulájú (1-3 C-atom) peptidek mennyiségének mérése. Az élesztő a sejt növekedésére és szaporodásra használja fel ezeket az anyagokat. A problémamentes fermentációhoz szükség van egy bizonyos mennyiségre, azonban ha túl sokat tartalmaz, akkor magasabb rendű alkoholok képződhetnek, valamint a kész sör befertőződhet.

Az árpából készült sörlevek SZAN tartalma jó minőségű alapanyag esetén kb. 200-250 mg/l. A zavartalan erjesztéshez minimálisan 100 mg/l szükséges.



14. ábra: Az árpa, a hajdina és a köles sörleveinek, ill. a belőlük készült sörök SZAN tartalmának összehasonlítása

A zavartalan erjesztéshez a megengedett minimális értéknél valamivel nagyobb SZAN értékeket mértem, de az optimális 250 mg/l-t nem sikerült elérni. Ez a mérési eredmény a fehérjebontó enzimek közül az exoproteázok, exopeptidázok valamilyen gátoltságára utal. Az erjesztés bár zavartalan volt, az alacsony aminosavtartalom miatt a diacetiles íz kialakulásának lehetősége nagyobb.

5.4.2. A kész sör

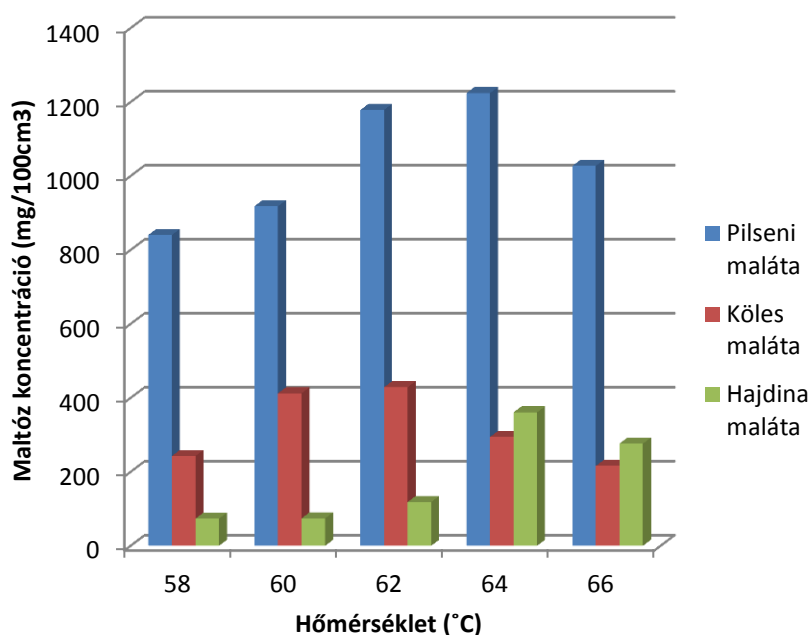
11. táblázat: Kész sörök paraméterei

	Árpamalátából készült sör	Hajdinasör	Köles sör
pH	5,5	4,81	4,31
Szín (EBC)	7	22	24
Alkoholtartalom (%V/V)	4,6-5,5	2,96	4,67
SZAN (mg/l)	100-120	23	33
Keserűérték (IBU)	25	24	29

A hajdina- és a köles héjában lévő sötét színanyagok okozzák a nagyobb színértékeket. A köles sör alkoholtartalma hasonló az árpamalátából készült sörökéhez, míg a hajdinasöré nagyban elmarad tőlük. A köles sörnél a keserűérték hasonló volt a másik két sör értékéhez, mégis az ízérzet sokkal keserűbbnek bizonyult, ami a köles gabona jellegzetes ízvilágát tükrözi, így a bekomlózási mennyiséget csökkenteni kell.

5.4.3. β -amiláz enzim hőfokoptimumának meghatározása

A β -amiláz enzim viszonylag szűk hőmérsékleti tartományban hidrolizál maximális enzimaktivitással, 67-68 °C felett hamar inaktiválódik. A hajdina és a köles amilolitikus enzimjeinek hőfokoptimum értékei a szakirodalomban leírtak alapján fajtánként más-más értéket adnak, a termőterület elhelyezkedése is befolyásoló tényező. Mivel kísérleteim során hazai termesztésű alapanyagokkal dolgoztam, melyekről eddig nem jelentek meg szakcikkek, így meg kellett határoznom a β -amiláz enzimjeik hőfokoptimumát. Az ábrán jól látható, hogy a köles β -amiláza 62 °C-on, a hajdináé 64 °C-on működött legjobban.



15. ábra: Sörlevek maltóztartalmának alakulása különböző hőfok értékeken

5.4.4. Proteolitikus enzimeket gátló hatás vizsgálata

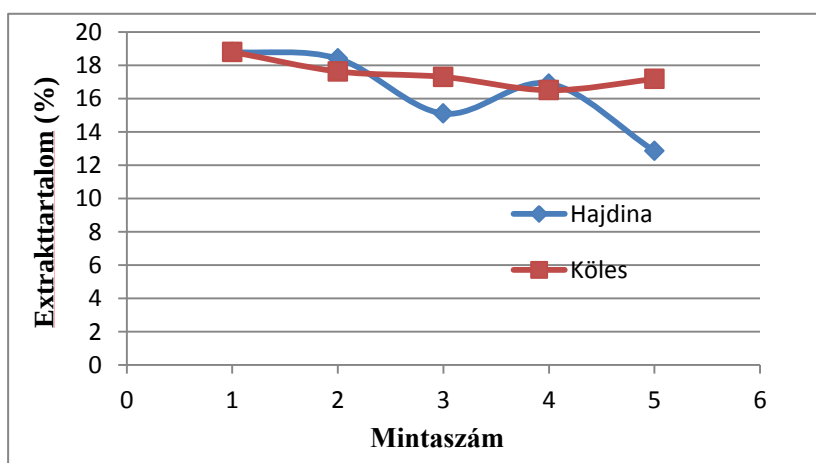
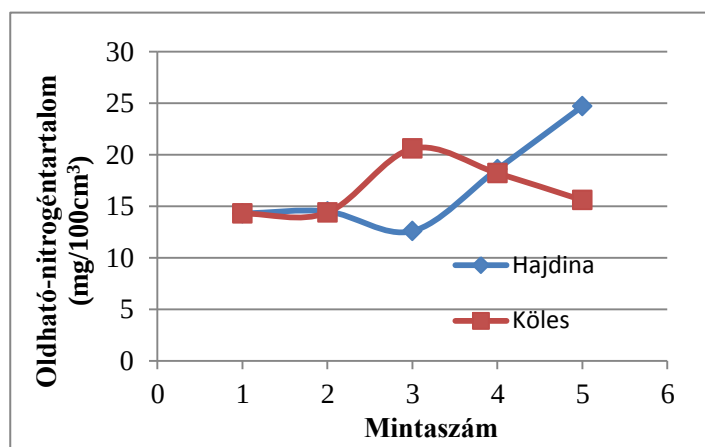
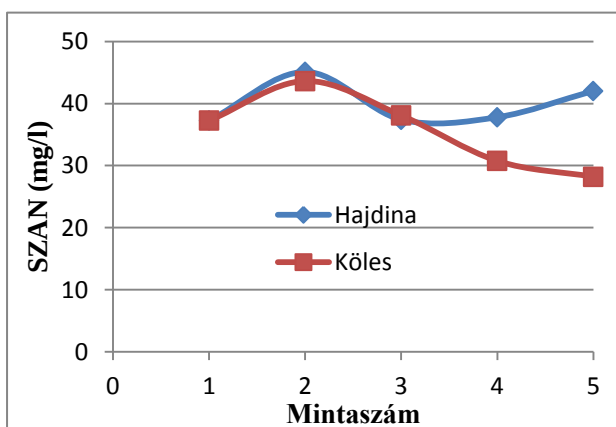
Az árpától eltérően a köles, a hajdina magok (és a cirok is) rendelkeznek olyan természetes enziminhibitorokkal, melyek gátolják a proteolitikus enzimek biokatalízisét, emiatt extraktszegények a belőlük készült sörlevek. A kísérleti beállításban növeltem a hajdina és a köles őrlemények mennyiségét. Amennyiben nem lenne gátlás, úgy a növekvő fehérjetartalom és a nagyobb mennyiségű proteolitikus enzim egyre több aminosavat, oldható nitrogéntartalmat eredményeznének, ami növelné a sörlé extrakttartalmát is. Ezt a növekedés csak kezdetben tapasztaltam, a 3., 4. és 5. mintáknál (a hajdinát kivéve az 5. mintánál) az előbbi paraméterek egyértelmű csökkenést mutattak a kölesnél, a hajdinánál ez nem egyértelmű.

12. táblázat: Sörlevek SZAN értékei és extrakttartalmai

Örlemény	(m/V%)	SZAN mg/l		SZAN 1 g-ra eső		E _r g/100cm ³		E _r 1 g-ra eső (%)	
		Hajdina	Köles	Hajdina	Köles	Hajdina	Köles	Hajdina	Köles
25 m/V%	1.	931,4	931,4	37,25	37,25	4,72	4,72	18,8	18,8
27.5 m/V%	2.	1241,4	1200	45,1	43,63	5,06	4,85	18,4	17,63
30 m/V%	3.	1124,2	1142,8	37,4	38,09	4,53	5,19	15,1	17,3
32,5 m/V%	4.	1228,5	1000	37,8	30,76	5,5	5,36	16,9	16,5
35 m/V%	5.	1471,4	990	42,04	28,2	4,5	6,01	12,85	17,17

13. táblázat: Sörlevek oldható-nitrogéntartalmi

Örlemény	(m/V%)	oldható N-tartalom		oldható N-tart. 1 g-ra	
		Hajdina	Köles	Hajdina	Köles
25 m/V%	1.	359,1	351,1	14,3	14,3
27.5 m/V%	2.	401,15	394,1	14,5	14,4
30 m/V%	3.	380,03	619,3	12,6	20,6
32,5 m/V%	4.	605,2	267,4	18,6	18,22
35 m/V%	5.	865,6	548,9	24,7	15,6



16. ábra: Sörlevek SZAN értékeinek és extrakttartalmainak, oldható nitrogéntartalmú vegyületeinek változása különböző cefreösszetételnél

5.5. Érzékszervi minősítés

A bírálók mini kóstolókorsókban 4 sörmintát kaptak, mely közül 2 minta kereskedelmi forgalomban kapható sör, a másik kettő pedig az általam készített hajdina- ill. köles sör volt. A kóstolóknak először rangsorolni kellett a mintákat. A bírálók többségénél a kereskedelmi forgalomban kapható sör került az első helyre, amit a köles sörünk követett, a hajdinasörünk a harmadik, míg a kereskedelmi köles sör az utolsó helyen végzett. Ezután a pontozásos bírálat következett.

Sör pontozásos bírálatának eredményei

Érzékszervi jellemzők

A sör külső megjelenésében legyen tükrös, tiszta, üledéktől és zavarosodástól mentes, illata tiszta, kellemes, íze kerek, harmonikus, szénsavassága üdítően csípős, keserősége finom, a sör jellegének megfelelő. Habja finom buborékokból álljon és tartós legyen.

Sajnálatos módon az írásos vélemények alapján azt állapíthatom meg, hogy a hajdinasör nagyban eltér a sörtől elvárt minőségi jegyeitől és olykor kellemetlen érzést okozott a bírálóknak, viszont a hajdina szelídgesztenyére és szotyoládéra emlékeztető ízvilágát kellemesnek találták. Bár a bírálók laikusok voltak, mégis ők alkotják majd a sör egyik lehetséges fogyasztói körét. Szerintük színe zavaró, gyengén sárgás, 1-2 embert pedig a búzasörre emlékeztetett. A sört zavarosnak, opálosnak, átlátszatlannak látták, mely a szűrési folyamat kudarcát bizonyítja. Alig érezhető szénsavas jelleget tulajdonítottak neki. A legtöbb kritika az illata miatt érte. Sokan jellegtelennek, állottnak, facsarónak érezték és az illata alapján nem szívesen kóstolták meg. Az összbenyomásra adott vélemények egyöntetűen negatívak voltak, íze nem sörre emlékeztető, idegen mellékíz is felfedezhető benne és túlságosan keserű. A bírálók által adott összesített pontszámok is a fenti állításokat igazolják. Ez a pontszám átlagosan 4 pont volt, tehát a sörben további javítás szükséges.

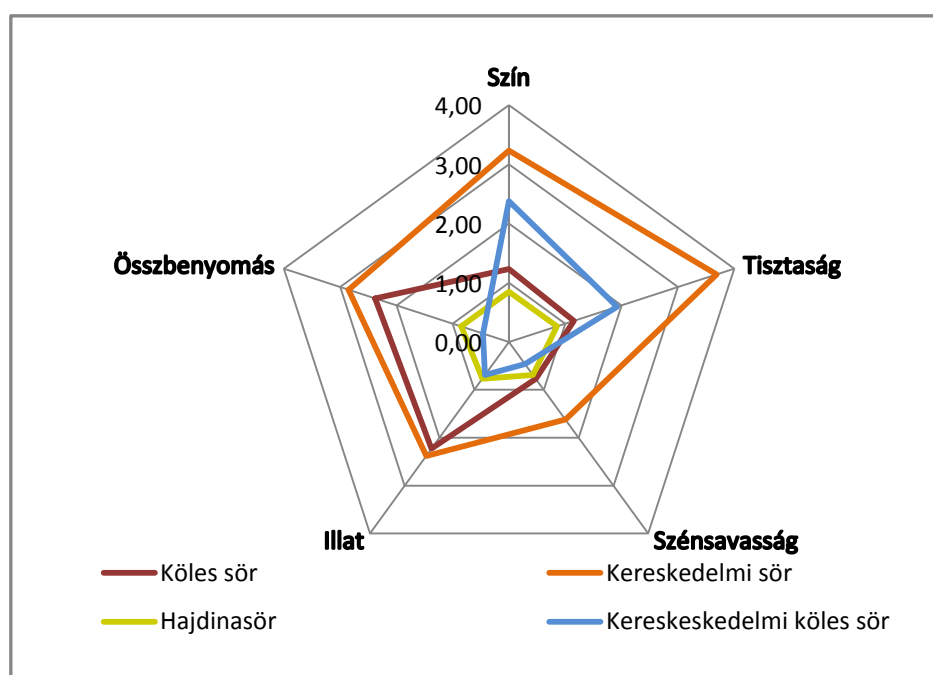
A köles sörnél kissé biztatóbb a helyzet, amit a sörre adott pontszámok is bizonyítanak, bár az írásos vélemények ebben az esetben sem a termék kiválóságát tükrözik. Színe, tisztasága, szénsavassága hasonló véleményeket kapott, mint a hajdinasör. Az illatánál a vélemények nagyon megoszlottak, voltak, akik borzalmasnak találták, mások pedig kifejezetten kellemesnek érezték. Az összbenyomását tekintve nem érezték eléggé harmonikusnak, utóíze pedig keserű volt. Az összesített pontszámból arra következtethetünk, hogy a sör még nem megfelelő, további javítás szükséges (esetleg csak néhány szempontból).

14. táblázat: A bírálók által adott pontszámok összesítése

	Köles sör	Kereskedelmi sör	Hajdinasör	Kereskedelmi köles sör
Szín	1,23	3,23	0,85	2,38
Tisztaság	1,15	3,69	0,85	1,92
Szénsavasság	0,77	1,62	0,69	0,46
Illat	2,23	2,38	0,77	0,69
Összbenyomás	2,38	2,85	0,85	0,46
Összesített pontszám	7,76	13,77	4,01	5,91

A pókhálódiagram (17. ábra) megmutatja, hogy a kóstolók mennyire érezték megfelelőnek az egyes tulajdonságokat. Az eredmények azt tükrözik, hogy a bírálatban résztvevők nagyon kritikusak voltak, mivel a kereskedelmi forgalomban kapható sört is eléggé lepontozták. A legrosszabb értékelést a kereskedelmi forgalomban lévő köles sör kapta.

A 14. táblázat és a diagram alapján azt állapíthatom meg, hogy az általam készített hajdinasör még nem alkalmas arra, hogy kereskedelmi forgalomba kerüljön, a köles sör pedig a szűrés tökéletesítésével és a szénsavasság emelésével forgalomba hozható termék lehet.



17. ábra: Az érzékszervi bírálat eredményei

6. Összefoglalás

A hajdinából, kölesből készült sör nem olyan feldolgozott téma, ezen a téren eddig kevés publikáció született, hazai irodalmi hivatkozások pedig egyáltalán nincsenek. A Tanszéken laboratóriumi körülmények között már optimálták a hajdina és köles malátázását, cefrőzését és erjesztését. Ezeket az analitikai eredményeket használtam fel ahhoz, hogy léptéknöveléssel félüzemi körülmények között hajdina- ill. köles sört készítsék.

Először a hajdina/köles mechanikai vizsgálatait végeztem el, az eredményeket pedig a legfőbb söripari alapanyag, az árpa jellemzőivel vetettem össze. A hajdina termése gúla alakú, háromélű makkocská és az árpánál nagyobb méretű. Méretének és alakjának köszönhetően hektoliter- és ezerszemtömege is kisebb, mint az árpa esetén. A köles nagyon apró szemű, a malátázásnál, őrlésnél ezt figyelembe kell venni. A hektoliter- és ezerszemtömeg alapján megállapítható, hogy közülük a köles tartalmazza a legkevesebb keményítőt. Az osztályozás jól mutatja az alapanyagok méretbeli különbségeit. A félüzemi kísérlet során problémákkal találtam szembe magam, a cefrék az α -amilázos pihenő végére nem érték el a jódnormál állapotot, ami a hajdina szűrésében is nehézséget okozott. A szűrés során egy pudingszerű szűrőréteg alakult ki, mely szinte ellehetetlenítette a szűrést, mászlást pedig egyáltalán nem tudtam alkalmazni. A szűrőkád felépítése nem tette lehetővé, hogy a felülúszót a komlóforralóba szivattyúzzam. A törkölylazító és a lazító víz (alsó víz) segítségével sikerült átszűrnom a sörlét, ami nem lett tükrös. Az erjedések rendben zajlottak. A köles sör alkoholtartalma az árpamalátából készült sörökéhez hasonló, míg a hajdinasöré nagyban elmarad tőlük. A köles esetén kevesebb komlót adagoltam a sörléhez, a bírálók mégis keserűnek érezték. A kész söröket laikus bírálók közreműködésével érzékszervileg is megvizsgáltam, melyből arra a következtetésre jutottam, hogy söreim további javításokra szorulnak, hogy megfeleljenek a fogyasztók igényeinek.

A legnagyobb problémát a sörfőzés során a szűrés jelentette, így javasolnám a hántolt és hántolatlan hajdina arányának optimalizálását, mely lehetőséget teremtené, hogy megfelelő szűrőréteg alakuljon ki. További enzimek használatát ajánlom: a keményítőbontás segítésére amilolitikus enzimek, sejtfalbontásra hemicellulázok. A sörfogyasztók igényeinek megfelelő kesernyész íz kialakítása érdekében kölesnél, tanácsolom az ideális komlómennyiség megállapítását.

Felhasznált irodalom

Agu, R.C., 1995. Comparative study of experimental beers brewed from millet, sorghum and barley malts, *Process Biochemistry*, Volume 30, Issue 4, pages 311–315

Bajomo, M. F. and Young, T. W. 1993. The properties, composition and fermentabilities of worts made from 100% raw sorghum and commercial enzymes. *J. Inst. Brew.*, 99, 153-158.

Barta L., Kósnai I., Milnár M. és tsai, 1985. Diabetes mellitus és coeliakia együttes előfordulása. *Orvosi Hetilap*, 126, 1411-1413.

Blaise Patricia, Nic Phiarais, Hilde Henny Wijngaard and Elke Karin Arendt, 2005. The impact of kilning on enzymatic Activity of Buckwheat Malt, *Journal Institute of Brewing & Distilling*. 111(3), 290-298.

Blaise P. Nic Phiarais, Beatus D. Schehl, Jorge C. Oliveira and Elke K. Arendt, 2006. Use of Response Surface Methodology to Investigate the Effectiveness of Commercial Enzymes on Buckwheat Malt for Brewing Purposes, *Journal Institute of Brewing & Distilling*. 112(4), 324-332.

Blaise P. Nic Phiarais, Alexander Mauch, Beatus D. Schehl, Martin Zarnkow, Martina Gastl, Markus Herrmann, Emanuele Zannini and Elke K. Arendt, 2010. Processing of a Top Fermented Beer Brewed from 100 % Buckwheat Malt with Sensory and Analitical Characterisation, *Journal Institute of Brewing & Distilling*. 116(3), 265-274

Briggs, D. E. 1998. *Malts and Malting*. Blackie Academic and Professional: London.

Dr. Dávid Cs. 1999. *A pohánka jellemzői, termesztése és felhasználása*. Budapest, Gazda Kiadó.

Eneje , L.O; Obiekezie, S.O.; Aloah ,C.U.; Agu, R.C., 2001. Effect of milling and mashing procedures on millet (*Pennisetum maiwa*) malt wort properties, *PROCESS BIO*, 36(8-9), pp. 99-105

Florian Hübner and Elke K. Arendt, 2010. Studies on the Influence of Germination Conditions on Protein Breakdown in Buckwheat and Oats. *J. Inst. Brew.*, 116(1), 3-13.

Fraser, C.W. and Haley, W.L. 1932. Factors that influence the rate of absorption of water by wheat. *Cereal Chem.*, 9, 45–49.

Gallagher E., 2009. *Gluten-free food science and technology*. Wiley-Blackwell, Ireland.

Hajós Gyöngyi. 2008. *Élelmiszer.kémia*, Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 411.-412.

Hiller, A., Mlodecki, H. and Tomczyk M. 1975. Preliminary characterization of proteins of buckwheat grain by extraction with selected solvents and molecular filtration on Sephadex G-75 gel. *Kromatol. chem. Toksikol.*, 8, 205.208.

Ikedo, K. and Kishida, M. 1993. Digestibility of proteins in buckwheat seed. *Fagopyrum*, 13, 21-24.

Kreft, S. and Kreft, M. 2000. Localization and morphology of the buckwheat embryo. *Fagopyrum*, 17, 15–19.

Maccagnan, G., Pat, A., Collavo, F., Ragg, G. L. and Bellini, M. P. 2004. Gluten-free beer containing rice malt and buckwheat. European Patent, EP 0949328B1

Macfadden, D. P. and Clayton, M. 1989. Brewing with sorghum – Use of exogenous enzymes *Brew. Beverage Ind. Int.*, 1, 71–81.

Maksimovic, V. R., Varkonji-Gasic, E. I., Radovic, S. R. and Savic, A. P. 1996. The biosynthesis of 13S buckwheat seed storage protein. *J. Pl. Physiol.*, 147, 759.761.

Meilgaard, M. 1976. Wort composition: with special reference to the use of adjuncts. *Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am.*, 13, 78-90.

Mitteleuropaischen Brautechnischen Analysenkommission (MEBAK). 1997. *Brautechnische Analysenmethoden*. Selbstverlag der MEBAK: Freising – Weihenstephan.

Pelembe, L. A. M.; Dewar. J; Taylor, J. R. N., 2002. Effects of malting conditions on pearl millet malt quality, *Journal of the Institute of Brewing*, 108 (1), pp 7-12.

Pomeranz, Y. and Sachs, I. B. 1972. Determining the structure of the barley kernel. Cereal Chem., 49, 1-4.

Praznik, W., Mundigler, N., Kogler, A., Pelzl, B. and Huber, A. 1999. Molecular background of technological properties of selected starches. Starch/Stärke, 51, S197–211.

Rout, M. K. and Chrungoo, N. K. 1999. The lysine and methionine rich basic subunit of buckwheat grain legumin: some results of a structural study. Biochem. Mol. Biol. Int., 47, 921-926.

Schuster, K. and Grünewald, J. 1957. Darrprobleme. Brauwelt, 89, 244–249.

Sopanen, T. and Lauriere, C. 1989. Release and activity of bound β - amylase in a germinating barley grain. Plant Physiol., 100, 887–893.

Taylor, J.R.N., Schober T.J., Bean S.R. (2006) Novel food and non-food uses for sorghum and millets Journal of Cereal Science 44 pp. 252-271

Tiara, H. 1974. Buckwheat. -in: Jonson, A. M. and Peterson, M. J. (Eds) Encyclopedia of food technology. Avi Publ. Co. Westport, C. T. p. 139.

Wijngaard, H. H., Ulmer, H. M. and Arendt, E. K. 2005. The effect of germination temperature on the malt quality of buckwheat. J. Am. Soc. Brew. Chem., 63, 31–36

Wijngaard, H. H., Ulmer, H. M. and Arendt E. K. 2006. Effect of germination time on the final malt quality of buckwheat. J. Am. Soc. Brew. Chem., 64(4),214–221.

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

Winjgaard, H.H., Renzetti, S. and Arendt, E.K., 2007. Microstructure of Buckwheat and Barley During Malting Observed by Confocal Scanning Laser Microscopy and Scanning Electron Microscopy, Journal Institute of Brewing & Distilling. 113(1), 34-41

Zarnkow M.; Keßler M.; Burberg F.; Back W.; Arendt, A.E.; Kreis S., 2007. The use of response surface methodology to optimise malting conditions of proso millet (*Panicum miliaceum L.*) as a

raw material for gluten-free foods, Journal Institute of Brewing & Distilling. 113(3), 280-292

Zarnkow M.; Mauch, A.; Back W.; Arendt, A.E.; Kreis S., 2007. Proso millet (*panicum miliaceum* l.): an evaluation of the microstructural changes in the endosperm during the malting process by using scanning-electron and confocal laser microscopy, Journal Institute of Brewing & Distilling. 113(4), 355-364

Zarnkow, M.; Keßler, M.; Back W.; Arendt, E.K.; Gastl; M., 2010. Optimisation of the mashing procedure for 100% malted proso millet (*panicum miliaceum* l.) as a raw material for gluten-free beverages and beers, Journal Institute of Brewing & Distilling. 116(2), 141-150

http://www.globalbeer.com/body_pages/pages-beer/Sara/Sara.html

<http://beergeekdude.com/2010/02/morimoto-soba-ale/>

<http://www.lesbieresnouvellefrance.com/ambree-en>

<http://greatbrewers.com/product/rogue-morimoto-black-obi-soba-ale>

<http://beeradvocate.com/beer/profile/4408/48164>

<http://szentfazek.freeblog.hu/>

<http://www.webbeteg.hu/keresok/tapanyagtartalom/>