

Doktori értekezés tézisei

Fogarasi Attila Levente

Budapest

2018



Szent István Egyetem

**Bio alakor sör előállítása és egészségvédő
komponenseinek vizsgálata**

Fogarasi Attila Levente

Budapest

2018.

A doktori iskola

Megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

Tudományága: Élelmiszertudományok

Vezetője: **Dr. Vatai Gyula** egyetemi tanár
Szent István Egyetem,
Élelmiszertudományi Kar,
Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszék

Témavezető: **Hegyesné Dr. Vecseri Beáta**
egyetemi docens
Szent István Egyetem,
Élelmiszertudományi Kar,
Sör- és Szeszzipari Tanszék

A doktori iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:

A jelölt a Szent István Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1 A munka előzményei és célkitűzései

A sör az emberiség egyik legrégebbi itala. Népszerűségét leginkább annak köszönheti, hogy tiszta, egészséges, értékes komponenseket tartalmaz, és rengeteg fajtája létezik. A tisztaságot a természetes összetevők garantálják, mint a komló, a maláta, az élesztő és a víz. Mértékletes fogyasztás mellett a sör egészséges ital, vitaminokban és ásványi anyagokban gazdag. Érdekes tényként mondható, hogy 1 liter sör kevesebb szénhidrátot és kalóriát tartalmaz, mint ugyanekkora mennyiségű almale. Mindemellett nem adnak hozzá tartósítószeret, a benne levő szerves- és szervesetlen savak miatt közepes savtartalmú élelmiszernek mondható. Általában az alkohol-víz aránya fiziológiailag előnyös arányban van jelen. A sör beltartalmi komponensei közül a legnagyobb hatással az emberi szervezetre az etanol van. Az erjedés során a széndioxid mellett etil-alkohol is keletkezik a sörökben, melynek mértéke általában 3-8% (V/V) között változik. Az alkohol a szervezetbe kerülve több lépésen keresztül acetaldehiddé oxidálódik majd acetáttá alakul. Az acetát könnyen az agyba jutva kis mennyiségben neurotranszmitter acetil-koliné alakul az acetil-CoA-n keresztül, melynek agyműködést serkentő hatása van. A nagyobb mennyiségben metabolizáló acetát a folyamat során később neurotranszmitter blokkoló hatást fejt ki.

A sejtekben természetes körülmények között lejátszódó biokémiai folyamatok, jellemzően az oxidációs folyamatok során keletkeznek szabadgyökök, amelyek egy bizonyos részének fontos szerepe van a szervezet normális működésének fenntartásában. A szabadgyökök olyan reaktív oxigén-, nitrogén-, kén- vagy szénközpontú molekulák, illetve molekularészletek, amelyek párosítatlan elektronnal rendelkeznek, ezért rendkívül agresszívak és rövid életidejűek, hiszen nagyon gyorsan kémiai reakcióba lépnek más vegyületekkel elektronszerzés céljából. A szabadgyökök megjelenése előidézi az oxidatív stresszt. Oxidatív stressznek nevezzük az olyan állapotot, amikor

a prooxidánsok és az antioxidánsok egyensúlya eltolódik az előzőek javára. Az antioxidáns - prooxidáns egyensúly fenntartása az egészség megőrzésének fontos eszköze. A szabadgyökök külső és belső tényezők, biotikus és abiotikus stressz hatások következményeiként is indukálódhatnak.

Az élő szervezet megfelelő működéséhez az ásványi elemek nélkülözhetetlenek. Az ásványi anyagok a sörgyártás során felhasznált alap- és segédanyagokból kerülnek a sörbe.

A vitaminok olyan változatos kémiai szerkezetű, szerves vegyületek, melyeket az emberi szervezet nem képes elegendő mennyiségben előállítani, de kis mennyiségben nélkülözhetetlenek annak zavartalan működéséhez.

PhD kutatási munkámban három pillérre fektettem hangsúlyt: az alakor, mint lehetséges söripari alapanyag feltérképezésére és az alakor malátakészítésre, sörlé és sör előállításra malátázott és malátázatlan alakorból és a potenciális egészségvédő hatású komponensek vizsgálatára alakorból és egyéb gabonákból, a gyártástechnológia során a különböző sörökből összevetve az alakor sörrel. Az első témakörben feltérképeztem az alakort söripari szempontok alapján. Meghatároztam fizikai és kémiai paramétereit. Továbbá válaszfelület optimalizációs statisztikai módszer segítségével optimalám az alakor malátázását. Végül vizsgáltam az alakor és egyéb potenciális hazai nemesítésű búzákat és azok malátáinak potenciálisan egészségvédő komponenseit. A második témakörben először laboratóriumi körülmények között sörlevet készítettem malátázott és malátázatlan alakorból, majd a kiválasztott receptúra alapján léptéknöveléssel adaptáltam félüzemi körülményekre. A sikeres sörfőzés után a kész receptet üzemi körülmények között alkalmaztam. A harmadik esetben megvizsgáltam és egymáshoz hasonlítottam az Alakor Bio sör és más hazai piacon fellelhető sörök ásványianyag- és antioxidáns tartalmát és vizsgáltam azok vitamintartalmát.

A következő részfeladatokat tűztem ki célul:

1. Az alakor búza söripari alkalmazhatóságának vizsgálata a söripari eljárásnak megfelelően.
2. Malátázási eljárás kidolgozása mikromalátázó berendezés segítségével, a kész maláták minősítése. Emellett további célként tűztem ki egy olyan statisztikai modell felállítását, mely segítségével optimalizálható az alakor malátázási folyamata.
3. Azon söripari műveletek feltérképezése, amelyek a malátázott és a malátázatlan alakor felhasználása esetén eltérést mutatnak a klasszikus sörgyártási gyakorlathoz képest. A kísérletsorozatot léptéknöveléssel kívánom végrehajtani, végső célként ipari körülmények között megvalósítható technológiai eljárást kidolgozni.
4. Az alakor búza és egyéb gabonafélék, majd az ezekből készült maláták potenciális egészségvédőhatással rendelkező komponensek mennyiségének vizsgálatát.
5. Célul tűztem ki a nemzetközi szakirodalmi forrásokból megismert egészségvédő hatású komponensek mennyiségének alakulását a sörgyártás technológiai folyamata során, majd az elkészült alakor sör potenciális egészségvédő hatással rendelkező komponensek mennyiségi elemzését.

2 Anyagok és módszerek

Sör- és Szeszipari Tanszék részvételével zajló ALKOBEER projekt során doktori kutatásom alapanyagaként az *MV alakor* búzafajtát választottam, ugyanis ez rendelkezett söripari szempontból megfelelő paraméterekkel. A Körös-Maros Biofarm Kft. által termesztett 2009-es, 2010-es és 2011-es aratásból származó búzával dolgoztam. Kísérleti munkám első részében hántolt alakorral dolgoztam, majd számos malátázási próbálkozás után visszatértem a pelyvás alakorhoz. A későbbi eredmények már ennek az alakornak a minősítését prezentálják. Doktori munkám részét képezte a bio alakor búza antioxidáns tulajdonságainak feltérképezése. Összehasonlítóképpen számos - az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetében nemesített - söripari célra szánt, őszi és fakultatív típusú búzát, illetve a belőlük előállított malátát is vizsgáltam. A malátázás kidolgozásához a Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Sör- és Szeszipari Tanszékéntálálható, a Schmidt-Seeger német cég által gyártott mikromalátázó rendszert használtam. A laboratóriumi kísérletekhez egy 1-CUBE márkájú cefrészőt használtam. A félüzemi kísérleteket ugyancsak a Tanszéken található 50 literes félüzemi sörfőzdében végeztem, melyen modellezni tudtam az ipari sörfőzés összes lépéseit, mint az infúziós és dekokciós cefrészést, a sörszűrést, a komlóforralást, a whirlpoolozást, a sörlé hűtését, az erjedést és az ászokolás folyamatát.

Az alakor és malátáját a söripari szabványok (EBC, MEBAK) alapján vizsgáltam. A mechanikai vizsgálatok során meghatároztam az osztályozottságot, az ezerszemtömeget, a hektolitertömeget, a lisztesség-üvegességet. A fiziológiai vizsgálat során meghatároztam a csírázási energiát BRF módszer szerint. A fizikai vizsgálat során vizsgáltam a nedvességtartalmat és az alakor keményítőjének csirizesedési pontját. A malátaminősítés során standard Kongresszusi cefrészést végeztem, melyből

meghatároztam a maláta extrakttartalmát, extrakt differenciáját. A maláta enzímösszetételének meghatározására négycefrés Hartong-Kretschmer módszert használtam. A fehérjetartalom és az oldott nitrogén meghatározás után vizsgáltam a maláta Kolbach számát is. Meghatároztam az alakor eredetű keményítő amilóz-amilopektin arányát, és a β -amiláz enzim hőmérsékleti optimumát. Az alakor sörléből vizsgáltam a szabad- α -amino nitrogén (SZAN) tartalmat, szénhidrát tartalmat HPLC módszerrel.

Ahhoz, hogy meghatározhassam az antioxidáns kapacitást különböző növényi anyagokból, egy többlépcsős kivonatolási módszer kellett adaptálnom:

1. Első lépésben a gabona/maláta mintát 0,5 mm-nél kisebb rész nagyságú malmon megőröltem, majd az így kapott őrleményt azonnal felhasználtam. Ebből 0,5 g őrleményt zárható centrifugacsőbe mértem, majd hozzáadtam 20 ml metanol:víz elegyet (50:50, v/v, pH 2), majd ezt szobahőmérsékleten ráztam egy órán át. Ezután 10 percig 2500g-n centrifugáltam. A kapott felülúszót összegyűjtöttem. A visszamaradó üledékre 20 ml aceton:víz elegyet (70:30 v/v) mértem, és megismételtem a rázatást és a centrifugálást. A kapott felülúszót az előző lépésben kapott felülúszóhoz öntöttem. Az így kapott elegy képezte a minta előkészítés első fázisának mintáját.

2. Második lépésben a visszamaradó üledékre 20 ml metanol és 2 ml koncentrált kénsavat mértem, és 20 órára 85 °C-os rázó vízfürdőbe helyeztem. Ezután centrifugáltam (10 perc, 2500 g), majd a felülúszót eltávolítottam. Kétszeri desztillált vizes öblítés után a felülúszót kiegészítettem desztillált vízzel 50 ml-re. Az így kapott elegy képezte a második fázis mintáját.

Az antioxidáns kapacitás meghatározására négy módszert használtam:

- **DPPH** (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitás mérés

- Troloxra vonatkoztatott Antioxidáns Kapacitás – **TEAC** (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity)
- Vasredukáló képességen alapuló módszer – **FRAP** (Ferric Reducing Ability of Plasma)
- Összes polifenol tartalom meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel – **TPC** (Total Polyphenol Content)

Ásványianyag meghatározásra ICP-AES technikát alkalmaztam. A víz és zsírolható vitaminok meghatározására HPLC módszert alkalmaztam UV-PDA detektor segítségével.

A különböző mérések során kapott adatok feldolgozása azok matematikai jellegének megfelelően történt. Valamennyi statisztikai elemzést 5%-os szignifikancia szinten ($p=0,05$) hajtottam végre. A sörök vizsgálata során, mivel nem volt abszolút kontroll minta, az elemzésekhez a főkomponens analízist (PCA) alkalmaztam. A malátázás optimalizálására a statisztikai felületoptimalizálás válaszfelület módszert (Response Surface Methodology, RSM) hívtam segítségül. A statisztikai elemzéseket a Statistica 10 (StatSoft, Tulsa, USA) software segítségével végeztem el.

3 Az eredmények összefoglalása

Az egészséges táplálkozás egyik fő komponense az ökológiai gazdálkodásból származó alapanyag. Azok a nemkívánatos vegyi anyagok szervezetünkbe való beviteli mennyisége csökkenthető a bio élelmiszerek használatával, melyeket nap mint nap beviszünk. A fokozott külső hatásoknak kitett szervezetünk egészségének megőrzésére nem elég csak vegyszermentes élelmiszerek fogyasztása, hanem olyan élelmiszereket is előtérbe kell helyezni, melyek komponensei egészségvédő hatással bírnak.

A bio sörök egyre jobban elterjednek a világon, de még mindig kis mennyiségben kaphatóak. Számos söripari alapanyag kísérlet mellett, az alakor búza (*Triticum monococcum* L.) még mindig háttérbe szorul, és kevés tudományos kutatásban foglalkoznak az alakor búza söripari felhasználhatóságával.

Az alakor, mint lehetséges söripari alapanyag feltérképezése. A malátakészítés optimalizálása. Antioxidáns kapacitásának meghatározása

A kutatásom fő irányvonala az Alakor Bio sör technológiájának kidolgozása volt. Ahhoz, hogy az alakorból sört állíthassak elő tudományos módszerekkel támasztottam alá az alakor söripari alkalmazhatóságát. Megállapítottam, hogy az alakor a beltartalmi komponenseit illetően hasonlít az árpára, szemmérete azonban kisebb annál. Az alakort lazán veszi körül a pelyva, aminek aránya a szemhez képest 30 %. A vizsgálat során meghatároztam az alakor keményítő amilóz-amilopektin arányt (15/85), meghatároztam a keményítő elcsirizedési hőmérsékletét (83 °C) és a keményítóbontó β -amiláz enzim hőfok optimumát (65 °C). Az alakor keményítő magas elcsirizedési hőmérséklete miatt szükség volt a cefrőzési technológia módosítására.

Kidolgoztam az alakor malátázási technológiáját. Az alakor maláta beltartalmi értékeit vizsgálva, meghatároztam annak malátázási eljárását. A malátázási paraméterek változtatásával és a kapott maláták beltartalmi eredményeik alapján felüloptimalizációs statisztikai optimalizációs módszer segítségével meghatároztam az alakor optimális malátázását leíró képleteket. A kapott leíró képletek alapján, az alakor optimális malátázása 22 °C-os hőmérsékleten történő áztatás és csíráztatás, a csíráztatás hosszát 5 napban határoztam meg, és a csírázás végén 45%-os nedvességtartalmat kell elérni. Az optimális

malátázás során kapott maláta beltartalmi paraméterei (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található..** táblázat) elfogadhatók a sörgyártásra.

Négy különböző módszerrel (TPC, FRAP, DPPH, TEAC) meghatároztam az alakor, a sörárpa és egyéb, potenciális söripari alapanyagként szolgáló gabonák antioxidáns kapacitását. Ahhoz, hogy a lehető legtöbb antioxidánst kimutathassam, adaptálnom kellett egy olyan módszert, mely egy vizes és egy savas kivonatolást foglal magába. A vizsgálat során arra a következtetésre jutottam, hogy az extrakció második szakaszában az összes antioxidáns kapacitás alapjául szolgáló komponensek mintegy kétharmadát a savas extrakció során sikerült kinyernem. Továbbá megállapítottam, hogy az alakor antioxidáns kapacitása minden esetben alacsonyabb az árpáénál. A malátázás során antioxidáns kapacitás növekedést figyelhettem meg. Az alakor maláta a DPPH és a TEAC gyökmegkötésen alapuló antioxidáns kapacitás meghatározó módszer esetében kimagasló eredménnyel rendelkezett a többi búzával szemben.

Összegzésként megállapítható, hogy a négy különböző antioxidáns kapacitás meghatározási módszer mindegyikében a bio árpa rendelkezett a legmagasabb értékkel. A búzák közül az alakor állt az első helyen az antioxidáns kapacitást tekintve, kivétel a FRAP módszer esetében, ahol egy búzaminta esetében mértem nagyobb vasredukáló képességet.

Sörlé és sör előállítása malátázatlan és malátázott alakorból

Sikeres malátázási technológiámat sajnos nem lehetett a továbbiakban hasznosítani, mert ahhoz, hogy az alakor sört kisüzemi sörfőzdében elkészíthessem, kis mennyiségben kellett volna a malátát előállítani, ami Magyarországon lehetetlen. Ebből a megfontolásból döntöttem a malátázatlan alakor felhasználása mellett. A cefrőzésnél az alakor keményítő magas

csirizedési hőmérséklete miatt a malátázatlan alapanyagot dekokciós cefrézéssel kell feltárni. Az örlemény összetételénél a nagy, 50%-ot meghaladó alakor hányadra törekedtem. A kísérlet során a hántolt alakort a magasabb extrakttartalom miatt, a hántolatlant pedig a cefreszűrés megkönnyítésére használtam. Az alapanyag-összetétel optimalizálására és az enzimek mennyiségének beállításra laboratóriumi cefrézési kísérleteket hajtottam végre. Mivel laboratóriumi körülmények között nem modellezhető megfelelően a sörfőzés összes lépése (sörszűrés, komlóforralás, whirlpoolozás, erjesztés, ászokolás), ezért a legjobb laboratóriumi cefrézési eljárást átültettem félüzemi körülményekre. Az így kapott sör 51% hántolt és hántoltalan alakorból készült, mely paraméterei egy piacképes sörnek felelnek meg.

Az alapanyag antioxidáns kapacitását alapul véve, meghatároztam a sörfőzés lépéseinek hatását az antioxidáns kapacitásra. A legtöbb polifenol a színsörlemben volt, ám ez a máslással igencsak lecsökkent, feltehetően a jelentős hígulásnak köszönhetően. A sörfőzés során az antioxidáns kapacitás nagyobb ingadozást mutatott a FRAP és a TPC módszerek esetében, viszont a DPPH és a TEAC módszer esetén ez nem jelenthető ki.

Potenciális egészségvédő hatású komponensek vizsgálata a késztermékben

Az ipari léptékben elkészült késztermék antioxidáns kapacitását összehasonlítottam más, a magyar piacon fellelhető sörökével. Ezek különböző alapanyag összetételűek, különböző alkohol tartalmúak és különböző komlózású sörök voltak.

A TPC módszer eredményeit tekintve megállapítható, hogy a Dreher alkoholmentes esetén detektáltam a legkisebb értékeket. Átlagosnál magasabb értéket mutatott a Dreher Bak, a Ksiazece és a Bernard, amelyeknél ez a maláta összetétellel, magasabb extrakt-tartalommal és egyéb anyagok

hozzáadásával magyarázható. A világos sörök kategóriájában a Gniewosz és a Budweiser után, amelyek magasabb extrakt-tartalommal rendelkeznek, az egyik kiemelendő értékkel az Alakor Bio sör rendelkezett. Külön érdekesség, hogy antioxidáns tartalma olyannyira magas, hogy a barna sörök közül a Wells Bombardie-t is felülmúlta. A FRAP módszer esetén hasonló következtetésekre jutottam, mint az előzőekben. Az Alakor Bio sör a világos, átlagos extrakt-tartalommal rendelkező sörök között kiemelkedő eredményt mutatott. A DPPH módszer esetén kimagasló értékeket a Fuller's IPA esetén kaptam, amely extra mennyiségű komlót tartalmaz, valamint az aszalt csipkebogyóval kiegészített Ksiazece sörnél tapasztaltam. Kijelenthető, hogy ez a módszer leginkább a komlóban fellelhető vegyületeknek kedvezett. A TEAC módszer esetén kiugró értéket nem mértünk. Azonban az nem hagyható figyelmen kívül, hogy az egyik legmagasabb antioxidáns kapacitást az Alakor Bio sörnél mértem.

Összességében kijelenthetem, hogy az Alakor Bio sör a világos sörökkel azonos vagy azoknál nagyobb antioxidáns kapacitással rendelkezett, köszönhetően az alapanyag nagy antioxidáns kapacitásának.

A statisztikai komponens analízis segítségével (PCA-BiPlot) megerősítést nyertek a szakirodalmi adatok, mely szerint a különféle sörök antioxidáns kapacitásuk szempontjából külön csoportokba rendezhetők a felhasznált összetevők és az alkalmazott technológiák alapján. Az említett statisztikai analízis alapján kijelenthetem, hogy a Dreher Bak és a Bernard minták kiemelkedő szabadgyök-elimináló képességgel rendelkeznek, míg a Gösser Zitrone, a Hoegaarden, a Carlsberg és a Dreher alkoholmentes sörök szerény értékeket mutattak. A Corona Extra, a Zywiec Premium, a Tyskie és a Dreher Classic sörök szintén szerény értékeket mutattak. A többi sör egymáshoz viszonylag közel helyezkedtek el a redukált faktor térben, így közöttük nagy különbség nem mutatkozott. Az egyes alkalmazott módszerek közötti

kapcsolatra jellemző, hogy míg a DPPH, FRAP TPC módszer egymással jól korrelál (kicsi az ezeket reprezentáló vektorok által bezárt szög), addig a TEAC módszer ezektől lényegesen elkülönül. A PCA elemzést figyelembe véve, az Alakor Bio sör antioxidáns kapacitás szempontból nem mutat nagy különbséget a világos sörökhöz képest, ellenben szignifikáns különbség mutatható ki más búzasörrel szemben.

Az ásványianyag tartalom vizsgálat során megvizsgáltam a sörfőzésre használt víz ásványi anyag tartalmát, hogy kizárhassam a sörfőző víz hatását a késztermékre. A víz elenyésző ásványianyag tartalma bebizonyította, hogy a használt sörfőző víz kis mértékben befolyásolta a végtermék ásványi anyag összetételét. Az alakor szem és a pelyva ásványianyag tartalmát vizsgálva, megállapítottam, hogy a hántolás során a pelyva eltávolításával a legnagyobb mennyiségben a réz és a nátrium mennyisége csökken, ez azonban, ha figyelembe vesszük a mag/pelyva 30 %-os arányát, nem számottevő. Az árpára vonatkoztatott szakirodalmi adattal összehasonlítva, az alakor több mint tízszeres mennyiségű kalciumot, vasat, mangánt és nátriumot tartalmazott, de a kálium, magnézium és foszfor tartalma is többszöröse volt az árpához viszonyítva.

Miután az egyik célkitűzésemnek megfelelően sikerült félüzemi körülmények között a piaci elvárásoknak megfelelő sört előállítanom, és léptéknöveléssel üzemi körülmények között piacra készterméket gyártani, megvizsgáltam ezek ásványianyag tartalmát és összevettem a szakirodalmi adatokkal. Az eredmények alapján elmondható, hogy a félüzemi sör kálium tartalma a legnagyobb, ezt követi kis különbséggel az üzemi sör kálium koncentrációja, majd a hazai sörök átlag értéke következik, amely majdnem csak a fele a félüzemi minta kálium tartalmának. A félüzemi minta foszfor tartalma szinte azonos értéket mutat az üzemi sörrel, amely adatok a hazai sörök átlag értékének hozzávetőleg csak kétharmada. Az alakor búza kalcium

tartalma több mint tízszerese az árpáénak. A sörfőzési kísérletek során az üzemi mintákban alacsonyabb kalcium tartalommal szembesültünk, ami a vízkezelési technológiának köszönhető. A magnézium esetén mindkét mintám meghaladta az irodalmi átlag értékeket.

Az alakor sör egészségvédő hatásának bizonyítása céljából megvizsgáltam a késztermék vitamin tartalmát, és összehasonlítottam más, a magyar piacon fellelhető sörökkel. A vizsgált vitaminok a malátából, jelen esetben az alakorból és az élesztő tevékenységének köszönhetően kerülnek a sörbe. Számos vitamin koncentrációját vizsgáltam a különféle sörökben, de detektálható értékeket csak a tiamin és a nikotinsavamid esetében kaptam. A kísérlet során az IPA típusú sör rendelkezett a legnagyobb mennyiségű vitaminnal, mely a magasabb alapanyag mennyiségnek köszönhető. Az Alakor Bio sör vitamin tartalom szempontjából a nikotinamid tartalma számottevően meghaladja a többi vizsgált sörökét, míg tiamin tartalma csak a különleges malátából készült sörök esetén marad alul.

Eredményeimmel az alakor búza söripari alkalmazhatóságát bizonyítottam be és az általam kifejlesztett sörkészítési technológia egy biosörrel gazdagítja a magyar söripar piaci palettáját.

4 Új tudományos eredmények

1. Kutatásom során feltérképeztem egy söripari szempontból új gabonát, mely tulajdonságai révén új sör állítható elő.
2. Mivel az alakor búza még ismeretlen alapanyag volt a söripar számára, így annak malátázási metodikáját fejlesztettem ki.
3. Cefrészési eljárás kidolgozása az alakor ipari alkalmazhatóságára

4. Meghatároztam az alakor búza antioxidáns tartalmát, összevettem más söripari célra alkalmas gabonáéval, és megvizsgáltam az ezekből készült maláták antioxidáns kapacitását
5. Megvizsgáltam az alakor sör potenciális egészségvédő hatású komponenseit, és ezeket összevettem más sörökkel. Megfigyeltem a sörkészítés technológiai lépéseinek hatását az antioxidánsok mennyiségére.

5 Következtetések és javaslatok

Kutatási eredményeim alapján megállapítható, hogy az alakor búza (*Triticum monococcum*) alkalmas söripari felhasználásra. Bebizonyítottam, hogy megfelelő malátázási technológiával kiváló minőségű alakor maláta készíthető. Az alapanyag vizsgálata során bebizonyosodott, hogy a magas extrakttartalom elérése érdekében az alakor eredetű keményítő magas csirizedési hőmérséklete miatt dekokciós módszerrel készíthető magas extrakttartalmú sörlé. Továbbá, az azonos az alakor és az árpa eredetű β -amiláz enzim hőmérséklet optimuma egybeesik, ezért együttes használatuk ebből a szempontból nem ütközik akadályba. Bebizonyítottam, hogy abban az esetben, ha nem áll rendelkezésünkre malátázott alakor, akkor több mint 50%-os arányban malátázatlan formában használható az árpamaláta mellett megfelelő ipari enzimek segítségével. A megfelelő cefrzési eljárás betartása mellett léptéknöveléssel könnyen ipari körülmények között készíthető sör az alakor búzából.

A potenciális egészségvédő hatású komponensek vizsgálata során meghatároztam az alakor ásványi anyag tartalmát. Összehasonlítottam a szakirodalmi adatokkal, és arra a következtetésre jutottam, hogy az alakor söripari használata során nagyobb mennyiségű ásványi anyag kerülhet a

késztermékbe. Ezt a laboratóriumi és a félüzemi kísérletekkel is alátámasztottam.

Antioxidáns kapacitást vizsgáltam négy módszer segítségével (TPC, FRAP, TEAC, DPPH) az alakorban és malátájában, összevettem más söripari célra nemesített búzával és a sörárpával, és ezek malátáival. A kapott eredménye bebizonyították, hogy a négy mérési módszer esetén a sörárpa rendelkezett a legmagasabb értékkel, ellenben a búzáék közül az alakor állt az első helyen az antioxidáns kapacitást tekintve. Ugyanakkor a malátázás során az antioxidáns kapacitás tovább növekedett. Meghatároztam a sörfőzés hatását az antioxidáns kapacitásra, és megállapítottam, hogy antioxidáns kapacitás nagyobb ingadozást mutatott a FRAP és a TPC módszerek esetében, viszont a DPPH és a TEAC módszer esetén ez nem jelenthető ki. Az alakor sör antioxidáns kapacitását összehasonlítva más sörökkel, megállapítottam, hogy az Alakor Bio sör a világos sörökkel azonos vagy azoknál nagyobb antioxidáns kapacitással rendelkezett, köszönhetően az alapanyag nagy antioxidáns kapacitásának.

Az alakor sör egészségvédő hatásának bizonyítása céljából megvizsgáltam a késztermék vitamin tartalmát, és összehasonlítottam más, a magyar piacon fellelhető sörökkel. A kísérlet során az IPA típusú sör rendelkezett a legnagyobb mennyiségű vitaminnal, mely a magasabb alapanyag mennyiségnek köszönhető. Az Alakor Bio sör vitamin tartalom szempontjából a nikotinamid tartalma számottevően meghaladja a többi vizsgált sörökét, míg tiamin tartalma csak a különleges malátából készült sörök esetén marad alul.

Ahhoz, hogy magasabb egészségvédő hatást tulajdoníthassunk az Alakor sörnek, további kutatások szükségesek, ajánlott alacsony alkohol tartalmú és alkoholmentes alakor sör előállításán is dolgozni.

6 Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Impaktfaktoros cikkek

Attila-Levente Fogarasi , Beáta Hegyesné-Vecseri, Stefanovits-Bányai Éva, Szilárd Kun (2015): A comparative assessment of antioxidant properties, total phenolic content of einkorn, wheat, barley and their malts. FOOD CHEMISTRY 167: pp. 1-6. IF: 4,529

Attila Szöllősi, Quang Duc Nguyen, Attila Gábor Kovács, **Attila-Levente Fogarasi**, Szilárd Kun, Beáta Hegyesné-Vecseri (2016): Production of low or non-alcoholic beer in microbial fuel cell. FOOD AND BIOPRODUCTS PROCESSING 98: pp.196-200. IF: 1,97

Nem impaktfaktoros szakcikkek

Fogarasi AttilaLevente, Hegyesné Dr. Vecseri Beáta, Kiss Zsuzsanna, Dr. Kun Szilárd (2011): Sör, ami bio és organikus. Az alakor a sörkészítésben. Biokultúra újság, 2011/3.

Fogarasi AttilaLevente, Hegyesné Dr. Vecseri Beáta, Kiss Zsuzsanna, Dr. Kun Szilárd (2014): Az alakorból készült első magyar biosör gyártástechnológiájának kidolgozása Biokultúra újság, 25:(3) pp. 26-30.

Konferencia kiadványok

Magyar nyelvű (összefoglaló)

Fogarasi Attila-Levente, Kiss Zsuzsanna, Kun Szilárd, Hegyesné Vecseri Beáta: Alakor búza sör – a magyar egészségvédő bio sör. Táplálkozástudományi kutatások. Innováció - Táplálkozás -

Egészség - Marketing. Konferencia, Kaposvári Egyetem, Kaposvár,
2012.

Nemzetközi konferencia (összefoglaló)

Attila-Levente Fogarasi, Zsuzsanna Kiss, Beáta Vecseri Hegyes:
Examination of the Applicability of Einkorn (*Triticum monococcum*
L.) for Beer Production and Determination it's Healthcare potential.
8th International Conference of PhD Students, University of Miskolc,
Hungary, 05-11 August, 2012

Attila-Levente Fogarasi, Beáta Vecseri Hegyes, Zsuzsanna Kiss, Szilárd
Kun: Einkorn (*Triticum monococcum* L.) in Organic Beer
Production; Malting Organic Einkorn. Third International Young
Scientists Symposium for the Brewing, Distilling and Malting
Sectors, Nottingham, United Kingdom, 23-25 October, 2012.

Attila-Levente Fogarasi, Beáta Vecseri Hegyes, Zsuzsanna Kiss, Szilárd
Kun: Examination of organic einkorn wheat (*Triticum monococcum*
L.) and organic einkorn wheat beer healthcare potential. Food
Science Conference 2013 – With research for the success of Darányi
Program, Budapest, Hungary