



---

**Élelmiszertudományi Kar**

# **VITAMINNAL DÚSÍTOTT SÖRÖK ELŐÁLLÍTÁSA ÉS TANULMÁNYOZÁSA**

című

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**Jelölt: Nagymáté Emese**

Témavezető: Dr. Fodor Péter

Budapesti Corvinus Egyetem

Alkalmazott Kémia Tanszék

Budapest, 2008

## **A doktori iskola**

**megnevezése:** Élelmiszertudományi Doktori Iskola

**tudományága:** Élelmiszertudományok

**vezetője:** Dr. Fodor Péter,  
Tanszékvezető egyetemi tanár, DSc  
Budapesti Corvinus Egyetem

**Témavezető:** Dr. Fodor Péter  
Tanszékvezető egyetemi tanár, DSc  
Budapesti Corvinus Egyetem  
Élelmiszertudományi Kar  
Alkalmazott Kémia Tanszék

## **A doktori iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:**

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
A témavezető jóváhagyása

**A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanácsának 2008. október 7-i határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi bíráló Bizottságot jelölte ki:**

**BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:**

**Elnöke**

Biacs Péter, DSc

**Tagjai**

Rácz László, CSc

Heltai György, DSc

Borszéki János, CSc

**Opponensek**

Lugasi Andrea, PhD

Fári Miklós, DSc

**Titkár**

Hegyesné Vecseri Beáta, PhD



## 1. BEVEZETÉS

Az egészségtudatos táplálkozás elterjedésével a különböző vitaminnal dúsított élelmiszerek előállítása az élelmiszeriparban egyre nagyobb teret hódít. Ezen élelmiszereknek, illetve vitamintartalmuknak jelentős szerepük van különböző betegségek megelőzésében és rehabilitációjában.

A sör jelentős mennyiségű antioxidánst és vitamint tartalmaz. Ide sorolhatók a fenolsavak, a melanoidinek, a xantohumul, a humulonok és lupulonok, a ferulasav, egyes maláta és élesztő eredetű vitaminok, valamint a komló bioaktív polifenoljai. A sörben megtalálható a B2 vitamin (riboflavin), a nikotinsavamid, a B6-vitamin, a pantoténsav, a folsav és a B12 vitamin is, ugyanakkor nem található benne se C-vitamin, se E-vitamin.

A sör vitaminnal való dúsítása két szempontból is jelentős. Az első a fogyasztóra gyakorolt élettani hatás. A Magyar Sörgyártók Szövetségének adatai szerint a magyarországi éves sörfogyasztás évek óta megközelítőleg 70 liter/fő körül alakul. Ekkora mértékű fogyasztás mellett nagy jelentőséggel bír a sör vitamintartalma, ami kedvező hatást gyakorolhat az emberi szervezetre.

A másik szempont a vitamin addíció hatása a sör íz-stabilitására, illetve egyéb analitikai paramétereire, valamint érzékszervi tulajdonságaira. A sörhöz adagolt antioxidáns vitaminok befolyásolhatják a sör élettartamát, mivel a sör romlásáért oxidációs reakciók a felelősek. Az E- és a C-vitamin antioxidáns hatásuknak köszönhetően gátolhatják, illetve lassíthatják ezeket a folyamatokat. Ugyanakkor a vitamin addíció befolyással lehet a fermentáció lefolyására, valamint az élesztő szaporodására, így megváltoztathatja az erjedés során keletkező termékek mennyiségét. Ezen kívül a vitamin addíció a kész sör ízére is kihathat.

Összehasonlításként fontosnak találtam meghatározni a C- és az E-vitamin stabilitását más típusú italokban is, így például borban és narancslében. Ezek a vizsgálatok összehasonlítási alapul szolgálnak, valamint segítséget nyújthatnak abban, hogy mely egyéb italok esetében érdemes C- és E-vitamin dúsításos kísérleteket végezni.

## 2. CÉLKITŰZÉSEK

Doktori munkám során különböző sörminták vitaminnal való dúsítási lehetőségeit tanulmányoztam. A témával kapcsolatban az alábbi célkitűzéseket fogalmaztam meg:

- A szakirodalomban nem található olyan tanulmány, amelyet a sör antioxidáns vitaminnal való dúsításával kapcsolatban végeztek volna. A fellelhető E- és C-vitamin vizsgálati módszerek vagy más élelmiszerre vonatkoznak, vagy bonyolult mintaelőkészítést igényelnek, esetleg az alkalmazott detektálási módszer nem feltétlenül érhető el egy átlagos laboratórium számára. Első célkitűzésem a C- és az E-vitamin sörben történő meghatározására alkalmas olyan módszer kidolgozása, amely a napi laboratóriumi munka során gyorsan, könnyen és megbízhatóan alkalmazható.
- Munkám következő céljaként a C- és az E-vitamin sörben való stabilitásának meghatározását tűztem ki, valamint e két antioxidáns vitamin stabilitását befolyásoló egyéb tényezők hatását tanulmányoztam.
- A sörhöz hozzáadott antioxidáns vitaminok hatással vannak a sör élettartamára is, mivel a sör romlását általában oxidációs folyamatok okozzák. Dolgozatom következő fejezetében tanulmányoztam, hogy az E- illetve a C-vitamin addíciójának hatására hogyan változik meg a sör íz-stabilitását jelző lag time paraméter értéke, illetve az egyes vitaminok addíciója mely technológiai lépésnél javasolt.
- A vitamin addíció hatására nem csupán a sör élettartama változhat meg, hanem egyéb, érzékszervi tulajdonságai, illetve analitikai paraméterei is. Munkám következő célja a vitaminnal dúsított sör érzékszervi és analitikai vizsgálata volt.

### **3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK**

#### **A felhasznált vegyszerek**

Munkám során az alábbi vegyszereket alkalmaztam: desztillált víz, DL- $\alpha$ -Tocoferol, Metanol, Etanol, L-(+)-aszcorbinsav, Kálium-dihidrogén-foszfát, Orto-foszforsav, N-tert-butil-fenilnitron, ipari sörlé, kereskedelmi forgalomból származó sörök

#### **Az alkalmazott eszközök és műszerek**

Kísérleteimhez pH mérőt, mágneses keverőt, centrifugát, HPLC-UV rendszert C18 (150 x 4.60 mm, 5  $\mu$ m), illetve XDB-C8 (150 x 4.60 mm, 5  $\mu$ m) kolonnával, GC-ECD rendszert CP-Wax 52 C.B oszloppal, E-scan spektrométert, söranalizátort, spektrofotométert, zavarosságmérőt és habstabilitás mérőt használtam.

#### **Érzékszervi vizsgálatok**

Az érzékszervi vizsgálatokban 315 önkéntes vett részt. A mintákat a kóstolók egy elkülönített, fehér fényel megvilágított fülkékben értékelték. Minden egyes kóstoló 10 – 11 mintát értékelt egy kóstolás alkalmával. A kóstolók a mintákkal együtt a tálcán megkapták a kitöltendő kérdőívet is. Az önkéntesek a sör tükrösségét, habját, ízét és az összbenyomást értékelték egy 9 pontos skálán (1=”egyáltalán nem jó”, 5=”semleges”, 9=”nagyon jó”). Négy demográfiai és sörhöz való viszonytal kapcsolatos kérdés is szerepelt a kérdőíven.

#### **A vizsgált minták**

Kutatómunkám során különböző alkoholtartalmú söröket tanulmányoztam a gyártási folyamat különböző szakaszaiban, valamint elvégeztem egy bor és egy narancslé minta vizsgálatát is.

#### **Mintaelőkészítés az analízishez**

A C-vitamin stabilitás vizsgálata esetén, amikor a különböző alkoholtartalmak mellett mérhető stabilitásának tanulmányozása volt a cél, 30 mg/L-es kiindulási C-vitaminkoncentrációt alkalmaztam. Ebben az esetben csak egy tárolási hőmérsékletet tanulmányoztam a C-vitamin esetleges bomlása miatt, így a mintákat 4 °C-on tároltam. A vizsgált mintákat tartalmazó üvegcséket alumínium fóliával betakartam.

Amikor a különböző hozzáadott C-vitamin mennyiség stabilitása volt a vizsgálat tárgya, 10, 20, 30, 40, illetve 50 mg/L-es kiindulási C-vitamin koncentrációt alkalmaztam három különböző mátrix (bor, narancslé, közepes alkoholtartalmú sör) esetén. A minták C-vitamin tartalmát 5 héten keresztül vizsgáltam.

Az E-vitaminnak a C-vitamin stabilitására való hatásának vizsgálatakor 30 mg/L-es C-vitamin és 4 mg/L-es E-vitamin koncentráció különböző kombinációit tanulmányoztam 4 °C-os, illetve 20 °C-os tárolási hőmérsékletet alkalmazva mindhárom italfajta esetében.

Tanulmányoztam a pH C-vitamin stabilitására gyakorolt hatását is. A sör esetében 5 különböző pH értéket alkalmaztam: 1.99; 2.48; 3.04; 3.47 és 3.96. A vizsgálat során 5 mL sörminta pH értékét állítottam be a kívánt értékre tömény foszforsav oldat adagolásával. Minden minta esetében 30 mg/L-es kiindulási C-vitamin koncentrációt, és 4, illetve 20 °C-os tárolási hőmérsékletet alkalmaztam.

A C-vitamin stabilitását különböző koncentrációk esetén alacsony pH-n, körülbelül, de pontosan 3-as pH értéken is tanulmányoztam. 10 mL foszforsavas mintát készítettem a borból, a narancsléből és a közepes alkoholtartalmú sörből. Mindegyik savas italból 10, 20, 30, 40, illetve 50 mg/L-es kiindulási C-vitamin koncentrációjú mintákat hoztam létre. A minták C-vitamin tartalmát 5 héten keresztül vizsgáltam.

Az E-vitamin stabilitás vizsgálata esetén két különböző tárolási hőmérsékletet tanulmányoztam (4 °C és 20 °C). A vizsgált mintákat tartalmazó zárt fiolákat alumínium fóliával betakartam, hogy a fény vitamin-károsító hatását csökkentsem.

Amikor az eltérő alkoholtartalom hatásának összehasonlítása volt a vizsgálat célja, 4 mg/L-es E-vitamin koncentrációjú oldatot készítettem 3 különböző alkoholtartalmú sörből.

Amikor az E-vitamin stabilitását az adagolt koncentráció függvényében tanulmányoztam, 1, 2, 3, 4, illetve 5 mg/L-es kiindulási E-vitamin koncentrációjú bor, narancslé, és közepes alkoholtartalmú sör mintát állítottam elő. A mintákat hűtőszekrényben tároltam, és 10 héten keresztül vizsgáltam.

A C-vitaminnak az E-vitamin stabilitására való hatásának vizsgálatakor 30 mg/L-es C-vitamin és 3 mg/L-es E-vitamin koncentráció különböző kombinációit tanulmányoztam 4 °C-os, illetve 20 °C-os tárolási hőmérsékletet alkalmazva mindhárom italfajta esetében.

A vitaminaddíció íz-stabilitásra gyakorolt hatásának tanulmányozásakor három különböző technológiai szakaszban alkalmaztam a vitamin addíciót.



Késztermék vizsgálata esetén az eredeti sör-minta pH értéke 4.31 volt. Ezt a mintát két részre osztottam, és az egyik felének a pH értékét 3-as pH-ra állítottam be tömény foszforsavat hozzáadásával. 50 mL, 1 – 4 mg/L-es E-vitamin koncentrációjú, illetve 10 – 40 mg/L-es C-vitamin koncentrációjú sörmintákat készítettem a koncentrációk minden lehetséges kombinációját alkalmazva. A mintákat 60 mL-es barna SUPELCO üvegekbe mértem ki, és a lag time vizsgálat kezdetéig 0°C-on tároltam.

Amikor a vitamin addíció fermentáció végi sörhöz történt, az eredeti pH érték 4.34 volt. A minta feléhez ebben az esetben is foszforsavat adtam, amíg a pH érték 2.98-ra nem csökkent. A sörmintákból 90 – 90 mL, 1 – 4 mg/L-es E-vitamin koncentrációjú, illetve 10 – 40 mg/L-es C-vitamin koncentrációjú sörmintákat készítettem a koncentrációk minden lehetséges kombinációját alkalmazva, amelyeket 100 mL-es csavaros tetejű Schott üvegekbe mértem be. Az így elkészített mintákat alumínium fóliával letakartam, és 4 °C-os hűtőszekrénybe helyeztem őket 7 napra. Miután a kondicionálási idő letelt, a mintákat centrifugáltam, az oldat tisztáját egy üres centrifugacsőbe dekantáltam és lefagyasztottam. A vizsgálat előtt a mintákat szobahőmérsékletű vízfürdőbe állítottam, és felolvasztottam, majd 0 °C-os vízfürdőbe helyeztem őket a lag time vizsgálat kezdetéig.

A vizsgálatot hűtés utáni sörlével is elvégeztem. Az eredeti sörlé pH-ja 5.12 volt. A minta feléhez foszforsavat adtam, így a kapott pH érték 3.08 lett. A vizsgálathoz 100 mL-es csavaros tetejű Schott üvegeket készítettem elő, és a kupak közepén egy nyílás volt, amelybe visszacsapó szelepet szereltek. A tanulmányozott sörlévet ezekbe a Schott üvegekbe mértem be, ezután az élesztő konzisztenciája 60%-ra állítottam be. 1 – 4 mg/L-es E-vitamin koncentrációjú, illetve 10 – 40 mg/L-es C-vitamin koncentrációjú sörlé mintákat készítettem a koncentrációk minden lehetséges kombinációját alkalmazva. Az így elkészített mintákat alumínium fóliával letakartam, és 10 °C-os hűtőszekrénybe helyeztem őket 10 napra. A fermentációs idő letelte után a mintákat centrifugáltam, az oldat tisztáját egy üres centrifugacsőbe dekantáltam és lefagyasztottam. A vizsgálat előtt a mintákat szobahőmérsékletű vízfürdőbe állítottam, és felolvasztottam, majd 0 °C-os vízfürdőbe helyeztem őket a lag time vizsgálat kezdetéig.

Az érzékszervi, és a hozzá kapcsolódó vizsgálatok esetén többféle sört tanulmányoztam. 3 minta nagy mennyiségű pótanyaggal (kukoricadara, árpa, vagy izocukor felhasználásával) készült, 3 sör-minta eredeti extrakt-tartalma legalább 12 volt. A 7-es minta egy magas alkoholtartalommal rendelkező barna sör volt. Az azonos típusúhoz tartozó

sörminták ugyanabból a gyártási tételből származtak, így azonos minőségi jellemzőkkel (szén-dioxid és oxigén tartalom) rendelkeztek.

Minden egyes sör típusból 52 mintát készítettem egy kóstolás során. 25 minta esetében nem történt vitamin addíció: ezek a minták számítottak a referencia mintáknak. A maradék 27 minta készítése az alábbiak szerint történt. Mindegyik bontatlan üveges sörmintát hűtőszekrényben tároltam  $10 \pm 1$  °C-on. Közvetlenül a minta vizsgálata előtt 50 mL hideg, eredeti sörmintát öntöttem óvatosan ezekbe az üvegpoharakba, és a minták vitamin tartalmát 0 – 5 mg/L E-vitamin, és 0 – 50 mg/L C-vitamin koncentráció értékre állítottam be a koncentrációk minden kombinációját alkalmazva.

A vitaminnal dúsított sörminták érzékszervi vizsgálatát a C-vitamin bomlása miatt alkalmazott alacsonyabb pH-értéken is elvégeztem. A 3-as pH körüli értéket ebben az esetben is tömény foszforsav addíciójával értem el. Ezen savas minták esetében az előzőekben említett 50 mL-es eredeti sör-mintákat ezekből a savas “sör-oldatokból” mértem ki.

A vitamin addíciónak a sör analitikai paramétereire gyakorolt hatásának tanulmányozásakor az alkalmazott sörlé eredeti pH értéke 5.14 volt. Ezt a sörlé mintát két részre osztottam, és az egyik részlet pH-ját 3.02-re állítottam be tömény foszforsav oldat segítségével.

A vizsgálathoz 500 mL-es Schott üvegeket és a közepén lyukkal rendelkező csavaros kupakokat alkalmaztam. Ezekbe a lyukakba visszacsapó szelepet helyeztem. Az üvegekbe 450 mL hűtött sörlevet töltöttem, majd az sörélesztőt konzisztenciáját 60%-ra állítottam be. A minták vitamin tartalmát 0 – 5 mg/L E-vitamin, és 0 – 50 mg/L C-vitamin koncentráció értékre állítottam be a koncentrációk minden kombinációját alkalmazva. Az így elkészített mintákat alumínium fóliával betakartam, majd 10 °C-ra állított hűtőszekrényben tároltam 10 napig. A 10 nap fermentációs idő letelte után a Schott üvegek kupakját zárt kupakra cseréltem, és a mintákat 4 °C-on tároltam további hét napig. A hét nap elteltével meghatároztam a minták alkoholtartalmát, iso- $\alpha$ -sav, E- és C-vitamin, diacetil és pentándion koncentrációját, valamint megmértem a végső pH értéket. Ezen vizsgálatok után a minták maradék részletét 3100g-n centrifugáltam, és a leülepedett élesztőt 5 mL metanollal extraháltam. Az így kapott metanos oldat E-vitamin tartalmát határoztam meg.

## 4. EREDMÉNYEK

### 4.1. A mérési eljárás optimalizálása

Doktori munkám során optimalizáltam a mintaelőkészítést és a kromatográfias paramétereket mindkét tanulmányozott vitamin meghatározása esetén. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a mérési hibán belül nincsen szignifikáns eltérés sem a mátrix, sem oldószeres extrakció hatására, ezért a vizsgált minták injektálása közvetlenül az oszlopra történt. A beállított paraméterek esetén mindkét vitamin egyetlen csúcsot adott a kromatogramon. A retenció idő az E-vitamin esetén 2.0 perc, C-vitamin esetén pedig 4.30 perc volt.

### 4.2. A C-vitamin stabilitásának meghatározása

A C-vitamin stabilitása a különböző alkoholtartalmú sörökben eltérő. A C-vitamin mennyiségében jelentős csökkenés tapasztalható mindegyik vizsgált sör esetében, de a vitamin koncentrációjának csökkenési üteme a minta alkoholtartalmától függ. A 20 °C-on tárolt minták esetében a pH-csökkentése nem változtatja meg a C-vitamin stabilitását, ugyanakkor a C-vitamin bomlása kisebb pH értéken lassult. A 4 °C-on tárolt minták esetében a 3.96-os pH érték alatt a minták C-vitamin tartalmának a csökkenése mindössze 12±2.0% hűtött tárolás esetén, viszont e pH érték felett nincs kimutatható különbség a tárolási hőmérsékletek között, a C-vitamin mennyiségének a csökkenése 81±6% a tárolási hőmérséklettől függetlenül.

Munkám során megállapítottam, hogy a vitamin mennyiségének a csökkenése gyorsabb nagyobb koncentrációk esetében.

A kísérleti eredmények alapján az E-vitamin jelenléte befolyásolja a C-vitamin stabilitását. Az E-vitamin jelenléte esetén a 4 °C-on tárolt minták aszkorbinsav tartalma lassabban csökken, mint azoké a mintáké, amelyek ugyanolyan vitamin tartalommal rendelkeznek, de a tárolási hőmérsékletük 20 °C. Ugyanakkor még ezek a szobahőmérsékleten tárolt minták is alacsonyabb fogyási gradienssel rendelkeznek, mint az E-vitamin nélküli minták.

Munkám során meghatároztam a C-vitamin borban, illetve narancslében mérhető stabilitását is. A borhoz adagolt különböző vitamin koncentrációk esetén a leggyorsabb C-

vitamin bomlás a 30 mg/L-es minta esetében tapasztalható. Narancslé vizsgálatokor a C-vitamin bomlásának a sebessége csökken a növekvő C-vitamin tartalommal. A C-vitamin stabilitását különböző koncentrációk esetében alacsonyabb pH-értékeken is tanulmányoztam. Bor esetén a bomlás sebessége nagyobb a kisebb koncentrációk tartományában, a narancslé tanulmányozásával pedig megállapítottam, hogy a bomlás sebessége nő az emelkedő C-vitamin koncentrációval.

#### **4.3. Az E-vitamin stabilitásának meghatározása**

A különböző alkoholtartalmú sörök esetében jelentős eltérés mutatható ki az E-vitamin stabilitásában. Alacsony alkoholtartalmú sör esetében a tárolási hőmérséklet nem befolyásolja az  $\alpha$ -tokoferol viselkedését. A közepes és a magas alkoholtartalmú minták esetében a szobahőmérsékleten tárolt mintákban az E-vitamin kevésbé stabil, mint a hűtőszekrényben tárolt minták esetében.

Az E-vitamin stabilitásának koncentrációfüggését is tanulmányoztam. Minden vizsgált koncentráció esetében lassú koncentráció csökkenés tapasztalható az idő függvényében, de a nagyobb E-vitamin koncentráció esetében a gradiens nagyobb értékű.

Tanulmányoztam a C-vitaminnak az E-vitamin stabilitására gyakorolt hatását. Az eredmények alapján az E-vitamin mennyiségét nem befolyásolta a C-vitamin jelenléte.

Munkám során vizsgáltam az E-vitamin borban, illetve narancslében mérhető stabilitását is. A mérési eredmények alapján a bor esetében az E-vitamin tartalom lassú csökkenése figyelhető meg. A narancslé vitaminnal való dúsításakor a bomlási görbe gradiense növekedik az emelkedő E-vitamin koncentrációval.

#### **4.4. A vitamin addíció hatása a sör íz-stabilitására**

Abban az esetben, amikor a sörléhez csak C-vitamin addíció történik, 10 mg/L és 20 mg/L C-vitamin koncentráció esetében csak kismértékű javulás tapasztalható a lag time értékében. Azonban amikor a C-vitamin koncentrációja 30 mg/L értékű, vagy a fölötti volt, akkor a lag time értékének a növekvése sokkal dinamikusabb, és maga a lag time paraméter közepes értéket képvisel. Amikor a C-vitamin addíciója alacsonyabb pH értéken történt, már a 10 mg/L C-vitamin koncentráció esetén jelentős növekedés mérhető a lag time paraméter

értékében. A 30 mg/L-es és az annál magasabb C-vitamin koncentráció esetén a lag time paraméter értéke 100 perc fölötti volt.

Abban az esetben, amikor csak E-vitaminnal való dúsítás történik, csak a 4 mg/L-es E-vitamin koncentráció esetén tapasztalható egy jelentős ugrás a lag time értékében.

Sörléhez történt együttes vitamin addíció esetén, a C-vitamin jelenléte lecsökkenti az E-vitamin hatását. Abban az esetben, amikor az együttes vitamin addíciót alacsony pH értéken végezzük el, már az első vizsgált koncentráció-páros esetében hirtelen emelkedés mutatható ki a lag time értékében, de növekedési tendencia ugyanaz, mint az eredeti pH-n tapasztalt.

Fermentáció végi minta vitaminnal való dúsításakor a C-vitamin nem változtatja meg a minta lag time értékét. Az alacsonyabb pH-jú minták esetében a C-vitamin addíció hatására már az első tanulmányozott koncentráció (10 mg/L C-vitamin) esetében jelentős emelkedés tapasztalható az íz-stabilitásban.

Abban az esetben, amikor a fermentáció végén levő sör E-vitaminnal való dúsítása történt, a hozzáadott vitamin koncentrációjának függvényében a lag time paraméter értéke emelkedő tendenciát mutatott.

Amikor a vizsgált fermentáció végi mintához mindkét vitamin addíciója történik, a C-vitamin jelenléte szintén lelassítja az E-vitamin bomlási sebességét. Az együttes vitamin addíciót alacsonyabb pH értéken alkalmazva, a lag time értékének szempontjából ebben az esetben is kedvező hatású a pH csökkentése.

A késztermékhez történt vitamin addíció esetében az egyes vitaminadagolások között nem mutatható ki jelentős különbség: a lag time növekedése 10% körüli érték függetlenül a vitaminok koncentrációjától. Az alacsonyabb pH érték beállítása esetén a sav adagolása nem javítja a C-vitamin antioxidáns hatását. Az E- és C-vitamin közti additív hatás szintén nem mutatható ki ebben az esetben.

#### **4.5. A vitamin addíció hatása a sör érzékszervi tulajdonságaira**

Munkám során a sör tükrösségét spektrofotométerrel is meghatároztam. E vizsgálat alapján az E-vitamin sörhöz adagolható maximális koncentrációja 3.8 mg/L abban az esetben, ha tükrös sör előállítása a cél.

Az érzékszervi vizsgálatok során az eredeti, kiindulási minták tükrösségi pontja 4.6 és 8.6 között változott a 9 pontos pontozási listán. Amikor a minta alkohol tartalma alacsony, a

tükrösségi pontszám a medián értéke körül ingadozik. Magasabb alkoholtartalom esetén a minták e pontszáma a maximális érték körül van.

A vizsgálatok alapján elmondható, hogy a foszforsav jelenléte nem befolyásolja a sör tükrösségét. Amikor a kiindulási sör tükrösségi pontszáma a medián körüli érték, a vitamin addíció nem változtatja meg jelentősen a sörnek ezt a tulajdonságát. Ha a kiindulási sör minta tükrösségi pontszáma a harmadik kvartilis fölött van, a 3 és 5 mg/L E-vitamin koncentrációjú minták homályosabbak a kiindulási mintánál. Ez alól az egyetlen kivétel a barna sör minta, ugyanis ebben az esetben nem mutatható ki szemmel látható különbség az egyes minták tükrössége között. Ezzel szemben az aszkorbinsav addíciója nem változtatja meg a sör tükrösségét.

A vitaminnal dúsított minták habstabilitását műszeresen is meghatároztam. A mérési eredmények alapján elmondható, hogy a vitamin addíció nem változtatja meg jelentősen a kiindulási referencia sör minta habstabilitási értékét, ugyanakkor az alacsonyabb pH-jú sör minták jelentősen rosszabb habstabilitással rendelkeznek.

A kiindulási referencia minták hab-pontszámai 3.8 és 8.6 közötti értékek voltak. Nem sikerült szabályosságot kimutatni a hab-pontszám értékek és az addicionált vitamin koncentrációk között. Egyedül a barna sör esetében mutatható ki, hogy az összes minta ugyanolyan pontszámmal rendelkezik. A hab-pontszámok esetében a szabályosság hiánya valószínűleg azzal magyarázható, hogy azok a minták, amelyeknek ezt a tulajdonságát később határozták meg, kisebb habbal rendelkeztek.

A kiindulás, referencia minták átlagos íz-pontszáma a 9 pontos skálán 5.4 és 8.8 között ingadozott. Abban az esetben, amikor csak E-vitamin addíció történik a mintákhoz, a minták 71.4%-a esetében az E-vitamin addíciója vagy nem változtatta meg, vagy javította az íz-megfeleléségi pontszámot, azonban az alacsonyabb alkoholtartalmú minták esetében a magas E-vitamin koncentráció viszont íz-romlást okoz. C-vitamin addíciója esetén, ha a kiindulási minta íz-pontszáma a medián értéke körül van, akkor a C-vitamin addíció nem változtatja meg, vagy javítja a pontszámot. Ha azonban a kiindulási minta pontszáma a maximális értéket megközelíti, a C-vitamin addíció hatására kis mértékben csökken az íz-pontszám értéke. Együttes vitamin addíció esetében az 1, és a 3 mg/L-es E-vitamin koncentráció nem változtatja meg az íz-megfeleléségi pontszámot, ha 10, illetve 30 mg/L C-vitamin koncentráció mellett kerül alkalmazásra. Azonban 5 mg/L E-vitamin koncentráció mellett az íz-megfeleléségi pontszám csökken, hiába történik egyidejűleg C-vitamin addíció is, de ez a hatás csak alacsony alkoholtartalom esetében észlelhető. Ha az E-vitamin koncentráció állandó, és a kiindulási minta pontszáma a medián körül van, akkor az emelkedő

C-vitamin koncentráció rontja az íz-megfelelőségi pontszámot. Ha azonban a kiindulási pontszám a harmadik kvartilis körüli érték, csak az 50 mg/L-es C-vitamin koncentráció csökkenti le a pontszámot. Amennyiben maximális kiindulási pontszámú mintáról van szó, a C-vitamin addíciója nem változtatja meg az íz-megfelelőségi pontszám értékét.

A barna sör igen különböző minta-mátrix a többi mintához képest. A kiindulási íz-pontszáma a harmadik kvartilis körül volt, de az összes vitaminnal dúsított minta a kiindulási mintánál magasabb pontszámot kapott.

A kiindulási sörminták összbenyomás pontszáma a 9 pontos skálán 6.4 és 8.6 pont között ingadozott. Abban az esetben, amikor csak E-vitamin addíció történik a mintákhoz, és a kiindulási minta összbenyomás pontszáma a harmadik kvartilis körül van, két különböző hatás tapasztalható. Alacsony alkoholtartalom esetében a pontszám értéke csökken a növekvő tokoferol tartalommal. Azonban ha az alkoholtartalom 5.2% feletti, minden egyes vitaminkoncentráció esetében ugyanaz az összefoglaló-megfelelőség tapasztalható. Ha az eredeti, kiindulási minta pontszáma a maximum környékén van, 5 mg/L-es E-vitamin koncentráció esetében tapasztalható csak romlás a pontszám értékében.

C-vitamin addíció esetén a harmadik kvartilis körüli eredeti összbenyomás pontszámmal rendelkező mátrixok esetében a vitamin addíció nem változtatja meg a pontszám értékét. Azonban, ha az eredeti pontszám a maximális érték körül van, 30 mg/L-es C-vitamin koncentráció esetében csökkenés tapasztalható a pontszám értékében.

Abban az esetben, amikor együttes vitamin addíció történik, alacsony alkoholtartalmú sör-mátrix esetén ha a C-vitamin koncentrációja állandó, az összevont-megfelelőségi pontszám értéke nem változik az E-vitamin koncentráció növekedésével. Azonban 4.7%-nál magasabb alkoholtartalom esetén, ha a C-vitamin koncentrációja alacsony értékű és állandó, az összbenyomás pontszám értéke csökken 3 mg/L-es E-vitamin koncentráció felett. Ugyanakkor, ha a C-vitamin koncentrációja 30 mg/L vagy ennél magasabb, az E-vitamin addíció hatására nem változik meg a pontszám értéke. Ha az E-vitamin koncentrációja állandó, és a minta alkoholtartalma 4.7% feletti, a C-vitamin addíció hatására szintén nem változik meg a pontszám értéke, bár néhány esetben javulást is tapasztaltak a kóstolók. Azonban ennél alacsonyabb alkoholtartalom esetén az összbenyomás pontszám értéke csökken, vagy változatlan értékű marad a növekvő koncentrációjú C-vitamin addíció hatására. A barna sör esetén minden minta ugyanakkora összbenyomás pontszám értékkel rendelkezik.

#### **4.6. A vitamin addíció hatása a sör analitikai paramétereire**

Abban az esetben, amikor a sörmintákhoz E-vitamin addíció történik, a minta alkoholtartalma az E-vitamin koncentrációjától függő mértékben megemelkedik. C-vitamin addíció esetén a minták alkoholtartalma még magasabb, mint az E-vitamin addíció esetében tapasztalt. Együttes vitamin-addíció alkalmazásakor mérhető a legmagasabb alkohol tartalom.

A csupán E-vitaminnal dúsított minták esetében az iso- $\alpha$ -sav tartalmuk magasabb a referencia minta iso- $\alpha$ -sav tartalmánál, és a minták növekvő E-vitamin tartalmával emelkedő iso- $\alpha$ -sav tartalom mutatható ki. A C-vitaminnal való dúsítás során az iso- $\alpha$ -sav koncentrációja alacsonyabb, mint a referencia minta esetében mérhető érték. Az eltérés mértéke a C-vitamin koncentrációjától függ: minél nagyobb az adagolt koncentráció, annál nagyobb az eltérés. Együttes vitamin addíció alkalmazásakor a két vitamin együttes hatása mutatható ki.

A sör diacetil és 2,3-pentándion tartalma a vitaminaddíció hatására azonos módon változik. Alacsonyabb pH esetén a sör diacetil és 2,3-pentándion tartalma alacsonyabb, mint az eredeti pH-jú minták esetében mérhető érték. Az E-vitamin addíciójakor e két vicinális diketon koncentrációja nem változik a referencia minta diacetil és 2,3-pentándion tartalmához képest. Azonban a C-vitaminnal dúsított minták esetén e két vegyület koncentrációja magasabb a referencia minta esetén mérhető értéknél, és mennyiségük az emelkedő aszkorbinsav tartalommal együtt emelkedik. Együttes vitamin addíció tanulmányozásakor ebben az esetben is együttes hatás mutatható ki.



## 5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Új mérési módszert (mintaelőkészítés nélküli vizsgálat) dolgoztam ki a C-vitamin és az E-vitamin sörben, borban és narancslében való meghatározására, mely eljárás nem igényel mintaelőkészítést, így könnyen és gyorsan alkalmazható a napi laboratóriumi munka során.
2. Megállapítottam, hogy a vitamin-addicionált italok minőségjellemzője, a C- és az E-vitamin stabilitása sörben, illetve kontroll mintaként borban és narancslében is meghatározható, valamint a stabilitás koncentráció függése, a különböző tárolási hőmérsékletek és a pH érték stabilitást befolyásoló hatása is értékelhető. Megállapítottam, hogy mindkét vitamin mennyisége csökken a tárolás során, de a bomlás sebessége függ a hozzáadott vitamin koncentrációtól. Az E- és C-vitamin sörben mérhető stabilitása függ a minta alkoholtartalmától is: kis alkoholtartalom esetén nagyobb a stabilitás. Megállapítottam, hogy a C-vitamin stabilitása a pH csökkentésével, illetve az E-vitamin egyidejű addíciójával növelhető.
3. Megvizsgáltam, hogy a sörgyártás melyik lépése a legalkalmasabb a két vizsgált vitamin addíciójára, és megállapítottam, hogy az addíció hatással van a sör élettartamára és a sör íz-stabilitására. Igazoltam, hogy a hűtés utáni sörléhez való adagolás a legalkalmasabb technológiai lépés a vitamin addícióra, valamint megállapítottam, hogy a C-vitamin addíciója esetén a csökkentett pH érték alkalmas a lag time növeléséhez.
4. Igazoltam, hogy a vitaminaddíció során a sör érzékszervi tulajdonságai is megváltoznak, így amennyiben tükrös sör előállítása a cél, a maximális E-vitamin koncentráció 4 mg/L lehet. Ha a sörhöz E-vitamin addíció történik (akár C-vitaminnal együtt), az alkoholtartalomnak 4.7%-nál magasabbnak kell lennie, és az E-vitamin javasolt koncentrációja 3 mg/L. C-vitamin esetében az alkoholtartalomnak nincsen szerepe az érzékszervi jellemzésnél, a vitamin javasolt koncentrációja 30 mg/L. Az E- és a C-vitamin addíciójára a barna sör a legalkalmasabb sör-mátrix.
5. Az analitikai eredmények alapján megállapítottam, hogy az E-vitamin addíciójának hatására nő a minta alkohol és iso- $\alpha$ -sav tartalma. A C-vitamin jelenlétében csökken a sör vicinális diketon és iso- $\alpha$ -sav tartalma, viszont az alkoholtartalom emelkedik. Együttes vitamin addíció esetén a két vitamin hatása összegződik.

## 6. PUBLIKÁCIÓS TEVÉKENYSÉG

### Publikációk:

1. Emese Jeney-Nagymate, Peter Fodor. Examination of the effect of vitamin E and C addition on the beer's ESR lag time parameter. *Journal of the Institute of Brewing*, 2007, 113, 28-33.
2. Emese Jeney-Nagymate, Peter Fodor. Stability of vitamin C in different beverages. *British Food Journal*, 2008, 110(3), 296-309.
3. Emese Jeney-Nagymate, Peter Fodor. Sensory evaluation of beer enriched with antioxidant vitamins. *Journal of the American Society of Brewing Chemist*, 2008, 66(1), 20-28.
4. Emese Jeney-Nagymate, Peter Fodor. Analytical properties of vitamin enriched beer. *Master Brewers Association of America Technical Quarterly*, 2007, 44(3), 179-182.

### Előadás:

1. Jeneyné Nagymáté Emese: Elektron Spin Rezonancia: Íz-stabilitás meghatározása, Söripari Műszaki Napok, Budapest, 2004.

### Poszter:

1. Emese Jeney-Nagymate, Peter Fodor: Examination of the possibility of making a beer enriched with vitamin E, 7th International Conference on Food, Szeged, 2006
2. Emese Jeney-Nagymate, Peter Fodor: Alcoholic beverages as functional food, First International Congress on Food Safety, Budapest, 2006
3. Emese Jeney-Nagymate, Peter Fodor: Effect of the ascorbic acid on the ESR parameters of beer, First European Chemistry Congress, Budapest, 2006