

## Sörök elemtartalmának vizsgálata

Szabó Edina – András Dávid – Sipos Péter

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,  
Élelmiszertudományi Intézet, Debrecen  
szabo.edina@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

*A sör rendkívül összetett ital, több mint 800 különböző komponenst tartalmaz, melyek közül a legfontosabbak az ásványi anyagok (elemek). Az ásványi anyagok főként a vízzel, és a malátával kerülnek a sörbe. Ezen munkában néhány általunk főzött sör ásványi anyagtartalmát határoztuk meg, a kapott eredményeket pedig összevetettük a sörök alapjául szolgáló vizek ásványi anyagtartalmával.*

**Kulcsszavak:** sör; elemtartalom

### SUMMARY

*Beer is a complex mixture of more than 800 several components, the most important ones are the minerals from this. Minerals originate especially from water and malt. In this work we measured the mineral contents of some own-brewed beer samples. We compared the results with the mineral contents of the water used as raw material of beer.*

**Keywords:** beer; mineral content

### BEVEZETÉS

A sör az egyik legrégebb óta ismert és fogyasztott ital, melyet már az ókorban is ismertek (Imure és Sato, 2012). Napjainkban az egészségügyi táplálkozás hatására egyre több figyelmet fordítunk ételünk és italunk minőségére, és azok szervezetünkre kifejtett hatására, így egyre több figyelem irányul a sörre is (O'Brien és Davies, 2007).

Hazánkban évente közel 700 000 tonna sört állítanak elő (Net1), melyet 55 cég termel. Egy 2010-es felmérés szerint évente átlagosan 61 liter sört fogyaszt egy magyar ember (Net2). Ez az érték nem túl magas, melyhez valószínűleg az is hozzájárul, hogy kevesen tudják csak, hogy a sör tartalmazza az alkoholos italok közül a legtöbb értékes komponenst (Piendl, 1989; Kalusevic et al., 2011).

A sör malátából, vízzel cefrézett, komlóval forralt, söripari élesztővel erjesztett, általában alkoholtartalmú ital, mely alapanyagai révén kiváló forrása a vitaminoknak, fehérjéknek, szerves savaknak, polifenoloknak és az ásványi anyagoknak (Magyar Élelmiszertudományi Könyv, 1997; Kalusevic et al., 2011). Az ásványi anyagok jórészt a malátával és a vízzel, csekély mértékben pedig a komlóval kerülhetnek a sörbe, minőségre kifejtett hatásuk főként koncentrációjuktól és természetüktől függ (Montanari et al., 2009). A sör nagy részét víz alkotja (90–94%-át), ebből adódóan annak íze, tisztasága, és ásványi anyag tartalma döntően befolyásolhatja a sör jellegét. A sörbe került ásványi anyagok egy része kicsapódik a főzés folyamán, míg más része az élesztők anyagcsereje során használandó fel. Tehát az ásványi anyagok kis mennyiségben alapvető fontosságúak az élesztők metabolizmusához, míg nagy mennyiségben toxikusak lehetnek (Biuatti, 2009).

A sörökben a makroelemek közül általában a Ca, a Mg, a Na és a K található meg nagyobb mennyiségben, de ezen kívül még változó mennyiségben mikroelemek

is jelen vannak (Goldammer, 1999; Warnakulasuriya et al., 2002; Dostalek et al., 2006; Hofta et al., 2007).

A makroelemek közül az egyik legnagyobb mennyiségben előforduló ion a  $K^+$ , mely a szervezetünk folyadékháztartásának szabályozásában játszik szerepet, szükséges a sejtek energia ellátásához, valamint számos enzimikus és hormonális folyamatot befolyásol. Hozzájárul az izmok megfelelő működéséhez, a méregtelenítéshez, csökkenti a szívroham kockázatát (Net3). A K az élesztők anyagcserejéhez is nélkülözhetetlen. Bár viszonylag nagy mennyiségben van jelen a sörben, annak ízét kevésbé befolyásolja (Biuatti, 2009).

A P a csontok, a fogak felépítéséhez, a kötőszövetek védelméhez szükséges, nagy jelentőséggel bír a fehérje, a zsír és a szénhidrát anyagcserejében. Szervezetünk energiatartalékának egy részét foszfor formájában tárolja (Net4). A sörben a P foszfátok formájában van jelen, az élesztők ATP-jének szintéziséhez, és sejtfaluk felépítéséhez is nélkülözhetetlen (Kunze, 2004).

A Mg segíti a fehérjék, szénhidrátok, nukleinsavak és zsírok anyagcserejét, szükséges a csontok, a fogak és a fogíny épségéhez, az izmok és egyes enzimek működéséhez (Net5). Ionjai kis mennyiségben nélkülözhetetlenek az élesztők anyagcserejéhez is, ahol enzimek kofaktoraként játszanak szerepet. A maláta és a sörfőzéshez felhasznált víz általában elegendő mennyiségben tartalmazza a Mg-ot. Nagy, közel 15 mg/l-es koncentráció felett a sörnek vagy savanyú, vagy fanyar ízt ad (Biuatti, 2009).

A Ca az egészséges csontokhoz, és a vas felszívódásához szükséges (Net6). A sör esetén a legtöbb Ca a cefrében található meg, mely felszabadítja a  $H^+$  ionokat, ezáltal növeli a cefre savasságát. Az alacsony kémhatás igen fontos néhány enzim számára, fokozza a cukrok és a fehérjék lebontását, növelve ezáltal az extraktot és az oldható N mennyiségét a sörlében (Biuatti, 2009).

A Na a K-mal és a Cl-ral együtt a szervezet folyadékháztartását szabályozza, szükséges az izomműködéshez, a vérnyomás szabályozásához, az egyes enzimek aktiválásához, az ideális sav-bázis egyensúly fenntartásához. Befolyásolja a fehérje és a szénhidrát anyagcserét és az ozmotikus nyomást (Net7). A Na kis koncentrációban a sörnek édes és sima ízt ad, azonban nagy Na-koncentráció esetén már sós és kellemetlen ízváltozást okoz (Biuatti, 2009). A K és a Na aránya rendkívül fontos, mivel napjainkban túl sok Na-ot viszünk be szervezetünkbe, mely szív és érrendszeri betegségek kialakulásához vezet. Azonban a túlzott K bevitel is káros, leginkább ezen két elem mennyiségének arányára kell figyelni. A helyes K:Na arány 15:1 (Hegyesiné, 2002).

A Zn jelentősége, hogy képes az RNS és a DNS, valamint a fehérjék szerkezetét stabilizálni, ezáltal meghatározó szerepe van a sejtosztódásban, az inzulintermelésben és -lebontásban (Pais, 1999). A Zn az egyik legfontosabb elem a sörben is, ugyanis nélkülözhetetlen az élesztők metabolizmusához, és ezáltal az erjesztéshez. 0,08 és 0,2 mg/l koncentráció pozitívan hat a fermentációra, azonban 0,6 mg/l fölött már negatívan. Továbbá ha koncentrációja eléri az 1 mg/l-t, akkor már mérgező az élesztő sejtek számára, és számos enzimet gátol (Biuatti, 2009).

A Cu, a Fe és a Mn kis mennyiségben szintén szükséges a szervezet számára, hiszen a Fe az oxigén és a széndioxid szállításában játszik szerepet, csökkenti a fāradékonyságot, a Cu a vas hemoglobinnba való beépüléséhez szükséges, a Mn pedig az emberi agy zavartalan működéséhez, a csontrendszer egészséges fejlődéséhez, a zsír és szénhidrát anyagcseréhez nélkülözhetetlen (Net8; Net9; Pais, 1999). Koncentrációjuk rendkívül lényeges a sörfőzés során is, mivel zavarhatják a főzési folyamatot, toxikussá válhatnak az élesztők számára, és a hab stabilitását és színét károsan befolyásolhatják (Matsushige és Oliveira, 1993; Biuatti, 2009).

A fent említett makro- és mikorelemeknél kívül még néhány egyéb elem is előfordulhat a sörben, ilyen például

az Al, melynek fő forrásai szintén a sörgyártás alapanyagai között keresendők. A sörnek keserű ízt ad anélkül, hogy az aroma összetételét megváltoztatná (Vinas et al., 2002; Blanco et al., 2010).

Kutatásaink célja annak vizsgálata volt, hogy milyen mennyiségben tartalmaznak az általunk főzött sörök ásványi anyagokat, továbbá, hogy a kapott eredményeket összevessük a sörök alapanyagául szolgáló vizek elemtartalmával.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálataink során öt, különböző alapanyagból főzött, általunk előállított sör elemtartalmát határoztuk meg. A sörök alapanyagait a sörfőző berendezés műszerkönyvében leírt receptúrák alapján választottuk ki, mely külön receptúrát tartalmaz barna és világos sörre.

Az 1. táblázat a vizsgált mintáinkat, és az azok főzéséhez felhasznált alapanyagokat mutatja. A sörök között mind az alapanyagok, mind azok mennyiségében különbségek voltak. Az első 3 sör főzésekor a Debreceni Egyetem vízhálózatának vízből történt a sörök főzése, míg a 4. sörhöz egy Szlovákiai település, Kecső forrásának vizét használtuk. Az ötödik sört pedig a debreceni AVE Ásványvíz Zrt.-től kapott ásványvízből főztük. Valamennyi sör alapja Pilseni maláta volt. A sörök közötti különbség a karamell maláta, a komló, és az alkalmazott élesztő volt, a világos sör kivételével valamennyi sör alsó erjesztésű élesztő felhasználásával készült.

A főzés a Debreceni Egyetem MÉK Élelmiszertudományi Intézetének Zip's Micro Brewery System típusú mini sörfőző berendezésével történt. A minták előállításakor az alkalmazott technológiákban is mutatkozott némi eltérés, ugyanis a barna sörök esetén a Formula1 programot, a világos sörök esetén pedig a Formula2 programot alkalmaztuk, melyek csupán abban különböznek egymástól, hogy a barna sörök esetén több lépcsőben történt a cefrézés, mint a világos söröknél.

1. táblázat

Főzött sörök összetétele

	Barna sör1(1)	Barna sör2(2)	Világos sör1(3)	Világos sör forrás vízzel (4)	Világos sör AVE ásványvízzel(5)
Cefrézvíz(6)	35 l csapi(19)	27 l csapi(19)	30 l csapi(19)	30 l forrás(20)	30 l AVE ásványvíz(21) <sup>6</sup>
Komlóforraló víz(7)	12 l csapi(19)	12 l csapi(19)	12 l csapi(19)	12 l forrás(20)	12 l AVE ásványvíz(21) <sup>6</sup>
Maláta(8)	Sima(9)	6 kg Pilseni <sup>1</sup>	6 kg Pilseni <sup>1</sup>	5 kg Pilseni <sup>1</sup>	6 kg Pilseni <sup>1</sup>
	Karamell(10)	0,5 kg Carahell <sup>1</sup>	0,5 kg Carahell <sup>1</sup>	0,5 kg Carahell <sup>1</sup>	0,5 kg Carahell <sup>1</sup>
	Festő(11)	0,3 kg Carafa Type <sup>2</sup>	0,3 kg Carafa Type <sup>2</sup>	-	-
Komló(12)	Keserű(13)	15 g Aurora <sup>2</sup>	15 g Aurora <sup>2</sup>	8 g Spalt Select <sup>3</sup>	8 g Spalt Select <sup>3</sup>
	Aroma(14)	30 g Spalt Select <sup>3</sup>	30 g Spalt Select <sup>3</sup>	16 g Spalt Select <sup>3</sup>	16 g Saphir <sup>2</sup>
Élesztő(15)	Alsó(16)	11,5 g Saflager <sup>4</sup>	18 g Brewferm lager <sup>5</sup>	-	12 g Brewferm lager <sup>5</sup>
	Felső(17)	-	-	11,5 g Safbrew <sup>4</sup>	-
Főzési program(18)	Formula 1	Formula 1	Formula 2	Formula 2	Formula 2

Megjegyzés: forgalmazó: <sup>1</sup>Weyermann-Deutschland, <sup>2</sup>No dates, <sup>3</sup>Hallertauer-Deutschland, <sup>4</sup>Fermentis, <sup>5</sup>Brouland, <sup>6</sup>AVE Ásványvíz Zrt.

Table 1: Compositions of brewed beers

Brown beer1(1), Brown beer2(2), Light beer1(3), Light beer from stream water(4), Light beer from AVE mineral water(5), Mashwater(6), Boiling water(7), Malts(8), Ordinary malts(9), Caramel malts(10), Coloured malts(11), Hops(12), Bitter hops(13), Aroma hops(14), Yeast(15), Ale yeast(16), Lager yeast(17), Boiling program(18), Tap water(19), Stream water(20), AVE mineral water(21), Note: distributor: <sup>1</sup>Weyermann-Deutschland, <sup>2</sup>No dates, <sup>3</sup>Hallertauer-Deutschland, <sup>4</sup>Fermentis, <sup>5</sup>Brouland, <sup>6</sup>AVE Ásványvíz Zrt.

## Ásványi anyagtartalom vizsgálata

A sörök és vizek elemtartalmát salétomsavas hidrolízist követően iCAP 6300 Dual típusú Induktív Csatolású Plazma Emissziós Optikai Spektrométerrel (ICP-OES) határoztuk meg, melynek méréstartományja 166–847 nm, optikája Echelle típusú, detektora pedig szilárdtest detektor.

A főzés alapjául szolgáló vizek elemtartalom vizsgálatának eredményeit a 2. táblázatban követhetjük nyomon.

## Alkalmazott statisztikai módszer

A mérés során kapott eredmények közül a különböző vízből főzött világos sörök elemtartalmát statisztikailag (SPSS 19 statisztikai programmal) variancia-analízissel elemeztük és a minták eltéréseit Tukey-tesztel értékeltük.

## EREDMÉNYEK

Ahogy az 1. ábrán látható, valamennyi minta esetében a K tartalom volt a legmagasabb, melyet a P, Mg, Ca, és a Na koncentrációja követett.

A legtöbb K-ot a barna sör1 tartalmazta, az AVE ásványvízből főzött sör pedig a legkevesebbet. Statisztikailag kimutattuk, hogy az AVE ásványvízből főzött sör K-tartalma szignifikánsan alacsonyabb volt a két másik világos sörhöz képest; Mg-tartalom szempontjából a világos sör1 szignifikánsan több Mg-ot tartalmazott, mint a két másik világos sör, és a világos sör1 Ca-tartalma is szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a forrásvízből főzött világos sörnek. Továbbá elmondható, hogy a forrás vízzel főzött sör Na-tartalma tért el szignifikánsan a két másik világos sörétől.

2. táblázat

Vizek elemtartalma 2 dl-ben (mg)

	Makroelem(1)					Mikroelem(2)					Egyéb elem(3)				
	K	P	Mg	Ca	Na	Zn	Fe	Mo	Cu	Mn	Li	Al	B	Sr	Ba
Csapvíz(4)	0,56	0,16	4,28	16,94	4,30	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,07	0,02
Forrásvíz(5)	0,00	3,45	1,59	23,86	1,11	0,08	0,02	0,03	0,01	0,00	0,57	0,22	0,00	0,02	0,01
AVE ásványvíz(6)	0,92	3,16	3,34	16,63	5,68	0,15	0,04	0,03	0,04	0,00	0,46	0,22	0,01	0,09	0,02

Table 2: Mineral contents in 2 dl of water (mg)

Macro element(1), Micro element(2), Other element(3), Tap water(4), Stream water(5), AVE mineral water(6)

1. ábra: Sörök makroelemtartalma

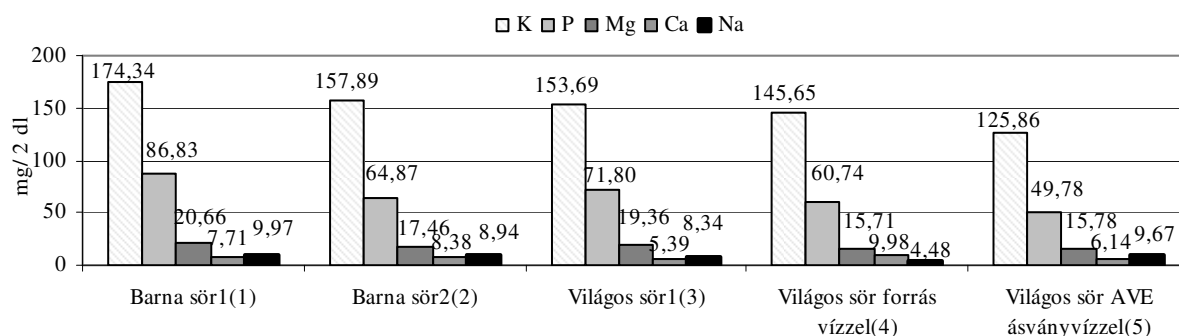


Figure 1: Macroelements in beers

Brown beer1(1), Brown beer2(2), Light beer1(3), Light beer from stream water(4), Light beer from AVE mineral water(5)

A vizsgált sörmintákban a mikroelemek közül a legnagyobb mennyiségben a Zn volt jelen (2. ábra). A forrásvízzel főzött sör Zn-tartalma mutatkozott a legmagasabbnak, legalacsonyabbnak a barna sör1-é. A barna sör1 Fe-t tartalmazott nagyobb mennyiségben, az AVE ásványvízből főzött sör pedig Mn-t. Statisztikai szempontból elmondható, hogy a világos sörök Zn- és P-tartalomban nem tértek el egymástól szignifikánsan, azonban a forrás vízből főzött sör Cu-tartalma statisztikailag igazoltan különbözött az AVE ásványvízből főzött sörétől.

A fent említett elemeken kívül egyéb ásványi anyagok is jelen voltak a sörökben. Vizsgálataink és a 3. ábra alapján elmondható, hogy valamennyi sörben legnagyobb mennyiségben a Li és az Al volt még jelen a vizsgált mikroelemek közül.

Ha összevetjük a főzött sörök elemtartalmát az azok alapjául szolgáló víz elemtartalmával (4. ábra), akkor minden esetben elmondható, hogy a mintákban igen magas K-tartalmat tudtunk mérni annak ellenére, hogy a főzés alapjául szolgáló vízben csak elenyésző mennyiségben volt jelen. Ezzel szemben a vizekben általában a Ca-tartalom volt jelentős, míg a sörökben ez nem mutatkozott meg.

A sörök K:Na arányát tekintve elmondható (5. ábra), hogy legnagyobb aránnyal a forrás vízzel főzött világos sör rendelkezett, míg legalacsonyabban az AVE ásványvízzel főzött sör. A főzött sörök egy minta kivétel 15:1 arányban tartalmaztak K-ot és Na-ot.

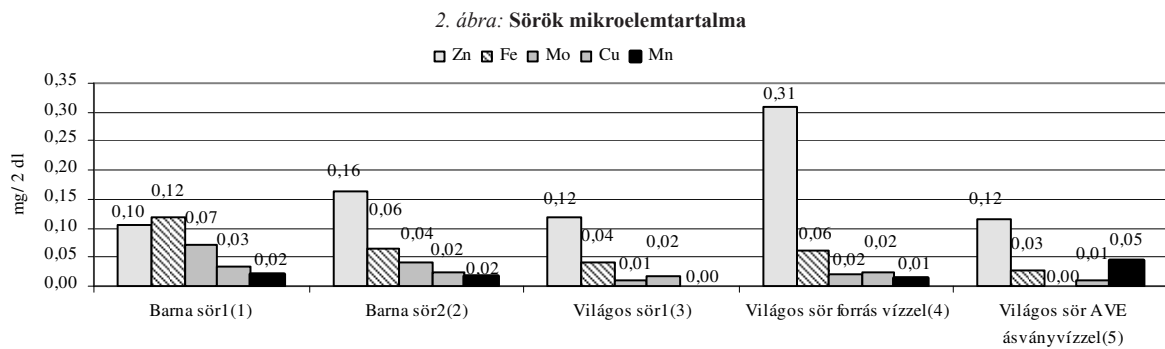


Figure 2: Microelements in beers

Brown beer1(1), Brown beer2(2), Light beer1(3), Light beer from stream water(4), Light beer from AVE mineral water(5)

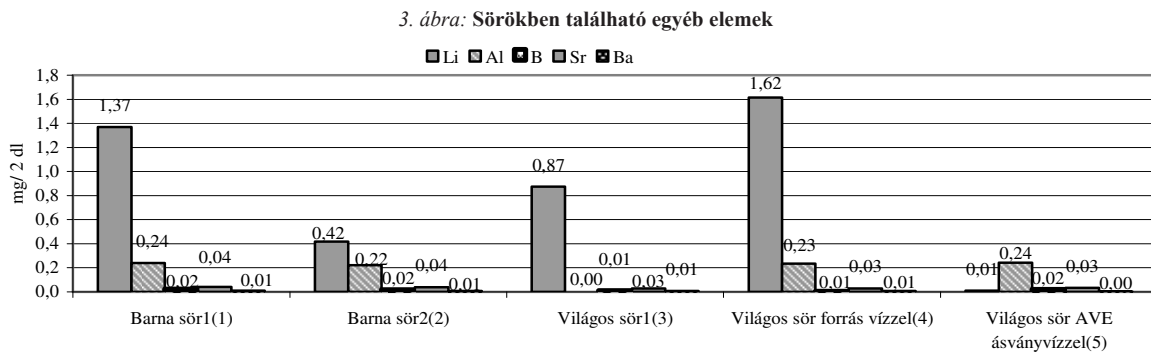


Figure 3: Other elements in beers

Brown beer1(1), Brown beer2(2), Light beer1(3), Light beer from stream water(4), Light beer from AVE mineral water(5)

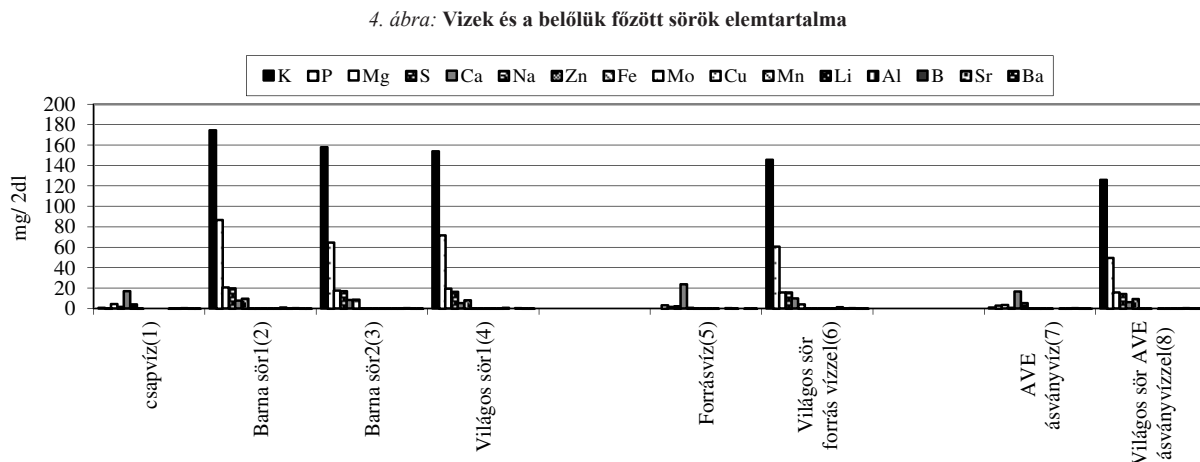


Figure 4: Mineral contents of water and brewed beers

Tap water(1), Brown beer1(2), Brown beer2(3), Light beer1(4), Stream water(5), Light beer from stream water(6), AVE mineral water(7), Light beer from AVE mineral water(8)

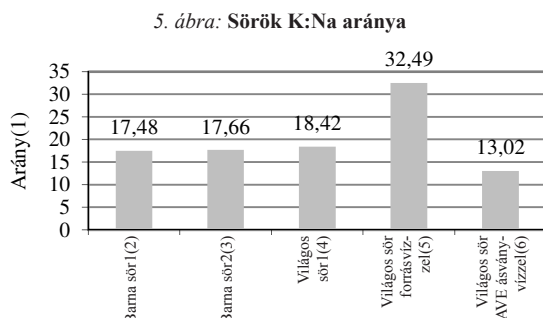


Figure 5: Ratio of K:Na in beers

Ratio(1), Brown beer1(2), Brown beer2(3), Light beer1(4), Light beer from stream water(5), Light beer from AVE mineral water(6)

## KÖVETKEZTETÉSEK

Összességében elmondható, hogy a makroelemek közül a sörökben a K volt jelen a legnagyobb mennyiségben, míg mikroelemek közül a minták Zn-tartalma dominált. A sörökben még Li-ot és Al-ot találtunk nagyobb mennyiségben. Azt tapasztaltuk, hogy az általunk főzött söröknek egy kivételével megfelelő volt a K:Na arányuk.

Ha a kapott eredményeinket összevetjük a napi ásványi anyag szükségletünkkel (3. táblázat), akkor elmondható, hogy a barna sör1 leginkább a P és Mo, a barna sör2 és a forrásvízzel főzött világos sör a Mo, a világos sör1 és az AVE ásványvízből főzött világos sör pedig a P szükségletünket tudja a legnagyobb mértékben kielégíteni.

Napi ásványi anyagszükségletünk, és a főzött sörök elemtartalmának összehasonlítása

	Napi ásványi anyag szükségletünk hány %-a vihető be 2–3 dl sörrel?(1)									
	K	P	Mg	Ca	Na	Zn	Fe	Mo	Cu	Mn
Napi szükséglet (mg)(2)	3500	800	300	800	2000	15	14	0,25	1,40	4,00
Barna sör1(3)	4,98	<b>10,85</b>	6,89	0,96	0,50	0,70	0,84	<b>28,69</b>	2,36	0,50
Barna sör2(4)	4,51	8,11	5,82	1,05	0,45	1,09	0,45	<b>15,97</b>	1,61	0,43
Világos sör1(5)	4,39	<b>8,98</b>	6,45	0,67	0,42	0,80	0,30	4,67	1,14	0,01
Világos sör forrás vízzel(6)	4,16	7,59	5,24	1,25	0,22	2,07	0,44	<b>8,14</b>	1,67	0,30
Világos sör AVE ásványvízzel(7)	3,60	<b>6,22</b>	5,26	0,77	0,48	0,78	0,20	0,00	0,65	1,15

Forrás: Net10

Table 3: The comparison between our daily mineral needs, and mineral contents of brewed beers

How many percentages of the daily mineral needs can we take into with 2–3 dl of beer?(1), Our daily needs(2), Brown beer1(3), Brown beer2(4), Light beer1(5), Light beer from stream water(6), Light beer from AVE mineral water(7), Source: Net10

Kutatásaink alapján tehát elmondható, hogy a sörök az ásványi anyagok igen széles körét tartalmazzák, továbbá, hogy egy kivétellel valamennyi sörnek megfelelő volt a K:Na aránya, mely révén a sör napi rendszerességgel, ajánlott mennyiségben fogyasztva,

hozzájárulhat egy sószegény diétához is. Vizsgálataink nyomán bebizonyosodott, hogy több szempontból is értékesnek mondható a sör, kis mennyiségben (ajánlott napi adag: 2–3 dl/nap, Net11) kifejezetten kedvező hatást fejt ki szervezetünkre.

## IRODALOM

- Biuatti, S. (2009): Beer Composition: An overview. [In: Preedy, V. R. (ed.) Beer in health and disease prevention.] 213–226.
- Blanco, C. A.–Sancho, D.–Caballero, I. (2010): Aluminium content in beers and silicon sequestering effects. Food Res. Internat. 43: 2432–2436.
- Dostalek, P.–Hochel, I.–Mendez, E.–Hernando, A.–Gabroska, D. (2006): Immunochemical determination of gluten in malts and beers. Food Additives and Contaminants. 23: 1074–1078.
- Goldammer, T. (1999): The Brewer's Handbook – The Complete Book of Brewing Beer. KVP Publishers. Clifton. VA. 73–104.
- Hegyesiné V. B. (2002): Még hogy a sör egészséges? Élelmiszeripar. 56. 11: 340–341.
- Hofta, P.–Dostalek, P.–Sykora, D. (2007): Liquid chromatography-diode array and electrospray high-accuracy mass spectrometry of iso- $\alpha$ -acids in DCHA-Iso standard and beer. Journal of the Institute of Brewing. 113: 48–54.
- Imure, T.–Sato, K. (2012): Beer proteomics analysis for beer quality control and malting barley breeding. Food Res. Internat. 1–8.
- Kalušević, A.–Uzelac, G.–Veljović, M.–Despotović, S.–Milutinović, M.–Leskošek-Čukalović, I.–Nedović, V. (eds.) (2011): The antioxidant properties of honey beer. Food Process Engineering a Changing World – Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Congress on Engineering and Food (ICEF11). Greece. 3: 2057–2058.
- Kunze, W. (2004): Technology of Brewing and Malting. VLB Berlin. Berlin. Germany.
- Magyar Élelmiszerkönyv (1997): 2–96. számú irányelv. Sör.
- Matsushige, I.–Oliveira, E. (1993): Determination of trace elements in Brazilian beers by ICP-AES. Food Chemistry. 47. 205–207.
- Montanari, L.–Mayer, H.–Marconi, O.–Fantozzi, P. (2009): Minerals in beer. [In: Preedy, V. R. (ed.) Beer in health and disease prevention.] 359–365.
- Net1: Faostat. <http://faostat.fao.org/site/636/DesktopDefault.aspx?PageID=636#ancor>
- Net2: [http://pivo.blog.hu/2011/12/03/visszaesoben\\_a\\_magyar\\_sor\\_jelentes\\_az\\_itthoni\\_helyzetrol#more3432860](http://pivo.blog.hu/2011/12/03/visszaesoben_a_magyar_sor_jelentes_az_itthoni_helyzetrol#more3432860)
- Net3: <http://www.vitaminok.info/kalium>
- Net4: <http://www.vitaminok.info/foszfor>
- Net5: <http://www.vitaminok.info/magenzium>
- Net6: <http://www.vitaminok.info/kalcium>
- Net7: <http://www.vitaminok.info/natrium>
- Net8: <http://www.vitaminok.info/vas>
- Net9: <http://www.vitaminok.info/rez>
- Net10: <http://www.gourmandnet.hu/eletmod/site.php?tpl=theme&id=295>
- Net11: <http://www.webbeteg.hu/cikkek/egeszseges/11020/a-sorfo-gyaszta-hatasa>
- O'Brien, G.–Davies, M. (2007): Nutrition knowledge and body mass index. Health Education Research. 22: 571–575.
- Pais I. (1999): A mikroelemek jelentősége az életben. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Piendl, A. (1989): Über den Stellenwert des Biers in der heutigen Ernährung. Brauwelt 1989. 14: 546–552.
- Vinas, P.–Aguinaga, N.–López-García, I.–Hernández-Córdoba, M. (2002): Determination of cadmium, aluminium and copper in beer and products used in its manufacture by electrothermal atomic absorption spectrometry. Journal of AOAC International. 85: 736–743.
- Warnakulasuriya, S.–Harris, C.–Gelbier, S.–Keating, J.–Peters, T. (2002): Clin. Chim. Acta. 320: 1–4.

