



*A kép illusztráció / Picture is for illustration only  
Fotó/Photo: Shutterstock*

Biró Barbara<sup>1</sup>, Benedek Csilla<sup>1</sup>, Gere Attila<sup>2</sup>

Érkezett: 2018. május – Elfogadva: 2018. szeptember

# Hazai kereskedelmi forgalomban kapható almalevek minőségi paramétereinek összehasonlítása

**KULCSSZAVAK:** nemes alma, almalé, 100% gyümölcsstartalom, préslé, koncentrátum, mikroszűrés, kitartott hőkezelés, patulin, hidroximetil-furfurol, HMF, szárazanyag-tartalom, hamutartalom, antioxidáns kapacitás (FRAP, CUPRAC, DPPH, ABTS), összpolicfenol, TPC.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt években a fogyasztók körében egyre népszerűbbek a 100%-os gyümölcsstartalmú gyümölcslevek. Az almából előállított italok széles termékpalettán mozognak, különösen nagy az érdeklődés a közvetlen préslevek, illetve a „vegyszermentesen” előállított, ökológiai gazdaságból származó áruk iránt. Célunk a különböző technológiákkal előállított, hazai kereskedelmi forgalomban kapható, 100% gyümölcsstartalmú almalevek összehasonlítása néhány, minőséget befolyásoló paraméterük komplex vizsgálatával.

A vizsgálathoz 12 fajta 100% gyümölcsstartalmú almalevet használtunk. Ellenőriztük a termékek patulin-szennyezettségét, speciális tisztítást követő HPLC-UV méréssel a Nébih Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatóságának közreműködésével. Spektrofotometriásan meghatároztuk a termékek hidroximetil-furfurol tartalmát, az antioxidáns kapacitást FRAP (Ferric Reduction Antioxidant Power), CUPRAC (Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity), DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) és ABTS (2,2'-azinodi-(3-etilbenzotiazolin)-6-szulfoninsav) gyöksemlegesítésen alapuló módszerekkel, valamint az összes polifenolos vegyület-tartalmat Folin-Ciocalteu módszerrel. Az összes szárazanyag-tartalmat és a hamutartalmat gravimetriásan, az összes oldható szárazanyag-tartalmat refraktometriásan határoztuk meg. Az eredmények értékeléséhez leíró statisztikai elemzéseket, varianciaanalízist, nem paraméteres statisztikai próbákat, Spearman-féle rangkorrelációt, valamint a „rangszámkülönbségek összege” (sum of rank differences, SRD) multikritériumos összehasonlításon alapuló statisztikai módszert alkalmaztunk.

Patulin-szennyezettség egy termék esetében sem érte el a rendeletileg meghatározott maximális határértéket. Az összes és az oldható szárazanyag-tartalomban termékcsopontonként szignifikáns különbségeket tapasztaltunk. A hamutartalom változó, de szignifikáns eltérés a két termék kategória között nem áll fenn. A hidroximetil-furfurol-tartalom általánosságban a koncentrátumból előállított termékek esetében magasabb, azonban kiugró mennyiségben mégis egy préslé tartalmazta a vegyületet. A préslevek esetében minden módszerrel magasabb antioxidáns aktivitás és polifenolos vegyület-tartalom-értékeket tapasztaltunk. Utóbbi paraméterekben az egyes termékek között szignifikáns eltérések mutatkoznak ( $p < 0,05$ ). Az SRD módszerrel megállapítottuk, hogy a vizsgált termékek közül melyek rendelkeznek táplálkozástudományi szempontból optimálisabb tulajdonságokkal.

<sup>1</sup> Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Kar, Dietetikai és Táplálkozástudományi Tanszék,

<sup>2</sup> Szent István Egyetem Élelmiszertudományi Kar, Árukezelési és Érzékszervi Minősítési Tanszék

A vizsgált termékcsoporthoz egymástól szinte minden mért paraméter alapján szignifikánsan különböznek. A préslevelek szárazanyag-tartalma általánosságban magasabb, amely a rosttartalom következménye. Ezek a termékek magasabb antioxidáns kapacitással rendelkeznek, és polifenolos vegyület-tartalommal rendelkeznek, így táplálkozás-élettani szempontból kedvezőbbek. Utóbbi paraméterek egymással jól korrelálnak, amely a polifenolok dominanciáját jelzi az antioxidáns tulajdonságok kialakításában.

## BEVEZETÉS

### AZ ALMA ETNOBOTANIKAI JELLEMZŐI

A ma ismert nemes alma (*Malus domestica* Borkh.) a rózsafélék (*Rosaceae*) családjába, azon belül az almaformák (*Maloideae*) alcsaládjába tartozó faj. Eredete nem tisztázott, több Európában és Ázsiában honos almafaj kereszteződéséből alakult ki [1]. Klímadottságok szempontjából a mérsékelt hűvös és csapadékos vidékeket és az enyhe teleket kedveli, így földrajzi elterjedési területe széles. Étkezési célra a növény áltermését használják, amely jellemzően gömbölyded alakú, fajtánként eltérő színű. A gyümölcs lehet egyszínű: sárga, zöld, vagy piros, illetve ezek kombinációja, ezt összetett színeződésnek nevezzük. A gyümölcshúst viaszos héj veszi körül. Széles körben felhasználják alapanyag, több mint 200 féle terméket állítanak elő belőle [2].

### MAGYARORSZÁGI ALMATERMESZTÉS

Hazánkban az almatermesztés 2016-os adatok alapján 34704 hektáron folyt [3], melyből 588 hektáron végeztek ökológiai gazdálkodást [4]. A megtermelt mennyiség 497108 tonna volt, melyből 62663 tonna került üzemi felhasználásra, azaz készült belőle almatermék, többek között rostos és szűrt almalé, valamint almalé-sűrítvény [3].

### AZ ALMA BELTARTALMI PARAMÉTEREI

Az alma beltartalmi paraméterei fajtánként eltéréseket mutatnak, de általánosságban elmondható, hogy energiatartalma alacsony, mindössze 31-52 kcal 100 grammonként. Szénhidrát-tartalma 7-14 g/100 g, ennek nagy része fruktóz. Rosttartalma kb. 2 g 100 grammban, amelynek 70%-a vízben nem oldódó, a maradék 30% pedig pektin [5, 6]. A vitaminok közül a legnagyobb mennyiségben C vitamint (4,6-5 mg/100 g), továbbá káliumot tartalmaz (107-112 mg/100 g) [5].

Bár a bogyós gyümölcsökhöz képest elmarad, az alma viszonylag magas antioxidáns-kapacitással rendelkezik, a fitonutriensek közül kiemelkedő a polifenolos vegyület-tartalma [7]. A polifenolos vegyületek leginkább a gyümölcshúsban, a héj alatt halmozódnak fel [8], és mennyiségük akár a 2-3000 mg/kg-os értéket is elérheti. Domináns vegyületek a katechinek, epikatechinek, cianidinek és a kvercetin [9].

## POLIFENOLOK

A fenolos vegyületek a növények másodlagos metabolitjai. Az egyedek kártevőkkel szembeni kémiai védelméért, illetve növény-növény közti interferenciáért felelősek [10]. Széles körben fordulnak elő a növényvilágban, számos ehető növényben is megtalálhatóak. Több mint 8000 vegyület került már azonosításra [11]. A gyümölcsök polifenoljai többek között flavonoidok, fenolos savak és tanninok [12]. Az élelmiszerekben gyakran felelnek a szín, a savanyú és keserű illat, illetve íz kialakításáért [13]. Az élelmiszer-előállítás során elszíntelenedést és zavarosodást okozhatnak, mivel fémekkel és fehérjékkel komplexeket képeznek [14].

Ezek a vegyületek elsődleges (lánc-törő) antioxidánsok [15], segíthetnek megelőzni a szív- és érrendszeri, illetve neurodegeneratív betegségeket, valamint preventív hatásúak lehetnek bizonyos daganatos megbetegedésekkel szemben [16, 17, 18]. Antimikrobás és antioxidáns hatásuknak köszönhetően az élelmiszeriparban segíthetik az eltarthatóság idejének növelését [19].

### SZABADGYÖKÖK ÉS ANTIOXIDÁNSOK

Azokat az atomokat vagy molekulákat nevezzük szabadgyököknek, amelyek külső elektronhéján egy vagy több párosítatlan elektron található, vagy energiaszintjük a normálistól magasabb, ezért rendkívül reakcióképesek. Ebből kifolyólag olyan redox láncreakciókat indíthatnak el, amelyek különösen az élő szervezeteket felépítő lipideket, fehérjéket, illetve nukleinsavakat károsítják [20]. Ezek általában oxigén-, nitrogén-, kén- vagy szénközpontú molekulák, illetve molekularészek [21]. A körülményektől, illetve mennyiségüktől függően viselkedhetnek oxidánsként és redukálószerként is: párosítatlan elektronjukat átadhatják egy másik atomnak vagy molekulának, de fel is vehetnek egyet a reakciópartnertől [22].

Antioxidáns bármely olyan anyag, amely az oxidálható szubsztráthoz képest kis mennyiségben van jelen, azonban képes jelentős mértékben csökkenteni, vagy akár gátolni a szubsztrát oxidációját [23]. Az antioxidáns védelmi rendszer feladata az élő szervezetek védelme a szabadgyökök okozta károsodástól olyan módon, hogy a szervezetben keletkező reaktív szabadgyökök mennyiségét minimalizálja, illetve ellensúlyozza azok káros hatásait.

Ez a rendszer több szinten szerveződik: antioxidáns enzimek (pl. szuperoxid-dizmutáz, kataláz, glutation-peroxidáz) és nem enzimatis vegyületek (pl. antioxidáns vitaminok: C, E, A vitaminok, polifenolos vegyületek, karotinoidok, stb.) alkotják [24].

Fontos ugyanakkor megemlíteni, hogy az elmúlt évek vizsgálatai alapján az *in vitro* módszerekkel kapott antioxidánskapacitás-eredmények jelentősége és alkalmazhatósága terén paradigmaváltás figyelhető meg, ugyanis ezek a módszerek nem adnak elegendő információt a vegyületek tényleges biológiai hasznosulásáról. A módszerek korlátai, pl. a vizsgált szabadgyökök természete miatt a „kémcsökísérletek” eredményei nem vonatkoztathatók közvetlenül az *in vivo* egészségügyi hatásokra. Ugyanakkor az *in vitro* antioxidáns-kapacitás fontos indikátora az egyes élelmiszerek minőségének, illetve az közvetlen hatással van az élelmiszerek oxidációs folyamatainak gátlására [25, 26].

#### PATULIN

A patulin kémiailag egy telítetlen lakton, amelyet a *Penicillium*, *Aspergillus* és *Byssochlamys* törzsek egyes fajai (pl. *Aspergillus clavatus*, *Penicillium expansum*, és *Byssochlamys nivea*) termelnek. Bizonyítottan membránkárosító, a plazmamembrán felszakítása után reakcióba lép a fehérjék és az aminosavak szulfhidril csoportjaival, ezzel megváltoztatja az enzimek működését. Az akut toxicitás ritka, de számos különböző tünetet okozhat, pl. nyugtalanság, rohamok, vérbőség, ödéma, emésztési és légzőrendszeri tünetek. Súlyos esetben belső vérzések, agyödéma is kialakulhat. Krónikus esetben (hosszú távú expozíció esetén) genotoxikus, immunotoxikus, a vesék károsodását és a fehérjeszintézis zavarát okozhatja [27]. A Nemzetközi Rákkutató Ügynökség (*International Agency for Research on Cancer*) besorolása alapján a harmadik csoportba tartozik, tehát az emberi szervezetre gyakorolt karcinogenitása alapján nem besorolható, mert nincs elegendő információ a vegyület rákkeltő hatásairól [28].

A patulin mennyisége az élelmiszerekben rendeletileg szabályozott. Az 1881/2006/EK bizottsági rendelet alapján gyümölcslevegekben, szeszes italokban 50 µg/kg, szilárd alma termékek esetében 25 µg/kg, csecsemők és kisgyermek számára készült élelmiszerekben 10 µg/kg a felső határérték. A maximális napi bevitel értéke 0,4 µg/testsúlykilogramm [29].

#### HIDROXIMETIL-FURFUROL

Az 5-hidroximetil-furfurol (HMF) a szénhidráttartalmú élelmiszerekben keletkezik, az egyszerű cukrok (glükóz, fruktóz) aminocsoportokkal lejátszó Maillard-reakcióiban, különösen alacsony pH-n és magas hőmérsékleten. Friss élelmiszerekben nincs jelen, és keletkezése a hőkezeléssel hozható

összefüggésbe, így indikátorvegyülete lehet az élelmiszereket ért hőkezelés mértékének, vagy a tárolás körülményeinek [30]. Akut toxicitása állatkísérletekben alacsony, karcinogenitása evidenciák alapján nem egyértelműen bizonyított [31]. A szervezetben képes szulfoxi-metil-furfurol (SMF) alakulni, így közvetve genotoxikus lehet [32].

#### ANYAG ÉS MÓDSZER

##### A VIZSGÁLT MINTÁK

A vizsgálathoz 12 magyar kereskedelmi forgalomban kapható 100%-os almalevet használtunk fel, amelyek közül öt koncentrátumból előállított, hét pedig natúr présle volt. A présle termékek közül három ökológiai gazdaságból származott. Az almaleveket a kísérletsorozat megkezdése előtt két héttel, kiskereskedelmi egységekből szereztük be. Minden termékből 4-10 liter mennyiséget vásároltunk, 1-5 literes kiserelésekben, ügyelve, hogy az egyes fajták termékei ugyanabból a sarzsól származzanak, így minőségmegőrzési idejük is azonos legyen. A minták jellemzőit az **1. táblázat** tartalmazza.

##### VEGYSZEREK ÉS ESZKÖZÖK

A spektrofotometriás módszereket Thermo Helios Alpha UV-VIS ( $\pm 0,001$  abszorbancaegység) típusú spektrofotométerrel kiviteleztek, 1 cm szélességű küvetákkal.

A vizsgálatokhoz használt metanol és 96%-os etanol a Sigma-Aldrich-tól került beszerzésre. Standardként hidroximetil-furfurolt (Acros), aszkorbinsavat (VWR), galluszsavat (Sigma-Aldrich), és troloxot (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametil-kromán-2-karboxilsav, Sigma-Aldrich) alkalmaztunk.

A reakciókhoz továbbá barbitursavat (Acros), p-toluidint (Sigma-Aldrich), propanolt (Sigma-Aldrich), Folin-Ciocalteu reagenst (Sigma-Aldrich), TPTZ-t (2,4,6-tripiridil-s-triazin, Sigma-Aldrich), vas-klorid-hexahidrátot (Sigma-Aldrich), ABTS-t (2,2'-azinobisz-3-etilbenzotiazolin-6-szulfonsav, Sigma-Aldrich), kálium-persulfátot (Acros Organics), réz(II)-kloridot (Alfa Aesar), neocuproine-t (2,9-dimetil-1,10-fenantrolin, Sigma-Aldrich), nátrium-karbonátot (Sigma-Aldrich), nátrium-acetátot (Sigma-Aldrich), ecetsavat (Sigma-Aldrich), ammónium-acetátot (Molar Chemicals Ltd.), sósvat (Carlo Erba) és desztillált vizet használtunk.

##### VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

#### Patulin-szennyezettség

A patulin-szennyezettséget acetonitriles kivonást és egy speciális tisztítást követő HPLC-UV mérésével vizsgáltuk, amelyet a Nébih Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatóságának Élelmiszer Toxikológiai Nemzeti Referencia Laboratóriumában

1. táblázat: A vizsgált minták jellemzői  
Table 1: Characteristics of the test samples

Minta kódja Sample code	Típus Type	Minőségmegőrzési idő Best before date	Kiszereles Packaging
K1	Koncentrátumból előállított Produced from concentrate	2017.12.31.	2 l, italos karton Beverage cardboard
K2	Koncentrátumból előállított Produced from concentrate	2018.06.23.	1 l, italos karton Beverage cardboard
K3	Koncentrátumból előállított Produced from concentrate	2018.05.18.	1 l, italos karton Beverage cardboard
K4	Koncentrátumból előállított Produced from concentrate	2018.05.30.	1 l, PET 1 l, PET
K5	Koncentrátumból előállított Produced from concentrate	2017.12.14.	1 l, PET 1 l, PET
P1	Présle Press juice	2018.06.19.	1 l, italos karton 1 l, Beverage cardboard
P2	Présle, bio Press juice, bio	2018.04.24.	1 l, italos karton 1 l, Beverage cardboard
P3	Présle, bio Press juice, bio	2018.08.11.	1 l, üveg 1 l, Glass
P4	Présle, bio Press juice, bio	2017.05.30.	3 l, Bag-In-Box 3 l, Bag-In-Box
P5	Présle Press juice	2018.05.30.	5 l, Bag-In-Box 5 l, Bag-In-Box
P6	Présle Press juice	2018.04.22.	3 l, Bag-In-Box 3 l, Bag-In-Box
P7	Présle Press juice	2017.12.13.	3 l, Bag-In-Box 3 l, Bag-In-Box

végeztünk el. A módszer a Nemzeti Akkreditáló Hatóság által, növényi eredetű mátrixokra akkreditált, azonosítója PAT/HPLC/87/2013 [33]. Az eredmények  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ban kerültek megadásra.

### Összes szárazanyag-tartalom, összes oldható szárazanyag-tartalom

Az összes szárazanyag-tartalmat szárítószekrényben  $60^\circ\text{C}$ -on történő szárítást követően gravimetriás módszerrel, az összes oldható szárazanyag-tartalmat refraktometriás módszerrel határoztuk meg, Zeiss-Abbe-féle refraktométerrel. Az eredmények százalékban kerültek megadásra.

### Hamutartalom

A hamutartalmat gravimetriás módszerrel határoztuk meg, nyílt lángon történő elhamvasztást követően izzítókemencében,  $600^\circ\text{C}$ -on történő kiégetés után. Az eredmények százalékban kerültek megadásra.

### Hidroximetil-furfurol tartalom

A hidroximetilfurfurol-tartalmat a vegyület barbitursavval és p-toluidinnel való színreakcióján alapuló spektrofotometriás módszerrel (Winkler módszer) vizsgáltuk [34]. Az eredményeket  $\text{mg}/\text{l}$  értékben adtuk meg.

### Antioxidáns kapacitás

**Mintaelőkészítés:** A vizsgálatot a rostos almale minták esetében centrifugálása után a felülúszóból végeztük. A megfelelő kalibrációs tartományban történő mérés érdekében hígítási próbákat végeztünk, ennek eredményei alapján az almalevek antioxidáns aktivitásának és polifenolos vegyület-tartalmának mérését a minták desztillált vízzel történő hígítása után végeztük el.

**FRAP módszer:** A módszer elve, hogy az antioxidánsok alacsony pH-n a vas-2,4,6-tripiridil-S-triazin ( $\text{Fe}^{3+}$ -TPTZ) komplexet  $\text{Fe}^{2+}$  komplexszé redukálják [35]. Ez a reakció színváltozással jár, amelynek során az eredeti sárgásbarna komplex kék színűvé válik, amelynek abszorpciós maximuma 595 nm [36]. Az eredmények aszkorbinsav egyenértékben [AaEq] kerültek megadásra,  $\text{mg}/\text{l}$ -ben.

**CUPRAC módszer:** Az antioxidánsok redukáló képességének köszönhetően oldott állapotban lévő  $\text{CuCl}_2$   $\text{Cu}^{2+}$  ionjának oxidációs száma csökken. Az így keletkező  $\text{Cu}^{1+}$  a reakcióelegyben található neocuppoint 7-es pH-n dimerizál, amely ez által sárgásszínűvé válik. A színváltozás 450 nm-es hullámhosszon nyomon követhető spektrofotométerrel [37]. Az eredmények trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilkromán-2-karboxilsav) egyenértékben [TEq],  $\mu\text{mol}/\text{l}$ -ben kerültek megadásra.

**DPPH módszer:** Az antioxidánsok a reakcióelegyben található 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) gyökkel reagálnak, amelytől a vegyület eredeti sötétlila színét elveszíti, továbbá a változás 517 nm-en nyomon követhető. A színvesztés annál erősebb, minél több antioxidáns típusú vegyület található adott térfogatú mintában [38]. Az eredmények trolox egyenértékben [TEq] kerültek megadásra,  $\mu\text{mol/l}$ -ben.

**ABTS módszer:** A módszer a 2,2'-azinodi-(3-etilbenzotiazolin)-6-szulfoninsav (ABTS) oxidációján alapszik. A reakcióhoz használt kálium-perszulfát 7,4-es pH-n az ABTS-ből színes szabadgyököt képez, amelyet a minta antioxidánsai megkötnének. Ez a színváltozás 734 nm-en nyomon követhető [39]. Az eredményeket trolox egyenértékben [TEq],  $\mu\text{mol/l}$ -ben adtuk meg.

### Összes polifenolos vegyület-tartalom (TPC)

A vizsgálathoz Folin-Ciocalteu módszert alkalmaztunk. A reakció teljes kémiai háttere nem ismert. A vizsgált minta redukáló vegyületeivel – tehát polifenolos vegyületeivel is – a Folin reagensben lévő Mo(VI) 10-es pH-n reagál. A reakció során *kék színű Mo(V)* keletkezik, amelynek abszorpciós maximuma 750 nm [40]. Az eredmények galluszsav egyenértékben [GaEq] kerültek megadásra, mg/l-ben.

### Adatelemzés

Az adatelemzés során a minták közti különbségek feltárására Mann-Whitney próbát, valamint egyszempontos varianciaanalízist alkalmaztunk Tukey-féle post hoc teszttel [41], amelyet az XLStat szoftverrel (Addinsoft, Paris, France) hajtottunk végre.

A rangszámkülönbségek összege (sum of ranking differences, SRD) módszer elvét Héberger, validálását és szoftveres implementálását Héberger és Kollár-Hunek valósította meg [42, 43]. A nemparaméteres elven működő módszer nem követeli meg az adathalmazban a normalitás feltételét. Az SRD módszer fejlesztésének egyik mérföldkövét a kötéssel rendelkező adatok elemzésének lehetősége jelentette, amelyet a 2013-ban megjelent publikációjában Kollár-Hunek és Héberger részletesen bemutat [43]. A Microsoft Excel VBA környezetben írt makró bemeneti formátumként megköveteli az esetek (esetünkben a mérési módszerek eredményeinek) sorokba, míg az összehasonlítani kívánt változók (almalé termékek) oszlopokba történő rendezését. Az összehasonlításhoz négy lehetőség közül lehet választani, amelyeket referenciaértékként kezel a szoftver: átlag (Ave), maximum (Max), minimum (Min), vagy beolvasott értékek (Read). Munkánk során beolvasott értéket használtunk, így minden egyes mérési eredménynél a legjobbat választottuk referenciának. Az SRD módszer azon alapul, hogy ha egy adott minta eredményeinek rangsora minél közelebb van a referencia/sztenderd SRD-értékhez,

annál inkább hasonlít a megadott referenciához. Az SRD módszere szabadon letölthető az alábbi linken keresztül: <http://aki.ttk.mta.hu/srd/>.

### EREDMÉNYEK

#### PATULINTARTALOM

Detektálható szennyezettséget egy minta esetében tapasztaltunk: a mikotoxin mennyisége a termékben 28  $\mu\text{g/kg}$  volt. A többi minta esetében a patulintartalom az alkalmazott módszerre vonatkozó 6,8  $\mu\text{g/kg}$ -os LOQ (*Limit of Quantitation - a mennyiségi mérés alsó határa* [44]) értéket nem érte el.

#### ÖSSZES SZÁRAZANYAG-TARTALOM ÉS OLDHATÓ SZÁRAZANYAG-TARTALOM

Az összes szárazanyag-tartalom 12,11-15,04% között mozog, a préslevek esetében pedig általában magasabb. Az összes oldható szárazanyag-tartalom 10% körüli értékben maximalizálódott minden termék esetében. A termékcsoportok között szignifikáns különbséget tapasztaltunk mindkét paraméter tekintetében. A kapott eredményeket az **1. ábra** tartalmazza.

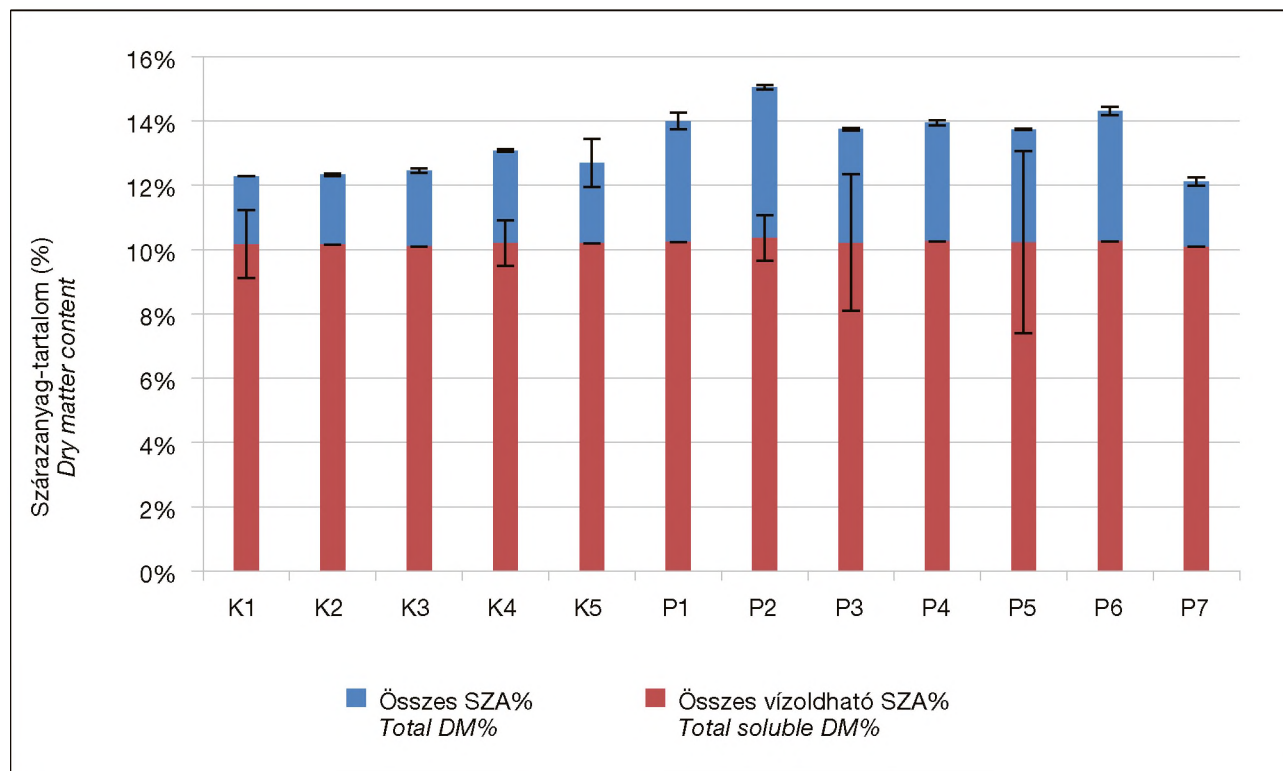
#### HAMUTARTALOM

A hamutartalom meghatározásával információt kapunk a termékek *szervetlenanyag*-tartalmáról, amelyet az almalevek természetes alkotórészei (makroelemek, nyomelemek), valamint esetleges szennyezői alkotnak.

Ahogy az a **2. ábrán látható**, vizsgált almalevek hamutartalma változó, 0,13-0,24% között mozog. A legmagasabb és a legalacsonyabb értékeket egy-egy koncentrátumból előállított termék esetében tapasztaltuk, míg két termékcsoport értékei között a különbség nem volt szignifikáns.

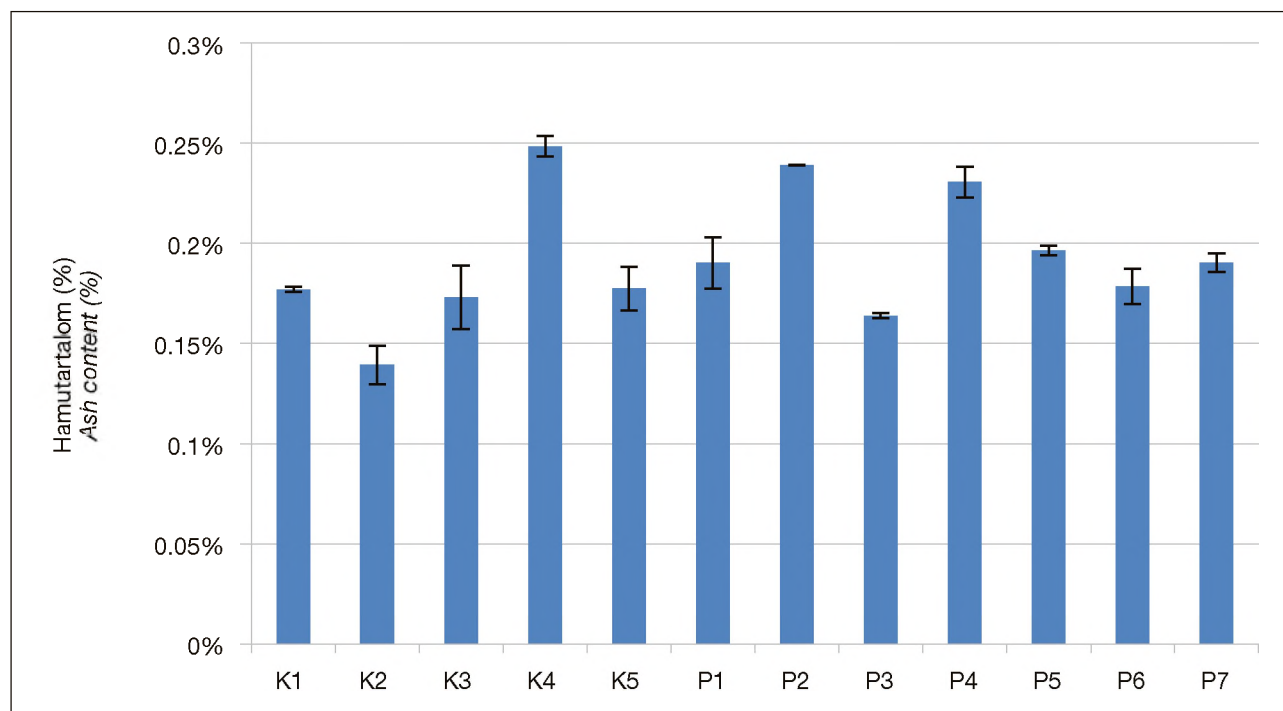
#### HIDROXIMETIL-FURFUROL TARTALOM

A hidroximetil-furfurol (HMF) -tartalom a termékeket ért hőkezelés mértékének az indikátora: minél magasabb a HMF tartalom, annál intenzívebb hőkezelés érte az adott almalevet. A vegyület mennyisége egy préslevesben a legnagyobb (4,51 mg/l), ezt követi két koncentrátumból előállított almalé (3,25 és 2,57 mg/l). Legkisebb mennyiségben egy préseléssel előállított termékben van jelen (1,50 mg/l). A többi présleves esetében a HMF-tartalom körülbelül azonos tendenciát mutat, mennyisége alacsonyabb a koncentrátumból előállított termékekhez képest. Utóbbi termékcsoport esetében termékenként nagyobb különbségek tapasztalhatók a vegyület mennyiségét tekintve. A termékek között *szignifikáns különbségeket tapasztaltunk*. Az almalevek HMF tartalma a **3. ábrán látható**.



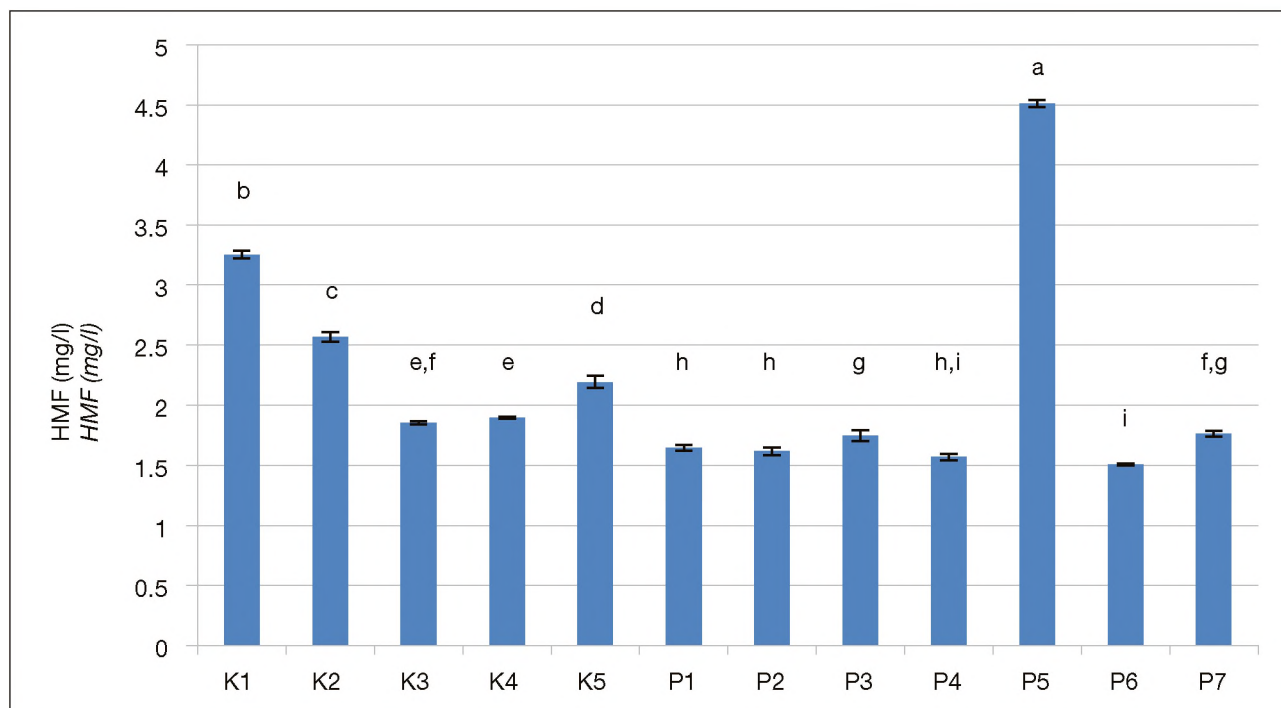
1. ábra: Almalevek összes és összes vízoldható szárazanyag-tartalma (SZA) termékenként (n=24, Átlag, SD)  
Figure 1: Total and total water-soluble dry matter content of apple juices by product (n=24, Average, SD)

K: koncentrátumból előállított termék, P: préslé / K: product from concentrate, P: press juice



2. ábra: Almalevek hamutartalma termékenként (n=12, Átlag, SD)  
Figure 2: Ash content of apple juices by product (n=12, Average, SD)

K: koncentrátumból előállított termék, P: préslé / K: product from concentrate, P: press juice



3. ábra: Almavelek hidroximetilfurfurool-tartalma termékenként (n=12, Átlag, SD)  
Figure 3: Hydroxymethylfurfural content of apple juices by product (n=12, Average, SD)

K: koncentrátumból előállított termék, P: préselés / K: product from concentrate, P: press juice

2. táblázat: Almavelek antioxidáns-kapacitása és -aktivitása (n=12, Átlag, SD)  
Table 2: Antioxidant capacity and activity of apple juices (n=12, Average, SD)

K: koncentrátumból előállított termék, P: préselés / K: product from concentrate, P: press juice

	FRAP módszer FRAP method mg/l [AaEq]	CUPRAC módszer CUPRAC method μmol/l [TEq]	DPPH módszer DPPH method μmol/l [TEq]	ABTS módszer ABTS method μmol/l [TEq]
K1	388.30±4.60 <sup>f</sup>	3542.25±113.71 <sup>d</sup>	965.03±13.97 <sup>h</sup>	1394.99±76.80 <sup>g</sup>
K2	135.06±1.31 <sup>h,j</sup>	1010.24±10.79 <sup>f</sup>	389.30±30.77 <sup>ij</sup>	518.58±14.88 <sup>h,j</sup>
K3	85.07±2.37 <sup>i</sup>	527.29±8.64 <sup>g</sup>	287.13±5.09 <sup>j</sup>	327.79±9.99 <sup>j</sup>
K4	187.26±11.30 <sup>g,h</sup>	1316.30±7.08 <sup>e,f</sup>	399.38±23.35 <sup>ij</sup>	629.93±20.60 <sup>h</sup>
K5	229.55±3.66 <sup>g</sup>	1642.68±29.58 <sup>e</sup>	474.93±28.04 <sup>j</sup>	780.29±8.20 <sup>h</sup>
P1	1626.20±56.13 <sup>a</sup>	9323.29±151.32 <sup>a</sup>	5188.02±42.66 <sup>a</sup>	6839.82±183.47 <sup>a</sup>
P2	1421.92±42.12 <sup>b</sup>	9145.59±281.65 <sup>a</sup>	4934.03±67.62 <sup>b</sup>	5946.82±98.44 <sup>b</sup>
P3	930.43±25.79 <sup>d</sup>	7804.42±232.59 <sup>b</sup>	4315.91±76.16 <sup>d</sup>	4150.70±137.14 <sup>d</sup>
P4	763.14±7.64 <sup>e</sup>	6494.38±141.66 <sup>c</sup>	3962.65±83.36 <sup>e</sup>	3335.58±103.73 <sup>f</sup>
P5	1270.10±26.85 <sup>c</sup>	8116.15±221.13 <sup>b</sup>	4518.81±31.33 <sup>c</sup>	5556.20±157.21 <sup>c</sup>
P6	400.07±10.78 <sup>f</sup>	3421.18±41.06 <sup>d</sup>	3044.89±130.20 <sup>g</sup>	1581.08±88.26 <sup>g</sup>
P7	865.08±16.86 <sup>d</sup>	6317.97±142.69 <sup>c</sup>	3736.56±42.27 <sup>f</sup>	3682.20±118.25 <sup>e</sup>

#### ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS

Az antioxidáns-kapacitás esetében a két csoport között eltérő tendenciát figyelhetünk meg: a préslevelek értékei magasabbak. A termékcsoportban a legmagasabb értéket minden módszer esetében ugyanaz a termék érte el (1626,20 mg/l [AaEq]; 9323,29 μmol/l [TEq]; 5188,02 μmol/l [TEq]; 6839,82 μmol/l [TEq]). A koncentrátumból előállított termékek közül a legnagyobb antioxidáns kapacitással rendelkező termék értékei ennek kb. negyedét tették ki (388,30 mg/l [AaEq]; 3542,25 μmol/l [TEq]; 965,03 μmol/l [TEq]; 1394,99 μmol/l [TEq]).

Mind az adott termékcsoport, mind az összes vizsgált minta közül egy koncentrátumból előállított termék antioxidáns kapacitása a volt a legalacsonyabb (85,07 mg/l [AaEq]; 527,29 μmol/l [TEq]; 287,13 μmol/l [TEq]; 327,79 μmol/l [TEq]). A legnagyobb antioxidáns aktivitással rendelkező termék értékei ennek kb. hússzorosa. A kapott eredmények a **2. táblázatban** láthatók.

#### ÖSSZES POLIFENOLOS VEGYÜLET-TARTALOM

Polifenol-tartalom szempontjából a két termékcsoport élesen elkülönül: a préslevelek értékei többszöröse



a sűrítmenyből előállított termékek értékeinek. A termékek a csoporton belül is szignifikáns mértékben különböznek egymástól: a legmagasabb polifenol-tartalmú termék értéke (2351,08 mg/l [GaEq]), kb. háromszorosa a csoporton belül legalacsonyabb értéket elérő termékének (819,54 mg/l [GaEq]).

A koncentrátumból előállított fajták között hasonlóan nagy a különbség. A legmagasabb értéket (770,48 mg/l [GaEq]) elérő termék polifenol-tartalma több mint négyszerese a legalacsonyabb polifenol-tartalommal rendelkező termék értékének (186,32 mg/l [GaEq]). Az antioxidáns kapacitás értékekhez hasonlóan összes vizsgált termék közül ennek a terméknek a legkisebb a polifenol-tartalma. A legmagasabb értéket elért termék ennek kb. tizenkétszeresével rendelkezik. Az összes polifenolos vegyület-tartalom eredményei a **4. ábrán** láthatók.

#### STATISZTIKAI ELEMZÉSEK EREDMÉNYEI

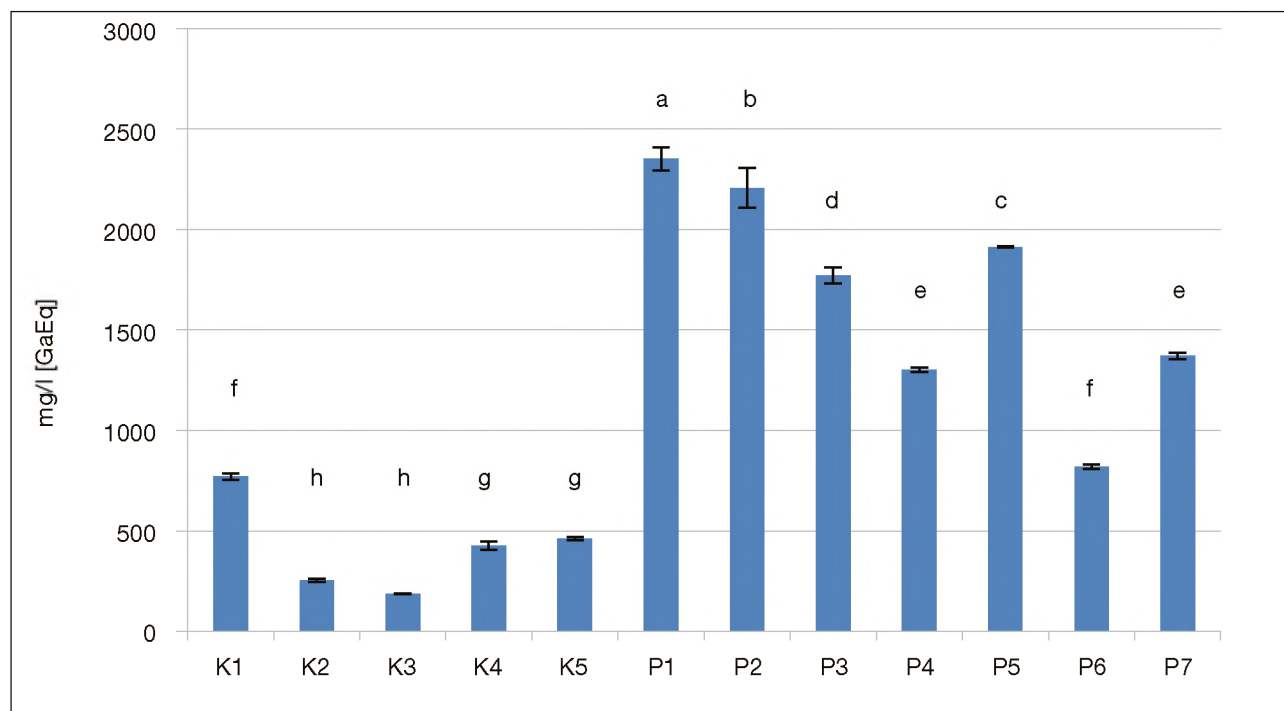
A korrelációvizsgálat alapján szoros az összefüggés az antioxidáns kapacitást mérő módszerek eredményei, valamint az összes polifenolos vegyület-tartalom között. A Spearman-féle rangkorreláció eredményei a **3. táblázatban**, a korrelációs mátrixban láthatóak.

Az SRD módszer segítségével minden mért paraméter esetében kiválasztottuk a legjobb eredményt. Ezek a legmagasabb összes szárazanyag-tartalom-érték, az összes vízoldható szárazanyag-tartalom esetében a Magyar Élelmiszerkönyv 1-3-2001/112 irányelvében szereplő, almából készült gyümölcslevek vonatkozó 11,2%-os Brix-értékhez legközelebb álló Brix-érték, legmagasabb hamutartalom-érték, legalacsonyabb hidroximetilfurfurol-tartalom érték, legmagasabb antioxidáns kapacitás érték minden módszer

3. táblázat: Az antioxidáns kapacitás (FRAP, CUPRAC, DPPH, ABTS) és összes polifenolos vegyület-tartalom (TPC) értékek korrelációs mátrixa ( $p < 0,05$ ). A felső háromszögben a  $p$ -értékek, míg az alsóban a Spearman-féle rangkorrelációs koefficiensek láthatók.

Table 3: Correlation matrix of antioxidant capacity (FRAP, CUPRAC, DPPH, ABTS) and total phenolic content (TPC) values ( $p < 0.05$ ). In the upper triangle,  $p$ -values are shown, while in the bottom triangle the Spearman rank correlation coefficients are displayed.

	FRAP	CUPRAC	DPPH	ABTS	TPC
FRAP	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CUPRAC	0,972	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001
DPPH	0,986	0,986	-	<0,0001	<0,0001
ABTS	1,000	0,972	0,986	-	<0,0001
TPC	1,000	0,972	0,986	1,000	-



4. ábra: Almalevek összes polifenolos vegyület-tartalma termékenként ( $n=12$ , Átlag, SD)  
Figure 4: Total phenolic content of apple juices by product ( $n=12$ , Average, SD)

K: koncentrátumból előállított termék, P: présle / K: product from concentrate, P: press juice

esetében, valamint a legmagasabb összes polifenolos vegyület-tartalom érték voltak. Használatukkal a módszer megalkotott egy képzeletbeli referencia terméket, amelyhez a vizsgált termékeket hasonlítja. Az eredmények az **5. ábrán** láthatók.

A referenciatermékhez leginkább három préslétermék (P1, P2, P5) hasonlít, ezeket kis különbséggel követi a termékcsoport másik négy terméke (P3, P4, P6, P7). A koncentrátumból előállított termékek közül egy kiemelkedő (K1), a csoport másik négy terméke pedig két csoportot alkot (K4, K5 és K2, K3).

Látható, hogy a termékcsoportok a módszerrel jól elkülönülnek, azonban a termékek a csoportokon belül is különböznek egymástól, ami valószínűleg az alapanyagként használt gyümölcsök fajtakénti eltéréseinek és minőségbeli különbségeinek is köszönhető. A vizsgált paraméterek alapján a K1 termék a két kategória határán helyezkedik el.

A vizsgált analitikai paraméterek és a statisztikai elemzések alapján kijelenthető, hogy a préslevek táplálkozás-élettani szempontból kedvezőbbek, mint a koncentrátumból előállított termékek.

#### Diszkusszió

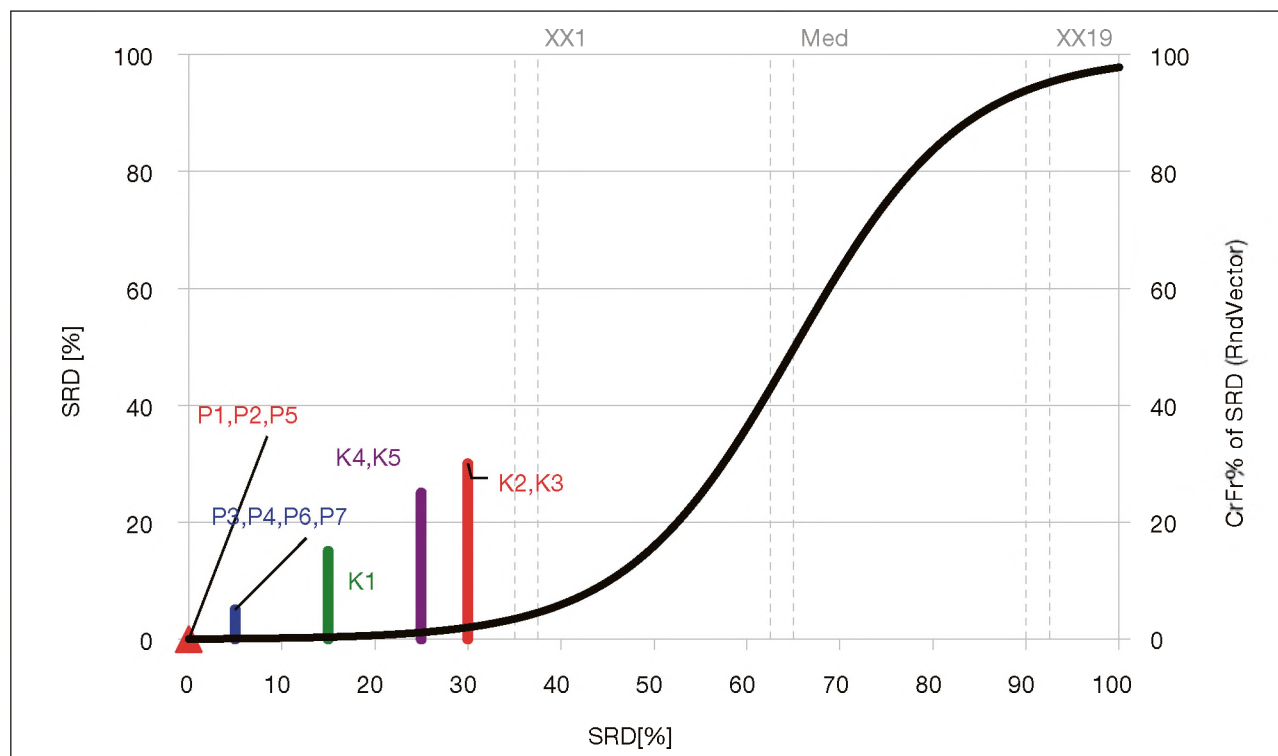
A kutatás során különböző technológiákkal előállított 100% gyümölcstartalmú almaleveket vizsgáltunk. A laboratóriumban vizsgált paraméterek a patulin-szennyezettség, a szárazanyag- és hamutartalom,

a hidroximetil-furfurol tartalom, az antioxidáns kapacitás, és a polifenolos vegyület-tartalom voltak.

Patulin-szennyezettség szempontjából a világ országaiban eltérő a helyzet. Egy 2000-2011-ig tartó, a spanyol piac termékeinek adatait feldolgozó kutatás alapján a nem Európai Unióhoz tartozó országokból származó almalevelek mikotoxinnal való szennyezettsége meghaladta az Unióban megszabott felső határértéket [45]. Egy iráni vizsgálat szerint a szupermarketekben kapható 8 almaleve termék 37,5%-ában magasabb volt a patulintartalom, mint 50 µg/kg [46]. Tunéziában 42 almaleve közül 27 szennyezett volt [47].

Az uniós tagállamokból származó termékek általában megfelelnek a rendeleti előírásoknak. Egy Portugáliában végzett kutatás során a helyi szupermarketben és bioboltokban beszerzett almalevelekben a patulin mennyisége a határérték alatt volt, illetve nem érte el az LOQ-értéket, vagy nem volt detektálható [48]. Belgiumban gyártott és importált almalevek patulintartalma sem haladta meg a határértéket, és statisztikailag szignifikáns különbséget sem találtak a préslevek, és a hagyományos almalevek szennyezettsége között [49].

Ellenpéldaként Románia említhető, ahol 50 alma alapú termék 6%-ában magasabb volt a mikotoxin mennyisége, mint a felső határérték [50].



5. ábra: Az SRD módszerrel végzett elemzés eredménye ( $p < 0,05$ )  
Figure 5: Result of analysis by the SRD method ( $p < 0,05$ )

K: koncentrátumból előállított termék, P: préslé / K: product from concentrate, P: press juice

Egy magyar vizsgálat során 24 almalésűrítmény szennyezettségét ellenőrizték. A felső határértéket egy minta esetében sem érte el a patulintartalom [51].

Az általunk vizsgált almalevek hazánkból, illetve az Európai Unió tagállamaiból származtak. A patulintartalom 12 minta közül csak egy minta esetében haladta meg a Nébih által használt módszer LOQ (Limit of Quantitation) értékét (6,8 µg/kg). Ebben a mintában 28 µg/kg volt a mennyisége, az Európai Unió által meghatározott felső határértéket (50 µg/kg) nem érte el. Az, hogy az uniós tagállamokban a szennyezettség mértéke alacsonyabb, valószínűleg az agrárágazatra és az élelmiszeriparra vonatkozó szigorúbb szabályozásoknak köszönhető.

Érdemes megjegyezni, hogy bár a szakirodalmi adatok alapján a legtöbb termékben a mikotoxin mennyisége az 50 µg/kg-ot nem éri el, a gyermekeknek készült termékek esetében bevezetett 10 µg/kg-os felső határértéket, valamint a maximális napi bevitel értéket sok esetben meghaladja. Ez élelmiszerbiztonsági kérdéseket vethet fel, amennyiben ezeket a termékeket gyermekek rendszeresen fogyasztják. Ugyanakkor, a saját mérési eredmények alapján a mikotoxin-szennyezettség a hazai kereskedelmi forgalomban csak kivételes esetben fordul elő.

A hidroximetil-furfurol (HMF) gyümölcslevek esetében a hőkezelés mértékének indikátoraként használható [52]. Szakirodalmi adatok alapján a vegyület igen változó mennyiségben van jelen almalevekben.

Egy tárolási kísérlet során a három vizsgált almaleve minta kiindulási HMF tartalma 4,39 mg/l, 1,86 mg/l és 28,55 mg/l liter volt, amely a magasabb hőmérsékleten történő tárolás során szignifikáns mértékben emelkedett [53].

Koncentrátumból készített, és rostos, ún. *cloudy apple juice* (szűretlen almaleve) termékeket összehasonlító kutatás eredményei szerint, a HMF tartalom az előbbi termékcsoporthoz képest 0,57-3,5 mg/l, míg az utóbbi csoport esetében 0,36 és 0,48 mg/l között volt [54].

Egy kanadai vizsgálatban sűrítmenyből és friss gyümölcsből előállított almaleveket használtak: a friss termékekben a vegyület mennyisége 0-2,55 mg/l között alakult, míg a sűrítmenyből előállított termékek esetében 0,4 és 2,3 mg/l között volt [55].

Kutatásunk során a felhasznált almalevek HMF tartalma a szakirodalmi adatokhoz hasonlóan változatosságot mutatott, ugyanakkor a megfigyelt tendencia (a koncentrátumból előállított termékekben detektált magasabb HMF tartalom) a szakirodalommal egyező. A különbségek leginkább a termékcsoporthoz képest és termékenként eltérő gyártástechnológiából és a tárolási körülmények különbözőségeiből eredhetnek.

Az *in vitro* antioxidáns kapacitás tekintetében a szakirodalmi adatok nagy különbségeket mutatnak. Mivel a paraméter vizsgálatára nincs univerzális laboratóriumi módszer, a pontos értékek helyett a termékek és a termék kategóriák közötti átlag különbségeket érdemes megfigyelni.

Az antioxidáns aktivitást jelentősen befolyásolja az alapanyagként használt alma fajtája. Az almalevekhez gyakran használt Red Delicious fajta antioxidáns aktivitása magasabb, mint a szintén népszerű Golden Delicious, vagy Idared fajtáké [56].

Az előállítás során az aktivitás értékek egyértelmű csökkenést mutatnak. Egy vizsgálat szerint a friss, préselt almaleve antioxidáns aktivitása az egész gyümölcshöz képest 3-10%, több almafajta esetében is [57].

Egy 90 terméket összehasonlító kutatás eredményei alapján, a koncentrátumból előállított rostos, illetve a nem sűrítmenyből készült rostos almalevek TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) módszerrel mért antioxidáns kapacitása átlagosan jóval magasabb volt (2,8-7,1 és 2,1-17 mmol/l [TEq]), mint a koncentrátumból előállított, szűrt termékeké (1,1-4,6 mmol/l [TEq]). Saját méréseink hasonló értékeket eredményeztek [58].

Jelentős különbségeket tapasztaltak a paraméterben enzim és mikroszűrési pektin-eltávolító eljárásokon átesett szűrt, és rostos almalevek esetében. A mikroszűrés kedvezőbb az antioxidáns aktivitás megőrzése szempontjából, azonban a rostos levek értékei egyaránt magasabbak voltak mind az enzim, mind a szűrési eljárás esetében [59].

Az általunk vizsgált almalevek antioxidáns kapacitása a szakirodalmi adatokhoz hasonló tendenciát mutatott: a préseléssel készült termékek magasabb értékeket értek el minden alkalmazott módszer esetében.

A polifenolos vegyületek antioxidáns tulajdonságokkal is rendelkeznek, így az összes polifenolos vegyület-tartalom szoros kapcsolatban áll az antioxidáns kapacitáshoz [11]. Az alma polifenolos vegyület-tartalma a gyümölcsök teljes palettáját tekintve nem kiemelkedő, de akár a 2000-3000 mg/kg [GaEq]-t is elérheti [9]. Az alma fajtája e paraméter esetében is fontos befolyásoló tényező [56].

Laboratóriumban készített almalevek esetében a rostos típus összes polifenolos vegyület-tartalma közel másfélszerese volt a szűrt értékeinek: Champion almafajta esetében előbbiben 1044,4 mg/l, míg utóbbiban 689,5 mg/l értéket ért el [60].

Egy vizsgálat 24 féle kereskedelmi forgalomban kapható almaleve összes polifenolos vegyület-tartalmát hasonlította össze. A szűrt almalevek esetében 109,9; 165,5; és 172,7 mg/l [GaEq] mennyiségben voltak

jelen a vegyületek. A rostos termékek esetében az érték igen változatos volt, 152,2 és 459,0 mg/l [GaEq] között mozgott [61].

Az antioxidáns aktivitásnál már említett 90 terméket felölelő kutatás a polifenolos vegyületek esetében hasonló tendenciát mutatott: a koncentrátumból előállított rostos, és a nem sűrítvényből készült rostos almalevek magasabb polifenol-tartalommal rendelkeztek, (385-757 és 171-1925 mg/l [GaEq]), mint a koncentrátumból előállított szűrt társaik (116-448 mg/l [GaEq]) [58].

A kutatómunka során vizsgált almalevek esetében az összes polifenolos vegyület-tartalom eredmények a szakirodalomban leírtakhoz hasonlóan alakultak: a préslevek magasabb polifenol-tartalommal rendelkeztek.

Eredményeink statisztikai elemzései alapján az antioxidáns kapacitás és az összes polifenolos vegyület-tartalom szoros összefüggést mutat, azaz az alma antioxidáns tulajdonságait zömében annak polifenoljai határozzák meg. Ezt más kutatások eredményei is alátámasztják [58, 62, 63].

#### KÖVETKEZTETÉSEK

Kutatómunkánk eredményei és a szakirodalmi adatok alapján a következő következtetések állapíthatók meg.

A patulin-szennyezettség vizsgálatának eredményei alapján a hazai piac termékei a 1881/2006/EK rendeletnek megfelelnek, élelmiszerbiztonsági szempontból az összkép megnyugtató.

A szárazanyag-tartalom vizsgálata során szignifikáns különbségeket tapasztaltunk a két termékcsoporthoz. A préslevek magasabb összes szárazanyag-tartalommal rendelkeznek, amely nyilvánvalóan a rosttartalom következménye.

Az egyes termékek hamutartalma viszonylag széles határok között mozog, azonban a vizsgálati eredmények alapján nincs szignifikáns különbség a termékkategóriák között. Ez jelezheti azt, hogy a paramétert kevésbé befolyásolják a technológiai különbségek, mint az alapanyagként használt almák fajtája, illetve minősége.

A hidroximetil-furfurol tartalom (HMF) nagymértékben függ a gyártástechnológiától, azon belül a terméket ért hőkezelés mértékétől, amelyet saját kutatási eredményeink is alátámasztanak. A vegyület mennyisége általánosságban a sűrítvényből előállított almalevekben volt magasabb, azonban kiugró értéket ért el egy préslevesben. A gyártó tájékoztatása alapján a terméket ún. „kitartott hőkezelés”-nek teszik ki, vagyis a hőkezelés után az almalevet hűtés nélkül, még forrón töltik a csomagolóanyagba, amely ez után az üzem hőmérsékletén, lassan hűl ki. Ezt az eljárást

más általunk vizsgált présleves esetében is alkalmazzák, azonban az érték abban az esetben alacsonyabban maradt.

A HMF mennyiségét a termékben a tárolási körülmények is befolyásolják. Hosszabb időtartamú, magasabb hőmérsékleten történő tárolás során a vegyület mennyisége szignifikáns mértékben megnövekedett az almalevekben [53]. Valószínű, hogy az általunk vizsgált termék magasabb HMF tartalma az eltérő tárolási körülményeknek is köszönhető.

A szoros összefüggés az antioxidáns kapacitás és az összes polifenolos vegyület-tartalom között jelzi a polifenolos vegyületek dominanciáját az almalevek antioxidáns kapacitásának kialakításában, amelyet szakirodalmi adatok is alátámasztanak [58, 62, 63].

A préslevek magasabb polifenolos vegyület-tartalommal rendelkeznek, ami valószínűleg a kíméletesebb előállítási technológiájának köszönhető. Erre az alacsonyabb hidroximetil-furfurol-tartalom utal.

Végkövetkeztetésként kijelenthető, hogy az általunk vizsgált laboratóriumi paraméterek, statisztikai elemzéseink, valamint a szakirodalmi adatok alapján a 100% gyümölcstartalmú almalevek fogyasztása kedvező hatással lehet egészségünkre. A termékek biztonságosak, megőrzött egészségvédő komponens-tartalmuknál fogva fogyasztásuk előnyös. Táplálkozás-élettani szempontból a préslevek jobb választásnak bizonyulnak rosttartalmuknak és kiemelkedő polifenolos vegyület-tartalmuknak köszönhetően, ami a kíméletesebb előállítási technológiájára vezethető vissza.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozunk a NÉBIH Élelmiszer- és Takarmánybiztonsági Igazgatóság, Élelmiszer Toxikológiai Nemzeti Referencia Laboratórium (NÉBIH ÉTbI ÉTNRL) vezetőségének és szakembereinek a patulin meghatározásban nyújtott segítségükért, valamint Sütő Ágnesnek, a Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Kar Dietetikai és Táplálkozástudományi Tanszék munkatársának technikai segítségével.

A kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-2-I-SE-46kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

A kutatást a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Hivatal K119269 számú projektje, a VEKOP-2.3.3-15-2017-00022, illetve az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005 támogatta.