



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

Juhászné Tóth Réka¹, Csapó János^{1, 2}

Érkezett: 2018. május – Elfogadva: 2019. március

Szelénnel dúsított gomolya és orda előállítása

KULCSSZAVAK: tej, szelén, gomolya, orda, szelén-kiegészítés, megnövelt szeléntartalmú tej és tejtermékek.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szelén egy a szervezet számára nélkülözhetetlen mikroelem. Mivel Magyarország hiányos szelénellátottságú országnak minősül, ráadásul a szelén hasznosulása a szervezetben csekély mértékű, ezért mindenképpen szükségünk van külső segítséggel történő pótlására. Ennek a fogyasztó számára egyik egyszerűbb módja az, ha az alapvető élelmiszerekkel viszi be a szervezetébe. Kutatásainkban azt vizsgáltuk, hogy előállítható-e magas szeléntartalmú gomolya és orda a szarvasmarhák takarmányozásának módosítása révén. Ennek során napi 1-2 mg Se/nap szeléntartalmú élesztővel egészítettük ki a szarvasmarhák takarmányát, és azt tapasztaltuk, hogy 1 mg-mal történő kiegészítés hatására a tej szeléntartalma 18 µg/kg-ról 31 µg/kg-ra, 2 mg-mal kiegészítve pedig 53 µg/kg-ra nőtt. Ezen utóbbiból előállított gomolya szeléntartalmát 138,1 (66,0), az ordáét pedig 167,2 (80,8) µg/kg-nak mértük (zárójelben a kontroll értékek szerepelnek). Kutatásaink során megállapítást nyert, hogy a 2 mg szelénnel dúsított tejből készült gomolya és orda majd két és fél-háromszor annyi szelént tartalmazott, mint a szelénkiegészítés nélküli tejből készült változatok.

BEVEZETÉS

A szelén szervezetünk számára nélkülözhetetlen, az életműködéshez elengedhetetlen ásványi anyag, amely szinte minden sejtünkben jelen van [1]. Önmagában is antioxidáns hatású, de emellett létfontosságú szerepet játszik a glutation-peroxidáz enzim működésében is, amely a szervezetbe kerülő mérgekkel szemben fejti ki védőhatását. Védelmet biztosít a káros szabadgyökökkel szemben, ezzel jelentős szerepet játszik bizonyos rákos megbetegedések megelőzésében [2]. Csökkenti továbbá a szív- és érrendszeri megbetegedések kialakulásának valószínűségét, a máj károsodását, a szürkehályog kialakulásának kockázatát, de megfelelő koncentrációban az immunrendszer legtöbb elemére is kedvező hatást gyakorol [3].

A szakirodalmi adatok tanúsága szerint a szelén szervezetben való hasznosulása csekély mértékű. Ennek oka többek között az, hogy az emésztőrendszerből való felszívódása korlátozott, a felszívódó szeléntartalmú vegyületek nagy része a vizelettel kiürül, a szervezetben maradt

mennyiség pedig nem hasznosul teljes mértékben [4]. Az előbbi okok, valamint Magyarország hiányos szelénellátottsága miatt szükség van ennek az ásványi anyagnak külső segítséggel történő pótlására, amely kétféleképpen történhet: egyrészt étrend-kiegészítők, másrészt megnövelt szeléntartalmú élelmiszerek fogyasztásával. Dolgozatunk témája mind állattudományi, mind élelmiszertudományi vonatkozásban jelentős lehet, mivel a tejtermékek mindennapi táplálkozásunk részét képezik, ezért alapvető szelénforrásként szolgálhatnak.

A szelén tehát a szervezet számára nélkülözhetetlen mikroelem, amelynek szerepe az elmúlt évtizedek kutatásainak köszönhetően jelentősen felértékelődött. Az 1930-as években még azt tartották róla, hogy toxikus nehézfém, amely nagyobb dózisban az élő szervezet pusztulásához vezet, 1943-ban azonban már karcinogén tulajdonságát is leírták [5]. Néhány év múlva kimutatták, hogy az étrend szelénnel történő kiegészítése csökkenti a daganatos megbetegedések számát [6], esszenciális szerepét pedig 1957-ben publikálták először, amikor állatkísérletek során bizonyítást nyert, hogy az

1 Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Élelmiszertechnológiai Intézet

2 Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszeredai Campus

élelemhez adott szelén megakadályozza a máj nekrozisát [7]. 1966-tól már rákellenes hatásáról is születtek tanulmányok [8].

A szelén környezetünkben (a talajban, a vízben, valamint az összes élő szervezetben) -2-es (szelenid), +4-es (szelenit) és +6-os (szelenát) oxidációs számú vegyületként fordul elő. A szelenátok és a szelenitek vízoldható vegyületek, így a vizekben leggyakrabban ezekben a formákban található meg [9]. A szervesetlen módosulatok mellett szerves kötésben lévő formái is ismertek, amelyekben a szelén szelenidként van jelen. Ezek leginkább a szeleno-aminosavak vagy azok származékai. A növényi eredetű élelmiszerek szeleno-metionint, az állati eredetűek pedig szeleno-metionint és szeleno-ciszteint is tartalmaznak. A szeleno-metionin az ember és a haszonállatok számára esszenciális mikroelem, szervesetlen forrásokból nem előállítható, a szervezetbe jutott szeleno-metionint azonban képes szeleno-ciszteinné alakítani [10].

Az elmúlt évtizedek során bebizonyosodott, hogy a szelén közvetett vagy közvetlen módon számos élettani folyamatban jelentős szerepet játszik. Hiánya olyan betegségek kialakulását és súlyosbodását okozhatja, mint például a súlyos kimenetelű szív- és agyi katasztrófák, a daganatos megbetegedések, a pajzsmirigy-működési zavarok, a különféle vírusok (influenza, HIV, ebola) terjedése, valamint a nemzőképességgel kapcsolatos problémák [11].

A szelén legfontosabb szerepe antioxidáns hatásából adódik, amely tulajdonságát a különféle enzimekkel való kapcsolódás során fejt ki. Kulcsfontosságú szerepet játszik a glutation-peroxidáz enzim működésében, amely hidrogén-peroxiddal és más káros hatású lipid- és foszfolipid hidroxidokkal reagálva megakadályozza a káros szabadgyökök keletkezését, gátolja a DNS-károsodást, valamint a metabolikusan aktív karcinogének kialakulását [12]. A szelén az enzimbe szeleno-ciszteinként épül be, ahol elfoglalja a kén helyét. A szervezet oxidáció elleni védekező rendszerében a szelén jelentőségét az a biokémiai tulajdonság biztosítja, hogy a kénnél könnyebben redukálódik [13].

A szelén az emberi szervezetben 10-15 mg mennyiségben található meg. Testünk csaknem minden sejtjében jelen van, de legtöbb a vesében, a májban, a lépben, a hasnyálmirigyben és a herékben halmozódik fel. A Magyar Élelmiszertudományi Könyv szerint a felnőttek számára ajánlott napi beviteli mennyisége (RDA) 55 µg/nap [14]. A WHO, a FAO és az IAEA szakértőiből álló bizottság 1996-os jelentése szerint maximálisan 400 µg Se/nap az a határérték, amely felett a szelén negatív, káros hatásaival kell számolni [15].

Az élelmiszerek szeléntartalma igen változó, élelmiszereink pedig általában keveset tartalmaznak belőle. A dél-amerikai brazil dió (*Bertholletia excelsa*)

szeléntartalma a legmagasabb; darabonként több mint 100 µg szelént is tartalmazhat [16]. Ételeink közül a leggazdagabb szelénforrásnak az állatok belső szervei és húsa, továbbá a tenger gyümölcsei számítanak. Mivel a napi étkezés során bevitt élelmiszerek szeléntartalma nem jelentős, a táplálék mennyiségének növelésével a szelénbevitel nem emelhető. Az emberi szervezet szelénszükséglete egyrészt étrend-kiegészítővel, másrészt szelénrel dúsított élelmiszerekkel fedezhető. Étrend-kiegészítővel az 1980-as évektől pótolhatjuk a szervezetünk számára szükséges tápanyagokat és élettani hatású anyagokat. Napjainkban számos olyan kapszula vagy tableta áll a fogyasztók rendelkezésére [17], amelyek főként szelenitet, szelenátot, szeleno-metionint vagy szelénrel dúsított élesztőt tartalmaznak és amelyekből az értékes nyomelem nagy része a leghatékonyabban hasznosítható.

A szelénrel dúsított funkcionális élelmiszerekben a szelén természetes vagy ahhoz közeli formában fordul elő. Az ilyen bonyolult technológiával készülő élelmiszerek előállításakor a szelén általában valamilyen tápanyag-kiegészítő révén jut el növény vagy az állat szervezetébe, majd az anyagcserével felszívódva biokémiai reakciók sorozatán keresztül éri el természetes formáját. Az átalakulások során a szelén oxidációs állapota megváltozhat, ezért fontos nyomon követni, hogy a növényi vagy az állati eredetű tápanyag milyen formában tartalmazza azt [18].

A tejfogyasztás csökkenése ellenére a tej mint alapvető élelmiszer megfelelő szelénforrásnak számít az ember számára. A tej szeléntartalma átlagosan 25 µg/l, így a tej és a tejtermékek 6–10%-ban járulnak hozzá a napi szelénbevitelhez [19]. A szarvasmarhák takarmányába adagolt szelén révén lehetőség kínálkozik a tej szeléntartalmának növelésére. A szelén-kiegészítés akár a szervesetlen nátrium-szelenit, akár a szerves szeleno-metionin, szeleno-cisztein vagy szelénrel dúsított élesztő adagolásával végezhető el. Az adalék kiválasztásánál azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni azt, hogy a kérődző állatok bendőjében a szelenit oldhatatlan szeleniddé vagy elemi szelénre is redukálódhat. Célszerű a szerves formát előnyben részesíteni, mert hatékonyabb a felszívódása és kevésbé toxikus, mint annak szervesetlen változata [20].

ANYAG ÉS MÓDSZER

KÍSÉRLETI PARAMÉTEREK, MINTAVÉTEL

A kísérletbe három szimentáli jellegű szarvasmarhát vontunk be. Ez a fajta alapvetően kettős hasznosítású, a magyar tarka egyik őse. Mindhárom kísérleti állat körülbelül 5 hónapos vemhes volt, a laktáció azonos fázisában jártak, a tejelő időszakban átlagos tejtermelésük 4000-5000 liter volt, valamint széna-

és kukoricaszilázs alaptakarmányon tartották őket. A kísérlet során mértük az alaptakarmány Se-tartalmát, majd további szelénkiegészítést végeztünk szelén-élesztővel. A naponta elfogyasztott alaptakarmány 0,42 mg szelént tartalmazott. Két héten keresztül 1 mg/tehen/nap, majd további két hétig 2 mg/tehen/nap mennyiségben adagoltunk az alaptakarmányhoz a megemelt szelén-tartalmú élesztőt (**1. táblázat**).

A szarvasmarhák tejének mintavételére a kísérlet folyamán hetente egyszer került sor. Az első két hétben – amikor még nem történt szelénkiegészítés – kontroll mintákat gyűjtöttünk. A méréshez a tehének teljesen kifejt tőgyének elegytejéből vettünk mintát, amit további feldolgozásig -18°C fokon mélyhűtve tároltunk. (A fagyasztás az általunk vizsgált elemtartalmat nem befolyásolta.)

TEJTERMÉKEK ELŐÁLLÍTÁSA

A kontroll-, valamint a 2 mg szelénkiegészítést kapott tehének tejből a Debreceni Egyetem Élelmiszertechnológiai Intézet Élelmiszeripari Innovációs Központjának tejüzemében gomolyát és ordát készítettünk.

GOMOLYA KÉSZÍTÉSE

A gomolya előállításához mintánként 10 liter nyers tehéntejből indultunk ki. A kontroll-, valamint a szelén-tesztet felhasználás előtt 65°C fokon 30 percig hőkezeltük, majd visszahűtöttük 36-38°C fokra. A sajttejhez 5 gramm/liter *Pressure Simple Brun* tejtöltőt adtunk, alaposan megkevertük, majd keverés nélkül 40 percig melegen tartottuk. Az alvadási folyamat végét az jelezte, amikor a tej elvált az alvasztó-edény falától és porcelán-szerűen törni kezdett. Ekkor az alvadékat sajtárfával körülbelül babszem nagyságúra aprítottuk és mozgatni kezdtük azért, hogy a felesleges savó egy része minél hamarabb eltávozzon a rögökből. Ezt követően a sajtötretet műanyag sajtformába szedtük és félóránként forgatva 24 órán át szikkasztottuk. Végül hűtőkamrában magas páratartalom mellett további egy hétig érleltük. A gomolyarögöket, illetve a friss gomolya sajt korongokat az **1. és 2. ábra** mutatja.

ORDA SAVÓS AJT KÉSZÍTÉSE

Az orda (savósajt) előállításához a sajt készítésénél fennmaradt savót összegyűjtöttük, majd a megfelelő edénybe töltve forralni kezdtük. Amikor a savó

1. táblázat: A szelénkiegészítés mértéke a kísérlet alatt
Table 1: Amount of selenium supplementation during the experiment

| A hetek száma No. of weeks | Szelénkiegészítés (mg) tehen/nap Selenium supplementation (mg) cow/day |
|-------------------------------|---|
| 1-2 | 0 |
| 3-4 | 1 |
| 5-6 | 2 |



1. ábra: Gomolyarögök
Figure 1: Smearcase cheese lumps



2. ábra: Friss gomolyasajtkorongok
Figure 2: Fresh smearcase cheese wheels

hőmérséklete elérte a 94-95°C fokot, hozzáadtunk egy evőkanányi citromsavat és a megfelelő minőségű pelyhes csapadékot (a savófehérjét) egy sajtruhán keresztül leszűrtük. A terméket mérésig hűtőszekrényben 4°C fokon tároltuk.

A SZELÉNTARTALOM MEGHATÁROZÁSA

A mintákat kétlépcsős roncsolással készítettük elő a szelén analízisére. A roncsoló-csővekbe egyenként 2,00±0,01 gramm mintát mértünk. Az előroncsoláshoz 10 cm³ tömény HNO₃-at adtunk a mintákhoz, amelyeket ezt követően egy éjszakán át állni hagyunk, majd blokkroncsolóban 60°C fokon 30 percig melegítettünk. A főroncsoláshoz 3 cm³ 30%-os H₂O₂-ot adtunk, majd a mintákat ismételtelen a blokkroncsolóba tettük és 90 percig 120°C fokon tartottuk. Ezt követően a mintákat szobahőmérsékletre hűtöttük, térfogatukat ioncserélt vízzel 50,0 cm³-re beállítottuk, majd „Filtrak 388” szűrőpapíron átszűrtük.

A szeléntartalom méréséhez induktív csatolású plazma tömegspektrométert (ICP-MS) használtunk (Thermo Scientific X-1 Series 2). A meghatározáshoz fémanalitikai mérésekhez előállított, ioncserélt vízzel készített kalibráló oldatokat készítettünk. A kalibrációs görbe 0,0 és 100 µg/kg koncentrációtartományt fogott át. A 11 pontos kalibrációs görbe linearitása r²=0,9999 volt, a kimutatási határ pedig 0,06 µg/L. A kalibrációhoz Scharlau gyártmányú (katalógusszáma: SE00110500), 1 gramm/liter koncentrációjú szelén-referencia törzsoldatból 100 µg/L munkaoldatot készítettünk, amelyet hűtőszekrényben 4°C fokon tároltuk. A mérések napján ebből hígítottuk a kalibrációs oldatokat, rendre 0; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100 µg/L koncentrációkban. A méréseket a roncsolt mintákból egyenként három párhuzamos elemzéssel végeztük. A plazma hőmérséklete 6000°C volt.

STATISZTIKAI ANALÍZIS

A három párhuzamos elemzésből nyert mérési adatok statisztikai analízisét SPSS 20.0 (IBM SPSS Statistics, 20.0) programmal végeztük el. A szignifikanciaszintet minden esetben 5%-ra állítottuk. A csoportok közötti szignifikáns különbségeket a legkisebb szignifikáns differencia (LSD, Least Significance Difference) teszttel értékeltük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A tejminták szeléntartalma a takarmányhoz adagolt szelénkiegészítés hatására jelentősen megemelkedett. A három párhuzamos elemzéssel kapott vizsgálati eredményeink átlagértékeit a **2. táblázat** tartalmazza, illetve a **3. ábra** mutatja.

A statisztikai elemzésből kiderült, hogy a kezelt és a kontroll-, vagyis a kezeletlen tehének teje között szignifikáns a különbség: a kontroll csoporthoz képest a szelénadagolás hatására a tejben található szelén mennyisége megnőtt. A kontroll tejhez viszonyítva a kísérlet 3-4. hetére 73%-kal, az 5-6. hétre pedig további 71%-kal emelkedett a szelén mennyisége, így a két mg Se/tehen/nap kiegészítés hatására a tej majdnem háromszor több szelént tartalmazott, mint a csak alaptakarmányt fogyasztóké.

A kontroll időszakban és a legnagyobb szeléndózis adagolásakor vett teljes tejből hőkezelés után friss sajt (gomolyát) a sajtgyártásból visszamaradt savóból pedig ordát készítettünk. A tejtermékeket az egyetem gyakorló tejüzemében állítottuk elő; az elemtartalom-vizsgálat is a campuson történt.

Az általunk előállított termékek vizsgálatára vonatkozó eredményeket a **3. ábra** szemlélteti. Zöld színnel a kontroll csoport, míg sárga színnel a szelénes kezelést kapott tehének tejből készült termékek eredményei láthatók. A vízszintes (x) tengelyen a tejtermékek, míg a függőleges (y) tengelyen a szeléntartalom olvasható le. Látható, hogy a teljes tejhez viszonyítva mind a sajtban, mind az ordában feldúsult a szelén mennyisége. A kontroll-, valamint a kezelt tejből készült termékek eredményei között szignifikáns a különbség. Ezzel sikerült bizonyítani, hogy az emelt szelén-tartalmú tejből készíthetők magas szeléntartalmú tejtermék, hiszen a takarmányhoz adagolt szelén egy része megjelenik a tejben és a tejtermékekben egyaránt.

A teljes tej esetében két mg szelénkiegészítés hatására a szeléntartalom 18 µg/kg-ról 53 µg/kg-ra emelkedett. Ez a tej szolgált az általunk készített tejtermékek alapjául. A kezelt tehének tejből készült gomolyasajtban 200,0 µg/kg szelén volt kimutatható, míg a kontroll változatban mindösszesen 88,6 µg/kg. A savóból készített orda esetében is hasonló eredmény született: a szelénes tejből készült orda

2. táblázat: A napi szelénbevitel és a tejmintáink szeléntartalmának átlagai
Table 2: Daily selenium intake and the mean selenium content of milk samples

| Kísérlet hete <i>Experimental week</i> | Napi szelénbevitel (mg/tehen) <i>Daily selenium intake (mg/cow)</i> | A tej szeléntartalma (mg/kg) <i>Selenium content of milk (mg/kg)</i> |
|---|--|---|
| 1-2 | 0.42 | 0.018 |
| 3-4 | 1.42 | 0.031 |
| 5-6 | 2.42 | 0.053 |

167,2 µg/kg, míg a szelénkiegészítést nem kapott tehének tejből készült orda 80,8 µg/kg értékes nyomelemet tartalmazott.

KÖVETKEZTETÉSEK

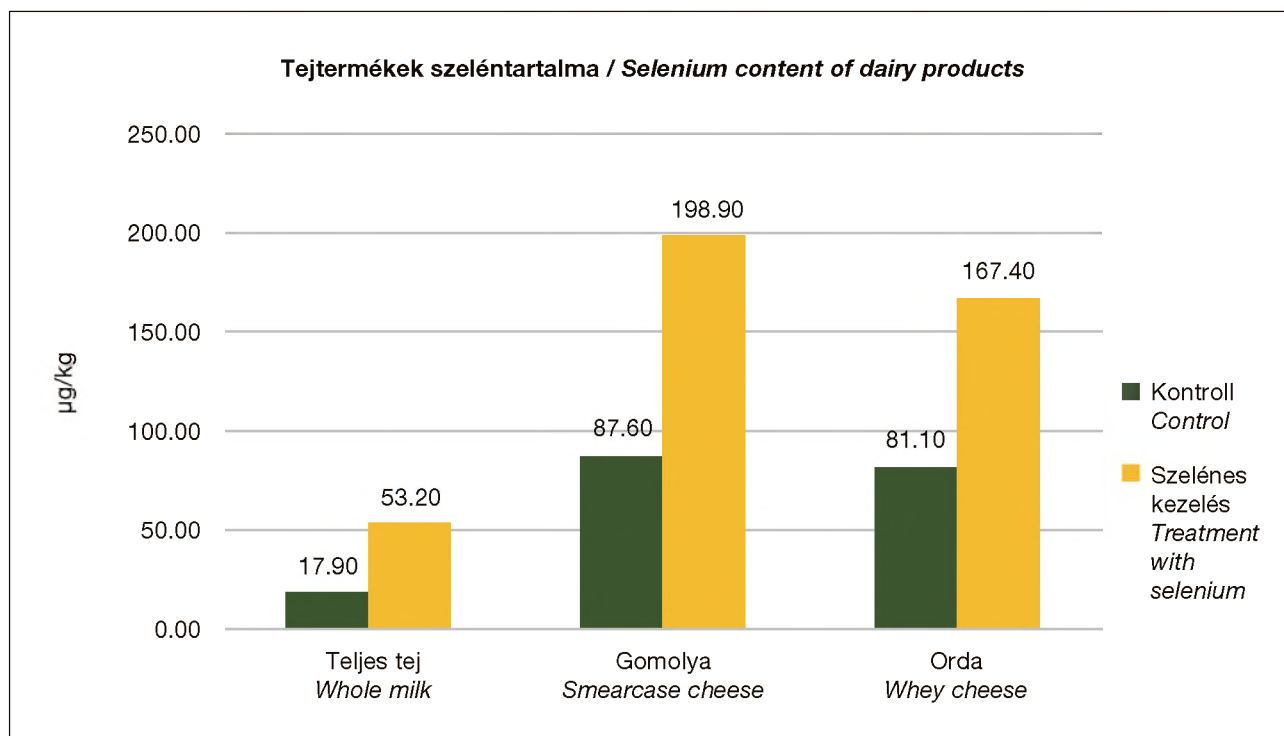
A tejtermékek mindennapi táplálkozásunk részei, a szelén pedig szervezetünk számára elengedhetetlen, esszenciális mikroelem, amelynek hiányában különböző betegségek alakulhatnak ki. Magyarország a szelénnel hiányosan ellátott területek közé tartozik, így célszerű lenne javítani a lakosság szelénstátuszán. Kutatásainkban olyan termék-, illetve termékcsoport kialakításán dolgoztunk, amelynek fogyasztása révén a szelén egészségvédő hatása érvényesülhet. A tej és a tejtermékek szeléntartalmának növelése azért volt számunkra kézenfekvő, mert ezt a termékcsoportot a lakosság nagy része fogyasztja, így akaratlanul is hozzájuthatnak a már említett mikroelemhez.

Vizsgálatainkban szarvasmarhákkal 1-2 mg-mal megemelt szeléntartalmú takarmányt etettünk, és figyeltük a tej szeléntartalmának alakulását. Napi 2 mg szelén adagolását még biztonságosnak találtuk az állatok számára, ezért ekkora dózis adagolása mellett vett tejet választottuk a humán táplálkozásra szánt élelmiszer előállítására. Kísérleteink során 1 mg szelén-kiegészítés hatására a tej szeléntartalma 18 µg/kg-ról 31 µg/kg-ra, 2 mg kiegészítéskor pedig 53 µg/kg-ra nőtt. A tejből sajtot és ordát állítottunk elő. A sajt esetében 88,6 µg/kg szeléntartalmat mértünk a kezeletlen tehének tejből készült termékben,

míg szelénnel kiegészített takarmányozásnál ennek több, mint a kétszeresét, vagyis 200,0 µg/kg-ot. Az orda esetében hasonló esetben a szeléntartalom 80,8 µg/kg-ról 167,2 µg/kg-ra nőtt. Megállapítottuk, hogy 2 mg szelén-kiegészítés hatására kapott tejből készült gomolya és orda majd két és fél-háromszor annyi szelént tartalmazott, mint a szelénkiegészítés nélküli tejből készült változatok.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.



3. ábra: Tejtermékek szeléntartalma
Figure 3 Selenium content of dairy products