

**DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS**

**DR. JUHÁSZNÉ TÓTH RÉKA**

**DEBRECEN**

**2024**

**DEBRECENI EGYETEM**  
**ÁLLATTENYÉSZTÉSI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA**

Doktori Iskola vezető:

**PROF. DR. KOMLÓSI ISTVÁN**  
*egyetemi tanár, az MTA doktora*

Témavezető:

**PROF. DR. CSAPÓ JÁNOS**  
*professor emeritus, az MTA doktora*

**SZELÉNNEL DÚSÍTOTT TEJ ÉS TEJTERMÉKEK ELŐÁLLÍTÁSA**

Készítette:

**DR. JUHÁSZNÉ TÓTH RÉKA**  
*doktorjelölt*

**Debrecen**  
**2024**

# SZELÉNNEL DÓSÍTOTT TEJ ÉS TEJTERMÉKEK ELŐÁLLÍTÁSA

**Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében  
az állattenyésztési tudományok tudományágban**

**Írta: DR. JUHÁSZNÉ TÓTH RÉKA**

okleveles élelmiszerbiztonsági és -minőségi mérnök

Készült a Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola  
(Állatitermék-előállítás programja) keretében.

Témavezető: PROF. DR. CSAPÓ JÁNOS, D.SC.

## **Az értekezés bírálói:**

név	fokozat	aláírás
_____	_____	_____
_____	_____	_____

## **A bírálóbizottság:**

	név	fokozat	aláírás
elnök:	_____	_____	_____
tagok:	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
titkár:	_____	_____	_____

**Az értekezés védésének időpontja:** \_\_\_\_\_

## Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés .....	6
2.	Szakirodalmi áttekintés .....	8
2.1.	A szelén előfordulása .....	8
2.2.	A szelén szerepe az emberi szervezetben, hiánya, toxicitása .....	9
2.3.	A szelén pótlásának lehetőségei .....	12
2.4.	Szelénnel dúsított növények előállítása .....	13
2.5.	A szelén szerepe az állatok takarmányozásában .....	14
2.6.	Szelénnel dúsított állati eredetű termékek előállítása .....	15
2.7.	Szelenizált élesztő .....	16
2.8.	A tej, mint szelénpótlék .....	17
2.9.	Tejtermelés .....	18
2.9.1.	A tej képződése, leadása .....	19
2.9.2.	A tej összetétele .....	20
2.9.3.	Tőgygyulladás (mastitis) .....	21
2.10.	Műszeres analitikai mérés: ICP-MS .....	22
2.10.1.	Az ICP-MS felépítése, működési elve .....	22
3.	Anyag és módszer .....	24
3.1.	Előkísérlet .....	24
3.1.1.	Kísérleti paraméterek, mintavétel .....	24
3.1.2.	Tejtermékek előállítása .....	25
3.2.	Szelénes premix készítése .....	26
3.3.	Szelénes etetési kísérlet intenzív tejelő fajtával .....	26
3.3.1.	A kísérlet helyszíne, résztvevő egyedek .....	27
3.3.2.	Mintavétel, a minták tárolása .....	28
3.4.	Tejtermékek készítése .....	28
3.4.1.	Az alapanyagul szolgáló tejek vizsgálata .....	28

3.4.2.	Joghurt készítése.....	30
3.4.3.	Kefir készítése .....	30
3.4.4.	Túró készítése.....	31
3.4.5.	Sajtok készítése .....	31
3.4.6.	Orda készítése.....	32
3.5.	Elemtartalom vizsgálat .....	32
3.5.1.	Mintaelőkészítés .....	32
3.5.2.	ICP-s mérés .....	33
3.6.	Statisztikai elemzés .....	33
4.	Eredmények és értékelésük .....	35
4.1.	Az előkísérlet eredményei .....	35
4.1.1.	Tejminták vizsgálata.....	35
4.1.2.	Tejtermékek vizsgálata.....	36
4.2.	Főkísérlet eredményei .....	37
4.2.1.	Tejminták analízise.....	38
4.2.2.	A tej szeléntartalmának vizsgálata egyedenként .....	45
4.2.3.	Tejtermékek vizsgálata.....	57
4.2.4.	A tej mikroelemtartalmának összefüggése a Se-tartalommal .....	63
5.	Következtetések, javaslatok .....	69
6.	Új tudományos eredmények .....	71
7.	Gyakorlatban alkalmazható eredmények .....	72
8.	Összefoglalás .....	74
9.	Summary.....	77
	Irodalomjegyzék.....	80
	Mellékletek.....	96
	Publikációs jegyzék.....	100

## 1. BEVEZETÉS

Az embereket mindig is érdekelte, hogy mivel tudnának magasabb minőséget, jobb terméket előállítani. A szelénről kiderült, hogy kis mennyiségben szüksége van rá mind az állati, mind az emberi szervezetnek. Már 1943-ban kimutatták rákellenes hatását, azóta egyre több eredmény született a szelén pozitív élettani hatásáról.

A szelén szervezetünk számára nélkülözhetetlen, az életműködéshez elengedhetetlen ásványi anyag, ami szinte minden sejtünkben jelen van. Önmagában is antioxidáns hatású, de létfontosságú szerepet játszik a glutation-peroxidáz nevű enzim működésében is, amely a szervezetbe kerülő mérgekkel szemben fejt ki védőhatást. Védelmet biztosít a káros szabadgyökökkel szemben, ezzel jelentős szerepet játszik bizonyos rákos megbetegedések megelőzésében. Csökkenti a szív- és érrendszeri problémák kialakulását, a máj nekrozisát, a szürkehályog kialakulásának kockázatát, de az immunrendszer valamennyi összetevőjére is hatással van.

A Föld számos területén, többek között Magyarországon is, a talaj szelénben szegény, ezért a táplálékkal nem tudnak az emberek elegendő szelénhez jutni. A szakirodalmi adatok tanulsága szerint ezen elem szervezetben való hasznosulása csekély mértékű. Ennek okai, hogy korlátozott az emésztőrendszerből való felszívódása, a felszívódó szeléntartalmú vegyületek nagy része a vizelettel kiürül, a szervezetben maradt mennyiség pedig korlátozottan hasznosul. Az előbbi okok, valamint Magyarország hiányos szelénellátottsága miatt szükség van ennek az ásványi anyagnak a pótlására. A szelénpótlásra két lehetőség adódik: egyrészt étrendkiegészítők szedésével, másrészt a megnövelt szeléntartalmú táplálékok fogyasztásával.

Növényi élelmiszereink szelénrel történő dúsítása viszonylag egyszerű. Felmerült annak a lehetősége, hogy nemcsak a növényi, de az állati eredetű termékeket is dúsítsuk szelénrel, ezáltal a táplálékkiegészítőket kiváltva képesek legyünk az alapétrendünkbe építeni azokat. Kutatásunkban szeretnénk egy olyan termékcsoport gyártására ajánlást kidolgozni, amely a lakosság szelénszükségletének kielégítését szolgálhatná.

Mi ez utóbbi módszert választottuk, melynek során megnövelt szeléntartalmú tejet, abból pedig magas szeléntartalmú tejtermékeket állítottunk elő. Olyan kérdésekre kerestünk választ, mint például:

- a szerves kötésben lévő szelén takarmányba keverve megváltoztatja-e a tej szeléntartalmát és ha igen, milyen mértékben?
- elraktározódik-e a szelén és a kiürülése megfigyelhető-e a tejen keresztül?

- ha megemelhető a tej szeléntartalma a takarmányozással, biztonságos-e a lakossági fogyasztása?
- a (véltetően) megemelkedett szeléntartalom okoz-e technológiai nehézséget tejtermékek előállításakor?
- a szelén valószínűleg a tejfehérjéhez kötődik, de mely frakcióhoz?

Munkánk mind állattudományi, mind élelmiszer-tudományi vonatkozásban jelentős lehet, hiszen a tej és a tejtermékek, mivel naponta fogyasztjuk őket, alapvető szelénforrásnak számítanak, és az optimális táplálkozás alig képzelhető el nélkülük. Fontos lehet gazdasági szempontból is: a kutatási eredmények egy új funkcionális termékcsalád kidolgozását támogathatnák.

## 2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A szelén olyan, a szervezet számára nélkülözhetetlen mikroelem, amelynek a szerepe az elmúlt évek kutatásainak köszönhetően jelentősen felértékelődött. A szelént 1817-ben Berzelius és Gahn fedezte fel (SZÉLES és mtsai, 2007).

Az 1930-as években még azt tartották róla, hogy toxikus nehézfém, amely nagyobb dózisban az élő szervezet pusztulásához vezet (VERNIE, 1984). 1943-ban már a karcinogén tulajdonságát is leírták (NELSON és mtsai, 1943). Néhány év múlva kimutatták, hogy a szelén-kiegészítés csökkenti a daganatos megbetegedések számát (CLAYTON – BAUMAN, 1949). A szelén esszenciális szerepét először 1957-ben publikálták, amikor patkánykísérletek során bebizonyosodott, hogy az élelemhez adott szelén megakadályozta a máj nekrozisát (SCHWARZ – FOLTZ, 1957). 1966-tól olvashatunk a rákellenes hatásáról (SHAMBERGER – RUDOLPH, 1966). 1973-ban a szeléntől függő enzimfehérjék aktivitását vizsgálták (TURNER – STADTMAN, 1973). A glicin-reduktáz a baktériumokban, a glutation-peroxidáz pedig az emlősállatokban található meg (ROTRUCK és mtsai, 1973). 1976-ban felfedezték a glicin-reduktázt és a szeleno-ciszteint is (CONE és mtsai, 1976; SLIWKOWSKI – STADTMAN, 1988).

A kutatóknak be kellett látniuk, hogy a szervezet összes szeléntartalmából nem lehet következtetni a szelénellátottságra. A szelén-kiegészítéshez alkalmazandó szelénforma kiválasztásakor számolni kell toxicitással, hozzáférhetőséggel, és tanulmányozni kell a szervezetben történő felszívódásukat is (THOMASSEN – NIEBOER, 1995). Vizsgálni kell az oxidációs állapotot és más anyagokkal történő komplexképzést, így a speciációs analitika segítségével meghatározható a szelénmódosulatok eloszlása és mennyisége (EBDON és mtsai, 2001).

### 2.1. A szelén előfordulása

A szelén környezetünkben elemi formában csak nagyon ritkán található meg; az 54. leggyakoribb elem (CRAIG, 1986). A talajban, a vízben, valamint az összes élő szervezetben -2-es (szelenid), +4-es (szelenit), és +6-os (szelenát) oxidációs állapotú vegyületeként fordul elő (SWAINE, 1955; GÓMEZ-ARIZA és mtsai, 1998), de ezen formák előfordulása függ a környezeti hatásoktól (SKINNER, 1999). A szelenátok és a szelenitek vízoldható vegyületek, így a vizekben a szelén leggyakrabban ezekben a formákban fordul elő (GÓMEZ-ARIZA és mtsai, 1999).

A szervetlen módosulatok mellett ismertek a szerves kötésben lévő formái is, amelyekben a szelén szelenidként van jelen (McSHEEHY és mtsai, 2000; MICHALKE és mtsai, 2001). Ezek leginkább szelено-aminosavak, vagy azok származékai. A növényi eredetű élelmiszerek szelено-metionint, az állati eredetűek pedig szelено-metionint és szelено-ciszteint is tartalmaznak. A szelено-metionin az ember és az állatok számára esszenciális, szervetlen forrásokból ezt nem tudják előállítani, de a szervezetbe bejutott szelено-metionint szelено-ciszteinné át tudják alakítani (BEILSTEIN – WHANGER, 1986).

## **2.2. A szelén szerepe az emberi szervezetben, hiánya, toxicitása**

Bebizonyosodott, hogy a szelén közvetett vagy közvetlen módon számos élettani folyamatban játszik jelentős szerepet.

Táplálékaink a szelént szelено-metionin (SeMet) és szelenit formájában tartalmazzák. A szelenit a szervezetünkben a glutation enzim hatására a tiolokkal lép reakcióba. A redukció hatására a szelenát szelenitté alakul, majd hidrogénionokkal egyesülve  $H_2Se$  keletkezik. A szelено-metioninból a különböző folyamatokon keresztül szelено-cisztein keletkezik, ami a  $\beta$ -liáz enzim hatására hidrogén-szeleniddé bomlik. Egy másik reakcióban metabolizálódhat, és kb. 90%-a beépül a szervezetünk fehérjéibe (MITCHELL és mtsai, 1976).

A vázizomba a táplálékkal bevitt szelено-metionin és -cisztein is be tud épülni, azonban az anyagcserében részt vevő szelено-proteinek csak a szervezetben létrejött szelено-ciszteint képesek felvenni (LEVANDER – BURK, 1996). Ezen szeléntartalmú fehérjék mennyisége szelénhiányos táplálkozás esetén csökken, működésük leáll. Már a XX. században is ismert volt szerepük, és többet közülük sikerült is azonosítani, mint például a pajzsmirigyhormonok aktiválásáért felelős jodotironin-dejodinázt (ARTHUR és mtsai, 1990; ALLAN és mtsai, 1999), vagy a szeléntranszportot is végző szelenoprotein P-t (UNGVÁRI, 2015).

Átlagos szelénbevitel mellett a felesleg a vizelettel szelено-aminocukor formában kiürül, de ha nagy mennyiségben kerül a szervezetbe, akkor a respirációs folyamatokon át dimetil-szelenidként kilélegezzük, míg a vizelettel trimetil-szelenonium ionként ürülhet ki (SUZUKI – OGRA, 2002; KOBAYASHI és mtsai, 2002; BENDHAL – GAMMELGAARD, 2004).

A szelén legfontosabb szerepe az antioxidáns hatásából adódik. Ezt a tulajdonságát a különféle enzimekkel való kapcsolódás során fejt ki (AWASHTI és mtsai, 1975; RIGÓ, 2002; MOLNÁR, 2013). 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 gyulladási folyamatok kialakulását, a DNS-károsodást és a metabolikusan aktív karcinogének kialakulását (STEINBRENNER – SIES, 2009; KARAG és mtsai, 1998). Mennyiségét a szervezetünkben lévő szelén és redukált glutation mennyisége határozza meg (MEISTER – ANDERSON, 1983). A szelén az enzimbe szeleno-ciszteinként épül be, ahol a kén helyét foglalja el. A szervezet oxidáció elleni védekező rendszerében biokémiai jelentőségét az adja, hogy a kénnél könnyebben redukálódik (CSER – SZIKLAI-LÁSZLÓ, 1998).

A jodotirozin-dejodináz enzim segíti a T<sub>3</sub> és a tiroxin hormonok előállítását és működését, ezért a szelén nélkülözhetetlen a növekedéshez és a normális pajzsmirigyműködéshez (WILSON és mtsai, 1992; HOLBEN – SMITH, 1999). A tioredoxin-reduktáz szabályozza a sejtnövekedést (MUSTACICH és POWIS, 2000), míg a szelenoprotein-N a normál izomfejlődésért felelős (ZHANG és mtsai, 2012).

A teljesség igénye nélkül elmondható, hogy védi a szervezetet egyes vírusokkal szemben, csökkenti a kockázatát a kardiovaszkuláris betegségek, a reumás eredetű ízületi megbetegedések, a zsírmáj, valamint a policisztás ovárium szindrómával (PCOS – Polycystic Ovary Syndrome) összefüggő inzulinrezisztencia és diszlipidémia kialakulásának (WEEKS és mtsai, 2012; KANAFCHIAN és mtsai, 2018; SHIDFAR és mtsai, 2018; HAJIZADEH-SHARAFABAD és mtsai, 2019; PECORARO és mtsai, 2022; ALSHAMMARI és mtsai, 2022). Bár a szelén pozitív élettani hatása vitathatatlanak tűnik, Stranges és munkatársai tanulmányukban arra hívják fel a figyelmet, hogy hosszú távú alkalmazása 200 µg/nap mennyiségben elősegítheti a 2-es típusú diabétesz kialakulását, de Steinbrenner és munkatársai legújabb tanulmányukban rámutattak arra, hogy a mérhető szeléntartalmú markerek nem a kiváltó oka, hanem a következménye a diabétesznek. Dias és munkatársai pedig megerősítették, hogy a szelénbevitel nincs hatással a 2. típusú cukorbetegség kialakulására (STRANGES és mtsai, 2007; DIAS és mtsai, 2021; STEINBRENNER és mtsai, 2022).

A szelén antioxidáns tulajdonsága révén képes megakadályozni az LDL (low density lipoprotein - alacsony sűrűségű lipoprotein) koleszterin oxidációját (GEY, 1998),

csökkenteni a gyulladást, erősíti az immunrendszert, segíti a szervezet oxidatív stressz elleni védekezését, így közvetve csökkenti a HIV virulenciáját (DWORKIN, 1994; STONE és mtsai, 1997; WEEKS és mtsai, 2012). Csökkenti egyes toxikus elemek, mint pl. az arzén, a kadmium vagy a higany toxicitását úgy, hogy azokkal oldhatatlan vegyületet képezve gátolja felszívódásukat (FEROCI és mtsai, 2005; ZWOLAK, 2020). Terhes nőknél a szelénhiány növeli a vetélés, a preemclampsia, az IGT (csökkent glükóztolerancia) előfordulását, míg magzatiaknál növeli a koraszületés kockázatát, valamint hátráltatja a mentális és motorikus fejlődést (OJEDA és mtsai, 2021; NOGALES és mtsai, 2013; MAO és mtsai, 2016; JIANG és mtsai, 2019; FARIAS és mtsai, 2020).

A változatosan táplálkozó emberek esetén a szelénhiány kialakulásának kockázata kicsi, azonban szelénhiányos területeken, amilyen például Magyarország is (GONDI és mtsai, 1992), egészségügyi kockázatot jelenthet a tartósan szelénszegény táplálkozás (ELLIS – SALT, 2003).

A szelén hiánya évente fél-egymilliárd embert érint (COMBS, 2001). Sok betegség kialakulását és súlyosbodását okozhatja, mint például a depresszió (FINLEY – PENLAND, 1998), a szív- és agyi katasztrófák, daganatos megbetegedések. Hiányában kialakulhat pajzsmirigy-működési zavar, romlik a férfiak nemzőképessége (REILLY, 1998). Egyes kutatások szerint gátolja egyes vírusok (influenza, HIV, Ebola) terjedését (TAMÁS, 2000; KOPEL és mtsai, 2022), de még az öregedést is késleltetheti (HADEMAR, 1988)!

Hiánybetegsége a Kínában felfedezett Keshan-kór, amely főként gyerekeket érint, és a szív funkcionális zavarát, szívizomsorvadást okoz (LEI és mtsai, 2011). A Keshan-Beck szindróma (degeneratív ízületi betegség) szintén összeköthető a szelénhiányos táplálkozással (BURKE – OPEKIN, 2002). Újabb kutatások szerint a nem megfelelő szelénellátottság összefüggésbe hozható a koraszületéssel, a Down-kórral és a csecsemőkori kreténizmus kialakulásával is (CHANOINE, 2003; ANI és mtsai, 2007; FREITAS, 2014).

A szelén az emberi szervezetben 10-15 mg mennyiségben található meg (RAYMAN, 2000). Testünk csaknem minden sejtjében jelen van, de legtöbb a vesében, a májban, a lépben, a hasnyálmirigyben és a herékben halmozódik fel, kimutatása legkönnyebben a vérplazmából, hajból, körömből és vizeletből történhet (FERREIRA és mtsai, 2021). A Magyar Élelmiszerkönyv szerint a felnőttek számára ajánlott napi beviteli mennyisége (RDA - Recommended Dietary Allowance) 55 µg/nap. 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 (ARTHUR, 1991; REILLY, 1996). A szelenózis első tünetei a fémesség, fokhagymaszagú lehelet, krónikus esetben hajhullás, a körmök elvesztése, bőrkiütések, a fogak elszíneződése, végső esetben idegrendszeri rendellenességek (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1983; MACFARQUHAR és mtsai, 2010). Halált akut szelénmérgezés csak ritkán okozhat, a szelén letális dózisa 5-10 mg/ttkg (OLSON, 1986). Ez a mennyiség csupán táplálék útján egyszerre nem vihető be a szervezetbe (UNGVÁRI, 2015).

1. táblázat: A Se ajánlott napi bevitele (RDA) és a legmagasabb tolerálható mennyiség (UL – Upper Limit) összehasonlítása

Életkor (év)	RDA (µg Se/nap)	UL (µg Se/nap)
1-3	20	90
4-8	30	150
9-13	40	280
14-18	55	400
19-	55	400

Forrás: INSTITUTE OF MEDICINE, 2000

### 2.3. A szelén pótlásának lehetőségei

Az élelmiszerek szeléntartalma igen változó, általában elmondható, hogy keveset tartalmaznak. A dél-amerikai brazil dió (*Bertholletia excelsa*) szeléntartalma a legmagasabb, darabonként több mint 100 µg-ot is tartalmazhat (CHANG, 1995). Ételeink közül a leggazdagabb szelénforrásnak az állatok belső szervei és a tengeri eredetű élelmiszerek, majd az állati húsok számítanak (KIELISZEK, 2019). Mivel a napi étkezés során bevitt élelmiszerek szeléntartalma nem jelentős, a táplálék mennyiségének növelésével a szelénbevitelt nem lehet növelni. A szelénszükségletünket egyrészt étrendkiegészítőkkel, másrészt szelénrel dúsított élelmiszerekkel lehet fedezni (WANG és mtsai, 2017). Étrendkiegészítőkkel az 1980-as évektől pótolhatjuk a szervezetünk számára szükséges tápanyagokat és élettani hatású anyagokat (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989). Napjainkban különböző szelénformát tartalmazó kapszulázott vagy tablettázott termékek állnak rendelkezésünkre (XIA és mtsai, 2005; HORACSEK és

mtsai, 2006). Magas szeléntartalmú kapszulázott táplálékkiegészítőt már a Debreceni Egyetemen (ESZENYI és mtsai, 2011) is előállítottak. Ezek a termékek főként szelenitet, szelenátot, szeleno-metionint vagy szelénvel dúsított élesztőt tartalmaznak (KUBACHKA és mtsai, 2017).

A szelénvel dúsított funkcionális élelmiszerekben a szelén a természetes vagy ahhoz közeli formában fordul elő (CSAPÓ és mtsai, 2016). Az ilyen, bonyolult technológiával készülő élelmiszerek előállításakor a növénynek vagy az állatnak tápanyag-kiegészítőként adják a szelént, amely több átalakuláson megy át, és éri el természetes formáját (MEHDI – DUFRASNE, 2016; GUPTA – GUPTA, 2017; LIMA és mtsai, 2018; GU – GAO, 2022). Az átalakulások során a szelén oxidációs állapota megváltozhat, ezért fontos annak nyomon követése, hogy a növényi vagy állati eredetű tápanyag milyen formában tartalmazza azt. A szelénvel dúsított fokhagyma rákmegelőző hatásáról már beszámoltak (IP – LISK, 1995), de készült már Magyarországon is szelén kenyér, péksütemények, csiperkegomba, tojás és margarin is (TELEGDY KOVÁTS – BERNDORFER-KRASZNER, 1981; KAROSI és mtsai, 2008; TÓÁSÓ és mtsai, 2008; LAZO-VÉLEZ és mtsai, 2015; BABINSZKY, 2019; STABNIKOVA és mtsai, 2019).

#### **2.4. Szelénvel dúsított növények előállítása**

A növények a műtrágyázással vagy permetezéssel kijuttatott szelenitet szerves szelénformákká képesek alakítani. A szeléndúsításra ez a módszer az állatok és emberek számára biztonságosnak tekinthető, mert a növényi élelemmel elfogyasztott szelén túladagolásának esélye kicsi (TERRY és mtsai, 2000). Még szelénben gazdag talajokon sem éri el a szárazanyag tartalomra vetítve a szeléntartalom a 10 mg/kg értéket. A legtöbb növény mindössze 1-2 mg/kg Se-t tartalmaz, de vannak olyanok, amelyek nagyobb mennyiséget képesek akkumulálni. Elsősorban a keresztes- és pillangósvirágúak családjába tartozó növények képesek akár több ezer µg/kg Se felhalmozására (ELLIS – SALT, 2003; WHITE, 2016; PILON-SMITS, 2019). Ez azzal magyarázható, hogy a növények főként metil-szeleno-ciszteint szintetizálnak, mely hosszú ideig elraktározódik (BROWN – ARTHUR, 2001), de mivel a szövetekbe nem épül be, ezért toxikus szelénmennyiségű talajok tisztítására is alkalmasak (BAÑUELOS és mtsai, 2011). Normál Se-tartalom esetén az elem beépül a növényi fehérjékbe, majd szelenciszteinként és szeleno-metioninként kerül az élelmiszerekbe és a takarmányba. A szelénvel dúsított fok- és zöldhagyma, a snidling és a brokkoli esetében metil-szeleno-

cisztein fordul elő (IP és mtsai, 1992; FINLEY és mtsai, 2005; KÁPOLNA – FODOR, 2007). Vizsgálták a búza, a kukorica, a rizs és a szója szelénfelvételét is (BEILSTEIN és mtsai, 1991; TAMÁS – CSAPÓ, 2015), és arra jöttek rá, hogy ezekben a növényekben a szelén főként szeleno-metioninként van jelen.

Növények esetében a szeléntartalom emelésére alkalmazhatnak különböző szeléntartalmú mű- vagy levéltrágyákat (TVEITNES és mtsai, 1995; WANG és mtsai, 2022). Állatok esetében az állati szövetek szeléntartalmának növelésére felhasználhatók a szerves szelénformák, de jobb, ha az állat takarmánya is szerves kötésű szelént, például szelénrel dúsított takarmánynövényt tartalmaz (HIDIROGLOU – JENKINS, 1975; WICHTEL, 1998).

## **2.5. A szelén szerepe az állatok takarmányozásában**

A szelénhiány különböző betegségek kialakulásához vezethet embereknél, de hiánya károsan hat az állatok szervezetre is. Florian és munkatársai megállapították, hogy a szelénben szegény takarmányon nevelt egerek vastagbélének falában sejthalál következett be (FLORIAN és mtsai, 2010). Vizsgálták a szelénes etetés hatását a teljesség igénye nélkül például brojlercsirkékre, fűjre, valamint vadkacsákra és megállapították, hogy a szelénhiány állatoknál okozhat izomsorvadást, vérszegénységet, terméketlenséget, növekedési zavart, szívbetegséget, és nő az egyéb betegségekre való hajlam (SPEARS és mtsai, 1986; HEINZ – FITZGERARD, 1993; DREDGE, 2005; WANG és mtsai, 2011). A szelén adagolása nemcsak hiánytünetek és betegségek megelőzésére lehet jó, hanem a hőstressz hatását is csökkenti (DEL VESCO és mtsai, 2016; MOHAMED és mtsai, 2016; HE és mtsai, 2022; ZHENG és mtsai, 2022). Szarvasmarháknál a szelénhiány negatívan befolyásolja a tejtermelési paramétereket, megnő a tőgygyulladás kockázata, csökken a fertilitás.

Kérődzőknél az ásványi anyagok pótlása a takarmányon felül nyalósóval lehetséges (SŁUPCZYŃSKA és mtsai, 2020). A nyalósó megjelenése előtt az állattartók őrölt sót szórtak az állatok előtti vályúkba. A speciálisan állatok számára készített sőtömböket az 1920-as évektől gyártják. A kutatók észrevették, hogy az állatok ásványianyag szükségletét jobban kielégíti a tömbösített só nyalása, mint ha granulált verziót kevernének a takarmányhoz (SAMPSON, 1923), továbbá a nátrium-klorid az állatokat arra készíti, hogy több vizet igyanak, ezzel elősegítve a tejtermelést és az állomány egészségét.

A piacon sokféle összetételű nyalósó kapható. Az Amerikai Egyesült Államokban színek különböztetik az egyes típusokat, melyek a következők:

- fehér: kizárólag nátrium-kloridot tartalmaz,
- sárga: ként tartalmaz,
- piros: vasat és jódot adtak hozzá,
- kék: kobaltot és jódot tartalmaz,
- barna: kobaltot, jódot, rezet, molibdént, magnéziumot és káliumot tartalmaz,
- fekete: a barna nyalósó összetevőit és a szelént tartalmazza (KEYES, 2012).

Magyarországon bevett szokás, hogy a szarvasmarhatartó és bikanevelő telepeken 60 mg/kg szeléntartalmú nyalósót adnak az állatoknak. Már kis mennyiségű szelén (és részben E-vitamin) adagolásával kezelhető a borjak és a bárányok fehérizom-betegsége (WMD – white muscle disease) (DELESALLE és mtsai, 2017), és a sertések E-vitamin és szelénhiánykor kialakuló VESD-szindrómája (vitamin E and selenium deficiency) (HAKKARAINEN és mtsai, 1978). A szelénhiány hatását a humán hatásmechanizmushoz hasonlóan, szeléntartalmú enzimeken keresztül fejt ki. Szelénhiány esetén az állatokban is kialakulhat a T<sub>3</sub> és T<sub>4</sub> pajzsmirigyhormonok hiánya, mely hatással lehet az állatok tömeggyarapodására is (ZARCZYŃSKA és mtsai, 2013, KOBAYASHI és mtsai, 2021).

A szelénkiegészítés végezhető szerves és szervetlen szelénkiegészítők adagolásával is (CEBALLOS és mtsai, 2009). A kérődzők bendőjében a szervetlen szelénit elemi szeléné vagy szelenidde alakulhat, így a bendőgázokkal távozhat, továbbá a szervetlen forma toxicitása is nagyobb (BOKORI és mtsai, 2003).

## **2.6. Szelénnel dúsított állati eredetű termékek előállítása**

Szelénnel való etetéssel elő lehetne állítani szelénos húst, tyúktojást vagy tehéntejet is (YASIN és mtsai, 2015). Mivel élelmiszereink többsége kevés szelént tartalmaz, ezért funkcionális termékek kidolgozására lenne szükség ahhoz, hogy a sokszor kétes megítélésű táplálék-kiegészítők adagolása mellett a magas szeléntartalmú élelmiszerek fogyasztásával növelni tudjuk Magyarország lakosságának a szelénbevitelét.

Az emelt szeléntartalmú élelmiszerek előállítása viszonylag komplikált. Az állatok takarmányához a szelén valamelyik formáját adagolják, majd az a szervezetükben átalakuláson megy keresztül, míg végül elér egy természetes formát. Mivel az átalakulás

folyamán megváltozik a szelén oxidációs állapota, ezért mindenképp nyomon kell követni azt, hogy milyen formában tartalmazza az állati vagy növényi élelmiszer a szelént.

Sertéseknél a húsban található Se-mennyiség növelésére a takarmánykiegészítés során szerves és szervetlen szeléntartalmú anyagokat használnak fel. Malacoknál és süldőknél a kellő mennyiségű és minőségű szelénrel kiegészített táp adagolásával megnő a belsőségek és az izmok szeléntartalma (FISININ és mtsai, 2009). A tojótyúkknál hasonló módon járnak el a tojás szeléntartalmának növelésére (HADJIMARKOS – BONHORST, 1961; SCHRAUZER – WHITE, 1978), míg a szarvasmarháknál is ez a bevett szokás a hús és a tej dúsítására. A tejelő teheneknek szervetlen szelén-kiegészítőket adva a tej szelénszintje nagyon kis mértékben emelkedett (CONRAD – MOXON, 1979; MAUS és mtsai, 1980).

A szakirodalmi adatokból láthatjuk, hogy a szelén-kiegészítés hatására a szervezetben található szeléntartalmú enzimek – mint például a glutation-peroxidáz – aktivitása nő (NOGALES és mtsai, 2013), és a szeleno-metionin fehérjealkotóként beépül a szervezetbe, ezzel biztosítva a szervezet szelén-utánpótlását.

A tej, fogyasztásának csökkenése ellenére is, alapvető szelénforrásunk, ezért célszerű annak szeléntartalmát növelni. A szelénkoncentráció ismeretében felmérhető az állomány és a tőgy egészségi állapota. Tejelő tehenek takarmányának szelénrel való kiegészítése lehetővé teszi az emelt szeléntartalmú tej és tejtermékek előállítását.

## **2.7. Szelenizált élesztő**

A leggyakoribb forgalomba kerülő szelénforrás a szelénos élesztő (SCHRAUZER, 2000). A szelénrel dúsított élesztőt a *Saccharomyces cerevisiae* törzs magas nátrium-szelenit, nátrium-szelenát és szeleno-metionin tartalmú tápközegen történő fermentációjával állítják elő. Az élesztősejteket hőkezeléssel elpusztítják, majd porlasztva szárítják, végezetül pedig ellenőrzik a termék szerves és szervetlen szeléntartalmát. A szeleno-metionin képes beépülni a szervezet fehérjéibe és szelénforrásként szolgálni (THOMSON, 2004 a, b). A teljes szeléntartalom akár 3000 mg/kg is lehet, mely szeleno-metioninként található meg az élesztő fehérjéiben (POLATAJKO és mtsai, 2004), míg szeleno-ciszteint csak kis mennyiségben tartalmaz (KOTREBAI és mtsai, 2000). A szelénos élesztő szervetlen szeléntartalma is hasznosul a fehérjék képződésénél, de szeléntartalékká nem válik (VARO és mtsai, 1988). Európa

egyres országában már engedélyezték a szelenizált élesztőt, mint takarmányadalékokat funkcionális élelmiszer előállításához. A szelén felszívódását befolyásolja az alkalmazott élesztőtörzs, a gyártás során alkalmazott technológia és a felhasznált szelénforma (FOX és mtsai, 2005). Rájöttek arra is, hogy a szeléntartalmú élesztő a szerves formánál hatékonyabban épül be a szervezetbe, ezáltal hosszabb ideig áll rendelkezésre.

1993-ban egy kutatócsoport gyermeküket szoptató és nem szoptató anyáknál vizsgálta a szelén élesztő, valamint a szelén-metionin hasznosulását. Megállapították, hogy a kezelések hatására megnőtt a vér szelénszintje. A szelén-metionint kapó csoportok mindegyikénél nőtt a vérplazma szelénszintje, azonban ez a szelenizált élesztőt szedők közül csak a nem szoptató anyáknál volt megfigyelhető. A szelénrel kezelt anyák tejében megnőtt a szelén mennyisége (MCGUIRE és mtsai, 1993).

A szelén élesztővel történő kiegészítés aktiválja a szervezetben lévő szelén-enzimeket és a szelén-metionin a szervezet fehérjéibe épülve folyamatos szelén utánpótlást biztosít, és lassan ürül ki. A szelenizált élesztő felszívódása azért lassabb a szelén-metioninnál, mert előbb a szervezetnek előbb le kell bontani, hogy az értékes anyagok felszabadulhassanak. A lassú felszívódást okozza az is, hogy a szerves szelénformákon kívül szervesnek is jelen vannak.

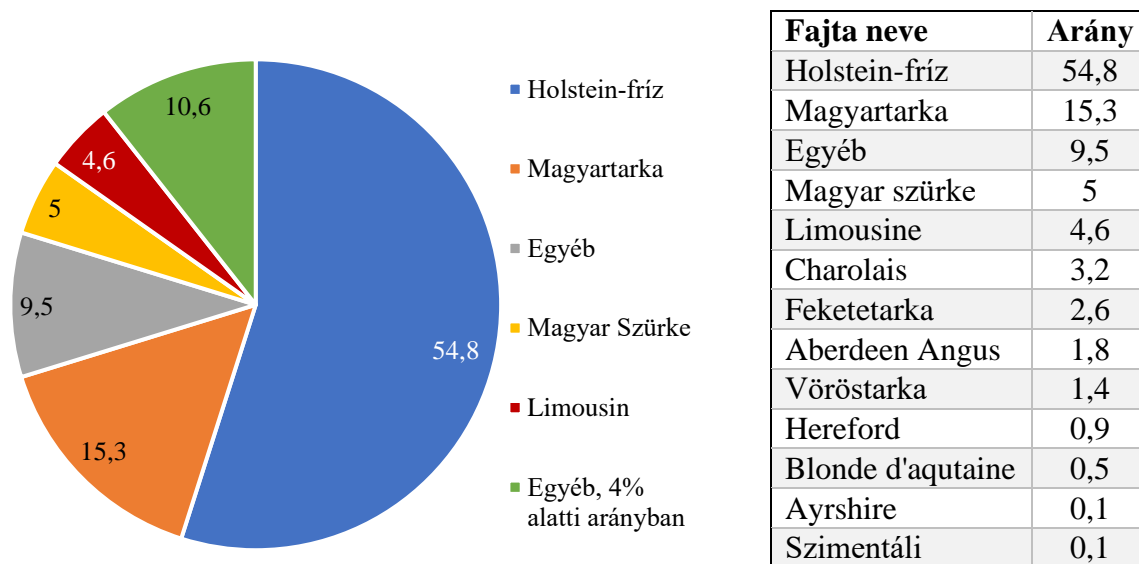
## **2.8. A tej, mint szelénpótlék**

Magyarországon a KSH adatai alapján az egy főre eső tejfogyasztás 206,4 liter volt 2019-ben. Ez az előző évekhez képest csökkenő tendenciát mutat, de ennek ellenére is a tej, mint alapvető táplálék, szelénforrásnak számít az ember számára. A tej szeléntartalma átlagosan 25 µg/l, és a tej és a tejtermékek 6–10%-ban járulnak hozzá a napi szelénbevitelhez (CSAPÓ – CSAPÓNÉ, 2002). A szarvasmarhák takarmányába adagolt szelén lehetőséget teremt a tej szeléntartalmának növelésére. A Se-kiegészítés történhet szelénrel dúsított növények takarmányba építésével vagy akár a szerves nátrium-szelenit, akár a szerves szelén-metionin, szelén-cisztein vagy szelénrel dúsított élesztő adagolásával. Az adalék kiválasztásánál azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a kérődző állatok bendőjében a szelenit oldhatatlan szeleniddé vagy elemi szelénre redukálódhat. A hidrogén-szelenid gáz formájában a bendő- és bélbaktériákkal, az elemi szelén pedig a bélsárral távozik. Célszerű a szerves formát előnyben részesíteni, mert hatékonyabb a felszívódása, mint a szerves formáé (BOKORI és mtsai, 2003).

## 2.9. Tejtermelés

A tej „A tehéntől megszakítás nélkül fejéssel nyert, édes állapotban lévő romlatlan ital, amelynek alkotórészeiből semmit el nem vontak, sem idegen anyagot hozzá nem adtak.” (KUKOVICS, 2009).

Magyarországon a megtermelt tej legnagyobb része szarvasmarhától származik, így a köznapi értelemben vett tej tehéntej. A tejgazdaság fejlődése az 1900-as évek elején kezdődött, ekkortól a szürkemarha jelentősége csökkenni látszott. Először Svájcból szimentáli jellegű teheneket hoztak be, majd bajor telepesektől hegyitarkákat vásároltak. A fajtakeresztezéseknek köszönhetően alakult ki a nagyobb hús- és tejhozamú magyartarka, amely sokáig a vezető szarvasmarhafajta volt hazánkban. Elterjedését az akadályozta, hogy bár jó ellenálló képességű fajtáról van szó, a nagy változékonysága miatt a nagyipari körülmények közé nem alkalmas (HOLLÓ és mtsai, 2016). Az 1025/1972. sz. FM rendeletben közzétették a szarvasmarha-fejlesztési programot: meghatározták, hogy szét kell választani a hasznosítási irányokat. Ezzel a programmal indult meg a tej-, hús- és kettőshasznú fajták szétválasztása, továbbá a nagy tejtermeléséről híres holstein-fríz tehenek importja (FENYVESSY és mtsai, 2014). Horn Artúr munkásságának köszönhetően a tiszta és keresztezett állományok (pl. hungaro-fríz) gyorsan elterjedtek (HOLLÓ – SZABÓ, 2016).



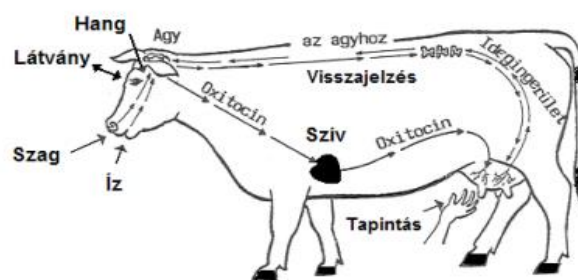
1. ábra: A tejelő szarvasmarhák fajta szerinti megoszlása 2010-ben (KSH, 2010)

A KSH 2010-es felméréséből (1. ábra) jól látható, hogy ma a holstein-fríz a legelterjedtebb tejelő szarvasmarhafajta Magyarországon (MGSZH, 2006; KSH, 2010). A holstein-fríz Holstein és Friesland környéki lapálymarhák keresztezéséből jött létre az

Amerikai Egyesült Államokban. Általában fekete-fehér színű, nagytestű (600-800 kg), intenzív tejtermelő fajta. A tejtermelési és küllemi paraméterekre kezdődött meg a szelekció, de fontos volt a jó gépi fejhetőség és a nagy tűrőképesség is. Kiemelkedő, 9-10.000 kg-os laktációs tejtermelése van, de a tej mennyisége és minősége között negatív az összefüggés. Teje híg: 3,5-4,0%-os zsír- és 2,8-3,5%-os fehérje tartalmú. A tenyészerettség 15-16 hónapos korában eléri, azonban a két ellés között eltelt idő 440 nap, ami hosszabb az átlagosnál (400-420 nap), az újra vemhesülés nehézkes, így a hasznos élettartam kb. 2,2 laktáció. Az istálló és klimatikus viszonyokkal szemben igénytelenebb, de a takarmányozással szemben nagyok az igényei. Helytelen takarmányozás esetén előbb kondíciójuk, majd szaporodási képességük, míg végül a tejtermelésük romlik le. Genetikai terheltségük a növekvő beltenyésztés miatt nagy. Előfordul vörös színváltozat is, ami a magyar állományban elenyésző, kb. 1-2% az aránya a feketetarkával szemben. A holstein-fríz főként fogyasztói tej előállítására alkalmas. Nagy tejhozama, könnyű fejhetősége miatt a nagyipari tejtermelő telepek legfontosabb fajtája (HOLLÓ – SZABÓ, 2016).

### 2.9.1. A tej képződése, leadása

A tehén tőgye erekkel sűrűn átszőtt, négy tőgynegyedre osztható, amelyben a mirigyhámból álló kis tejszakokban, az alveolusokban kezdődik meg a tej képződése az ellés előtt 1-2 nappal. Egy liter tej képződéséhez kb. 500 liter vérnek kell a tőgyön átáramolni. A tejmirigyekben a tejképzés folyamatos, azonban a tej leadása időszakos: külső inger és a tőgy belső nyomásának hatására indul meg. A tejképződést és a leadást is hormonok szabályozzák. A tejképződést a prolaktin, míg a tejleadást az oxitocin indítja meg. A fejési inger hatására keletkező oxitocin az alveolusokat körülvevő kosársejteket összehúzódnásra készíti, melynek köszönhetően a tej a tőgymedencébe préselődik és ott összegyűlve kifejhető.



2. ábra: A tejleadásért felelős folyamatok (FENYVESSY és mtsai, 2014)

Fontos, hogy a fejés előtt az állatot érő ingerek állandók legyenek és meghatározott sorrendben kövessék egymást (2. ábra). A tejleadás a fejés első három percében a leggyorsabb, majd fokozatosan lassul a tőgyben lévő nyomáscsökkenés hatására. Fontos, hogy a fejést befejezzék, mire az oxitocin lebomlik a szervezetében (6-8 perc), mert különben a tejleadás megszakad. Ez akkor is megtörténhet, ha a fejés közben az állatot valami megzavarja. Ekkor adrenalin szabadul fel, amelynek hatása az oxitocinéval ellentétes (TÓTH – BAK, 2001).

### 2.9.2. A tej összetétele

A tej fehér vagy sárgásfehér színű, kémiai anyagokból és biológiai összetevőkből álló diszperz rendszer. A tej összetétele a következő, 3. ábrán látható.

víz				87,5 %	
zsír			3,8%	} 12,5 %	
fehérjék	}	kazein ~ 2,6%	}		3,3%
		savófehérjék ~ 0,63%			
tejcukor			~ 4,6%		
ásványi anyagok			0,8%		
			<b>Összesen:</b>	<b>100 %</b>	

### 3. ábra: A tej fontosabb alkotórészei (FENYVESSY és mtsai, 2014)

A tej összetételét befolyásolja a tehén fajtája, az etetett takarmány és a tehén egészségi állapota. A tej szárazanyagtartalma, zsír- és fehérjetartalma értékmérő tulajdonság. A zsírtartalom mennyisége 2,8-6,5% között mozog (SIMON és mtsai, 2000). A nyers tej zsírtartalma könnyen felfölözödik, ha természetes úton távolítjuk el, akkor tejfölnek, ha centrifugális erővel, akkor tejszínnek hívják. Magyarországon a kereskedelemben kapható tejek zsírtartalmát pasztörözés előtt beállítják, kapható 0,1%; 1,5%; 2,8% és 3,5%-os tej.

A tejfehérje két csoportra osztható: kazeinre és savófehérjére. A kazeinfehérjék emészthetősége nehezebb, a gyomorsav hatására csomósan csapódnak ki. A savó vagy albuminfehérjék apró pelyhekként csapódnak ki, lebontásuk az emésztőrendszerben gyors. Sajt készítésénél a kazeineknek van nagyobb jelentőségük (SIMON és mtsai, 2000).

A tejcukor mennyisége a tejben viszonylag állandónak tekinthető. Az emberi szervezetben a laktáz enzim bontja. Azt a betegséget, amikor ez az enzim hiányzik, laktóz-intoleranciának nevezzük, ami a Föld lakosságának közel 75%-át érinti.

Tehéntej sóit mikro- és makroelemek alkotják, melyek közül a legnagyobb mennyiségben kálium, kalcium, klór, foszfor, nátrium van jelen, de tartalmaz még pl.: magnéziumot, rezet, cinket és szelént is. A tej és tejtermékek 6-10%-ban járulnak hozzá szelénszükségleteink kielégítéséhez (CSAPÓ – CSAPÓNÉ, 2002).

A felsorolt összetevőkön kívül a tej tartalmaz még vitaminokat, enzimeket, gázokat, festékanyagokat, ellenanyagokat és végül szomatikus sejteket. A szomatikus sejtek a vérből és a tőgy szöveteiből kerülnek a tejbe. A sejtszám egészséges tehenek esetében 100.000-400.000 db/cm<sup>3</sup>. A szomatikus sejtszámot befolyásolja az állatok kora, a takarmányozás, a tőgy egészségi állapota és még a klimatikus viszonyok is. Tőgybetegség esetén a szomatikus sejtszám elérheti a milliós nagyságrendet. A cink, a szelén és E-vitamin erősíti a tehen immunrendszerét, csökkenti a tej szomatikus sejtszámát (SIMON és mtsai, 2000).

### **2.9.3. Tőgygyulladás (mastitis)**

A tehenek leggyakoribb tőgy eredetű megbetegedése a tőgygyulladás. A gyulladást kiváltó okok a következők lehetnek:

- patogén baktériumok,
- fizikai bántalmak,
- vegyi anyag,
- „tehénfaktor” pl.: szabálytalan tőgybimbó alak, tőgyfelfüggesztés.

A legtöbb esetben valamilyen fertőzés áll a háttérben: a baktérium (főként *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Corynebacterium bovis*, *E. coli*, *Klebsiella spp.*) a tőgybimbón át bejut a tőgybe, ahol elszaporodik, toxint termel és szöveti károsodást okoz. A gyulladás kétféle lehet:

- szubklinikai: nem érzékelhető változás a tőgyön vagy a tejen. A gyorseszteszt nem ad egyértelmű eredményt, a szomatikus sejtszám enyhe emelkedést mutat.
- klinikai: a tőgynegyed hőmérséklete megemelkedik, kipirosodik, megduzzad és megkeményedik. A kifejt tejen apró göbök, pelyhesedés látható, a tej vízszerűvé válhat. A masztiteszt pozitív lesz, a tej szomatikus sejtszáma drasztikusan megemelkedik. Hosszan fennálló gyulladás esetén a tőgyben szöveti elhalás is előfordulhat.

A tőgygyulladás folyamán amellet, hogy a szomatikus sejtszám emelkedése tapasztalható, megváltozik a tej íze és összetétele: nő a kloridtartalom, csökken a zsír-,

tejcukor- és szárazanyag tartalom, megváltozik a kazein-savófehérje arány (SIMON és mtsai, 2000). Mindez megelőzhető az istállóhigiéna fenntartásával, a fejőgépek rendszeres tisztításával, a tőgy tisztán tartásával, stressz csökkentésével, helyes takarmányozással (TÓTH – BAK, 2001).

## **2.10. Műszeres analitikai mérés: ICP-MS**

Az ICP-MS az egyik legérzékenyebb és legsokoldalúbb műszer az atomspektrometriában. Az induktív csatolású plazma tömegspektrométer a tömegspektrometria azon típusa, amely induktív csatolású plazmát használ a minta ionizálásához. A mérést az teszi lehetővé, hogy a plazma nem csak a minta atomizációjára, hanem annak ionizációjára is képes a plazma magas hőmérsékletének (6000-8000 K) köszönhetően. A készülék képes a folyékony mintákban a nagyon alacsony koncentrációban jelenlévő fém és nem fém elemek mennyiségének meghatározására, illetve lehetővé teszi az elemek különböző izotópjainak kimutatását (BRAUN – GALBÁCS, 2018; KOVÁCS – CSAPÓ, 2015).

### **2.10.1. Az ICP-MS felépítése, működési elve**

Az ICP-MS berendezés alapvetően két fő részből áll, egy induktív csatolású plazmából és egy tömegspektrométerből, mely tartalmazza az ionoptikát, az analizátort és a detektort.

Az ICP készülékben található plazmaégető három koncentrikus, általában kvarcból készült csőből áll. A fáklya vége egy rádiófrekvenciás elektromos árammal ellátott indukciós tekercs belsejébe kerül. A fáklya két külső csőve közé áramló argongázt vezetnek be. A plazma indításához szükséges alkalmazni egy Tesla-, vagy piezoelektromos szikrát, mely az argon atomokból elektronokat tesz szabaddá. Ezek az elektronok kölcsönhatásba kerülnek az indukciós tekercs rádiófrekvenciás mágneses mezejével és először az egyik, majd a másik irányba a gyorsan változó mágneses tér hatására felgyorsulnak. Ennek köszönhetően nagy energiájú elektronok keletkeznek. Ezután a felgyorsult elektronok argon atomokkal ütköznek, melynek hatására újabb elektronok válnak szabaddá, majd az így felszabadult elektronokat is gyorsítja a gyorsan változó mágneses tér. Ezt a folyamatot nevezzük induktív csatolásnak, és ennek a folyamatnak köszönhetően alakul ki a magas hőmérsékletű plazma állapot (THOMAS, 2001; SPARKMAN, 2000; KOVÁCS – CSAPÓ, 2015; HYO-CHANG, 2018;).

A plazmában keletkező ionok egy mintázó és egy merítő kónuszon keresztül kerülnek be a tömegspektrométerbe. Ezen kónuszoknak jó hővezető képességű fémből kell készülniük, hiszen intenzív hűtést igényelnek. Általában nikkelből készülnek, de előfordul még platina, alumínium, illetve réz kónusz is. Az MS megfelelő működéséhez szükséges nagy vákuum elérése, amely akár  $10^{-9}$ - $10^{-10}$  bar nyomást is jelenthet, melyet kétlépcsős nyomáscsökkentéssel tudunk elérni. Ezt a vákuumot rotációs, illetve turbómolekuláris pumpával érjük el. A vákuumra azért van szükségünk, hogy a részecskék másodlagos ütközését elkerüljük (KOVÁCS – CSAPÓ, 2015).

A tömegelválasztás előtt az ionok áthaladnak a tömegspektrométerben található ionoptikán, melynek egyik feladata, hogy eltéríti az ionnyalábot, másik pedig, hogy az analizátor belépőréseire fókuszálja az ionokat. Fontos a megfelelő ionoptika, hiszen a hatékonyabb iontranszport jobb érzékenységet és alacsonyabb háttérrel eredményez (KOVÁCS – CSAPÓ, 2015; ELLIOTT és mtsai, 2004, 2007).

Az induktív csatolású plazma tömegspektrométer készülék egyik legfontosabb része a tömegspektrométerben található analizátor. Az analizátoroknak számos változata ismert, azonban az elemanalitika területén csupán 3 típusát alkalmazzák, így a kvadrupól, a kettős fókuszállású és a repülési idő analizátort. Ezek közül a legelterjedtebb a kvadrupól analizátor (KOVÁCS – CSAPÓ, 2015).

### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Kutatásom öt részre osztható:

- Előkísérlet
- Szelénes premix készítése
- Szelénes etetési kísérlet intenzív tejelő fajtával, mintavétel
- Tejtermékek készítése
- A tej és tejtermékek mikroelemtartalmának meghatározása
  - a. Mintaelőkészítés tömény savas roncsolással
  - b. Műszeres mérés ICP-MS készülékkel

#### 3.1. Előkísérlet

Az előkísérlet elvégzését azért tartottam fontosnak, mert szerettem volna tudni, hogy a szerves szelént tartalmazó Selplex-2300 alkalmas-e a tehenek tejének szeléntartalommal történő dúsítására oly módon, hogy azt orális kiegészítésként adagoljuk az alaptakarmány mellé.

##### 3.1.1. Kísérleti paraméterek, mintavétel

A kísérletbe három Szimentáli jellegű szarvasmarhát vontam be. A Szimentáli alapvetően kettős hasznosítású fajta, a magyartarka egyik őse. Mindhárom tehén kb. 5 hónapos vemhes volt, a laktáció azonos fázisában jártak, átlagos tejtermelésük 4000-5000 liter volt a tejelő időszakban széna és kukoricaszilázs alaptakarmánnyal etetve. Háztáji körülmények között, kötött tartásban nevelték. A kísérlet során mértem a takarmány Se-tartalmát, majd további szelénkiegészítést végeztem az Alltech szelénes élesztő termékével (Selplex-2300). A naponta elfogyasztott alaptakarmány 0,43 mg szelént tartalmazott. Két héten keresztül 1 mg/tehen/nap, majd további két hétig 2 mg/tehen/nap mennyiségben adagoltam hozzá megemelt szelén-tartalmú élesztőt. Ezt a 2. számú táblázat szemlélteti.

2. táblázat: A szelénkiegészítés mértéke a kísérlet alatt

A hetek száma	Szelénkiegészítés (mg) tehen/nap
1-2	0
3-4	1
5-6	2
7-8	4
9-10	6
11-14	0

A mintavételre a kísérlet minden hetében egyszer került sor. Az első 2 hét folyamán – amikor nem történt szelén adagolása – kontroll minták gyűjtése történt. A méréshez a tehenektől fejt elegytejből mintát vettem és ezt lefagyasztottam. A fagyasztás az általam vizsgált elemtartalmat nem befolyásolja.

### 3.1.2. Tejtermékek előállítása

A kontroll és a 2 mg szelén-kiegészítést kapott tehenektől vett tehéntejből vegyes alvasztású gomolya sajtot és ordát készítettem.

Gomolya készítése: A kontroll és a szelénese tejet felhasználás előtt 78 °C-on 1 percig hőkezelttem, majd visszahűtöttem 36-38 °C-ra. A sajttejhez hozzáadtam a megfelelő mennyiségű Pressure Simple Brun tejoltót és alaposan megkeverttem, majd immár keverés nélkül 40 percig hűn tartottam. Amikor az alvadék már elvált az edény falától, valamint porcelánszerűen tört, akkor az alvadás a véget ért. Ekkor az alvadékat sajtjárfával kb. babszem nagyságúra aprítottam és kevergettem, hogy minél hamarabb eltávozzon a felesleges savó egy része a rögökből. A sajtötretet műanyag sajtformába szedtem (4. ábra) és félóránként forgatva 24 órán át szikkasztottam. Vákuumsomagoltam és a mintákat lefagyasztottam.



4. ábra: Vegyes alvasztású sajtkorongok (saját fotó)

Orda vagy savósajt készítése (5. ábra): A sajt készítésénél fennmaradt savót egy tálban összegyűjtöttem, fazékba töltöttem és forralni kezdtem. Amikor a savó hőmérséklete elérte a 94-95 °C-ot hozzáadtam egy evőkanálnyi citromsavat és a kiváló pelyhes csapadékot, a savófehérjét egy sajtruhán keresztül leszűrtem. A mérésig hűtőszekrényben tároltam.



5. ábra: A kicsapódott ordaszemcsék a visszamaradt folyadékban (saját fotó)

### 3.2. Szelénes premix készítése

A szelénes takarmánykiegészítőt keveréssel állítottuk elő. A premix két összetevője:

- Hatóanyag: szelénes élesztő (SelPlex-2300, Alltech Hungary Kft.)
- Hordozóanyag: kukoricadara (Nagyhegyesi Takarmány Kft.)

A receptúrát az alábbi, 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Szelénes kiegészítő receptúrája 12 tehenre számolva

Összetevő		SelPlex-2300		Kukoricadara		Premix	
1	mg	1,71	kg	15,35	kg	17,05	kg
2	mg	3,41	kg	30,69	kg	34,10	kg
4	mg	6,82	kg	61,39	kg	68,21	kg
6	mg	10,23	kg	92,08	kg	102,3	kg
Összesen (112 nap)		22,17	kg	199,51	kg	221,7	kg

A premix megfelelő adagolásához adagolókanalat készítettem, melybe 1 mg szelént tartalmazó keverék fért (43,5 g). Ezt a szarvasmarhatartó telepekre szállítottam a takarmányadalékkal együtt.

### 3.3. Szelénes etetési kísérlet intenzív tejelő fajtával

Az etetési kísérlet megvalósítása két tehenészetben párhuzamosan folyt 6-6 feketetarka holstein-fríz szarvasmarhával 2018.10.29. és 2019.04.08. között. Az egyedek kiválasztásakor ügyeltünk arra, hogy tejtermelésük telepátlagot mutasson, valamint azonos laktációs periódusban legyenek. Kíváncsi voltam még az, hogy egyéni

takarmányozásra alkalmas helyen legyenek elkülönítve, valamint lehetőségem legyen hetente egy alkalommal tejmintát venni tőlük.

Mindkét tejelő telepen, Bödönháton és Hajdúböszörményben is a kiválasztott állatok az „elletőben” lettek elkülönítve, ahol a karámon belül a mozgásuk nem volt korlátozva. Az „ellető” fentről zárt, szalma talapzatú mélyalmos karám. A fejésre a fejőházban halszálkás fejőrendszerben került sor.

### 3.3.1. A kísérlet helyszíne, résztvevő egyedek

#### 3.3.1.1. Agrárgazdaság Kft. Bödönháti kerület

4. táblázat: A kísérletben részt vevő egyedek (Bödönhát)

Egyed fülszáma	2618	4372	4730	4784	4828	5396
Születési idő	2011.11.12.	2015.02.07.	2015.11.04.	2015.12.03.	2015.12.23.	2016.12.09.
Ellés száma	5	2	2	2	2	1
Ellés dátuma	2018.10.28.	2018.10.28.	2018.10.28.	2018.10.26.	2018.10.26.	2018.10.27.

Ahogy az 4. táblázatban olvasható 6 egyeddel kezdődött az etetési kísérlet: egy ötödik, négy második és egy első laktációs periódusú holstein-fríz szarvasmarha került kiválasztásra. Az ellések között a legnagyobb időkülönbség 2 nap volt.

A 2618 fülszámú egyed 2019.02.11-én lábhiba miatt szelektálásra került és 2019.02.13-án kényszervágták.

#### 3.3.1.2. Hajdúböszörményi Béke Mezőgazdasági Kft.

5. táblázat: A kísérletben részt vevő egyedek (Hajdúböszörmény)

Egyed fülszáma	5850	6075	6438	6722	6781	7197
Születési idő	2015.05.03.	2015.06.25.	2015.08.19.	2015.10.03.	2015.10.13.	2015.12.18.
Ellés száma	2	2	2	2	2	2
Ellés dátuma	2018.10.25.	2018.10.24.	2018.10.19.	2018.10.23.	2018.10.21.	2018.10.23.

A hajdúböszörményi szarvasmarhák adatait a 5. sz. táblázat tartalmazza. Az állatok azonos laktációs periódusúak, mind a hat tehén a 2. borját ellette 6 napon belül 2018.10.19 és 2018.10.25. között.

### 3.3.2. Mintavétel, a minták tárolása

Mintavételre hetente egyszer, minden 7. napon került sor. A mintákat a fejés elegytejből egyedenként vettem Fullwood Flowmatic 3 típusú leemelő egység és Tru-Test WB Auto Sampler segítségével. Az így vett elegytejből 150 ml-t csavaros kupakkal, záróbetéttel ellátott PE edényekbe töltöttem és hűtött körülmények között a Debreceni Egyetemre szállítottam, ahol további feldolgozásig fagyasztva,  $-20\text{ °C}$  alatt tároltam.

### 3.4. Tejtermékek készítése

A hajdúböszörményi telep kontroll, a 4 és 6 mg-os kiegészítés utolsó mintavételekor, összesen 3 alkalommal 65-65 liter tejet vásároltam, amelyből tejtermékeket állítottam elő a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karának Élelmiszeripari Innovációs központjának tejjüzemében. Készítettem joghurtot, kefirt, túrót, gomolyát, trappista jellegű félkemény sajtot és ordát, valamint felfogtam a savót, mint mellékterméket. A mintákat szögletes, kupakkal és csavarzárral ellátott edénybe tettem és a mérésig  $-20\text{ °C}$ -on, fagyasztva tároltam.

#### 3.4.1. Az alapanyagul szolgáló tejek vizsgálata

##### 3.4.1.1. A tej összetétele

A tejtermékek alapanyagául szolgáló tejet Funke Gerber LactoStar Dairy Analyser (*Funke-Dr. N. Gerber Labortechnik GmbH, Berlin, Németország*) készülékkel vizsgáltam három ismétléssel (1. sz. melléklet). Ennek eredményeit a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat: Tejanalízis eredményei

Paraméter	2019.01.07	2019.02.25	2019.04.08
	4 mg/nap kiegészítés ( <i>átlag ± szórás</i> )	6 mg/nap kiegészítés ( <i>átlag ± szórás</i> )	Kontroll időszak ( <i>átlag ± szórás</i> )
Zsír (%)	$3,18 \pm 0,01$	$2,86 \pm 0,03$	$3,15 \pm 0,01$
Zsírmentes szárazanyag (%)	$9,04 \pm 0,00$	$8,83 \pm 0,01$	$9,02 \pm 0,01$
Fehérje (%)	$3,33 \pm 0,00$	$3,25 \pm 0,01$	$3,3 \pm 0,01$
Laktóz (%)	$4,87 \pm 0,01$	$4,76 \pm 0,01$	$4,85 \pm 0,01$
Sűrűség ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$1,0272 \pm 0,0000$	$1,0264 \pm 0,00001$	$1,0274 \pm 0,0001$
Fagyáspont ( $^{\circ}\text{C}$ )	$-0,532 \pm 0,002$	$-0,542 \pm 0,002$	$-0,538 \pm 0,003$
Ásványi anyagok (%)	$0,71 \pm 0,01$	$0,73 \pm 0,01$	$0,73 \pm 0,01$

### 3.4.1.2. A tej gátlóanyagtól való mentességének vizsgálata

A tejet gyártás előtt antibiotikum-maradványra teszteltem a Delvotest BLF gyorstesztel és a Delvotest SP-NT szemikvantitatív tesztel DSM Delvotest inkubátorban (*Koninklijke DSM N.V., Heerlen, Hollandia*). Erre azért van szükség, mert a gátlóanyagot (állatgyógyászatban használt szulfonamidok és antibiotikumok) tartalmazó tej nem alkalmas humán fogyasztásra, valamint technológiai feldolgozása nehézkes a mikrobák szaporodását gátló tulajdonsága miatt.

A tej gátlóanyagtól való mentességének vizsgálata gyorstesztel:



6. ábra: A gyorsteszt eredménye (saját fotó)

A gyorsteszt alkalmas a gátlóanyagok jelenlétének kimutatására mindössze 5 perc alatt. A tesztet úgy végeztem, hogy a Delvotest BLF speciális agart tartalmazó ampullájának tetejét megszúrtam és a mellékelt egyszer használatos pipettával 0,15 ml tejet cseppentettem bele. Az ampullát óvatosan összeráztam mindaddig, míg a tej rózsaszínes színezetű lett. Ezután az ampullát a speciálisan erre a célra kialakított DSM Food Specialties B.V. által gyártott 64 °C-os inkubátorba helyeztem két percre. A mintába egy tesztsíkot helyeztem, majd további 3 percre az inkubátorba tettem. A tesztsíkon megjelenő 2 csík a teszt negatív eredményét jelenti.

A tej gátlóanyagtartalmának vizsgálata szemikvantitatív tesztel:

A Delvotest SP-NT három óra alatt ad megbízható eredményt, mely a gyorsteszt validálására is szolgálhat. Ennél a mérésnél szintén agargélt tartalmazó kész tesztsöveket használtam, mely brómkrezolkék indikátort és *Bacillus stearothermophilus var. calidolactis* spórákat tartalmazott. Ezen baktérium az antibiotikumokra, főként a

penicillinre rendkívül érzékeny. Amennyiben mentes a tej, az inkubálás hőmérsékletén (63-65 °C) intenzíven szaporodik, savakat termel, melynek hatására az indikátor lila színe sárgára változik. Mindhárom alkalommal negatív lett a teszt (7. ábra).



7. ábra: Delvotest SP-NT negatív eredménnyel (saját fotó)

#### 3.4.2. Joghurt készítése

Joghurtot mindhárom alkalommal 5 liter tejből készítettem. A tej beérkezését követően az üzemben 95 °C-on 10 perces hőntartással hőkezeltem, majd 42 °C-ra hűtöttem. 50 ml hideg tejbe kevertem 0,15 g liofilizált *Streptococcus thermophilus* és *Lactobacillus delbruckeii subsp. bulgaricus* törzseket keverten tartalmazó Chr. Hansen FD-DVS YC-X11 - Yo-Flex típusú joghurtkultúrát aktiválás céljából. A keveréket a pasztörözött, majd visszahűtött tejhez kevertem, majd hőtartó dobozba helyeztem és 16 óra elteltével csomagoltam forrasztott alumínium fóliával ellátott poharakba.

#### 3.4.3. Kefir készítése

A kefirt is 5 liter tejből készítettem, a tejet a joghurttal megegyező módon hőkezeltem, majd 25 °C-ra hűtöttem. 50 ml tejbe 0,25 g fagyasztva szárított Chr. Hansen FD-DVS XPL-1 – eXact Plus típusú kefir kultúrát kevertem, mely a következő mikroorganizmusok keverékét tartalmazta: *Debaryomyces hansenii*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis*, *Leuconostoc* és *Streptococcus thermophilus*.

Az előkészített tejet az aktivált kultúrával beoltottam, majd hőtartó dobozba tettem. 16 óra elteltével a kész kefirt habverővel összekevertem és csavarzárral ellátott ivópalackokba töltöttem.

#### 3.4.4. Túró készítése

A túrót hagyományos házi eljárással 5 liter tejből készítettem. A tejről még alvasztás előtt eltávolítottam a tejszín egy részét, majd szobahőmérsékleten (20 °C) hagytam, hogy kb. 48 óra alatt megaludjon. Az aludttejet egy edénybe öntöttem, majd lassan néha-néha megkeverve melegíteni kezdtem. Amikor az aludttej hőmérséklete elérte a 37-40 °C-ot, a fehérje elkezdett kicsapódni, és szétvált a túró és a savó. Hogy a kívánt rögzös állományt elérjem az alvadékot 45 °C-ig melegítettem, majd a főzőlapot lekapcsolva elkezdtem leszűrni a túrót. A szűrés után túrózsákba öntöttem és 1,5 óráig hagytam csepegni, hogy a hosszabb eltarthatóság érdekében a savó távozni tudjon a termékből.

#### 3.4.5. Sajtok készítése

A sajtok gyártásához mindhárom alkalommal 50 liter tejet használtam fel. A tejet szűrés után pasztörkádba öntöttem, majd 63 °C-ra melegítettem. A pasztörözési hőfok elérése után a tejet 30 percig hõn tartottam, majd 40 °C-ra hûtöttem. Ezután a tejet ketté mértem.

##### 3.4.5.1. Gomolya sajt készítése

50 ml hideg tejhez kimértem 0,5 g *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris* és *Lactococcus lactis ssp. lactis biovar diacetylactis* baktériumtörzseket tartalmazó Bioprox M270 és 0,25 g *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris* és *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis* törzseket tartalmazó Flora Danica FD-DVS mezofil starter keveréket. A rehidratált kultúrát a 25 liter 38 °C-os tejhez kevertem, és 30 percig érni hagytam ügyelve arra, hogy a sajttej hőmérséklete ne csökkenjen 35 °C alá. Az érési idő leteltével hozzáadtam 10 ml természetes eredetű borjú kimoszint és pepszint tartalmazó (Danisco Carlina-520) oltóenzimet és megkevertem. Hõntartás mellett 40 percig állni hagytam, majd, amikor a sajttej gél szerkezete kialakult, az alvadék pudingszerű lett, elvált az edény falától és májasan tört, sajthárfával felvágtam. Vágás után habverõre váltottam, és kukoricaszem nagyságúra aprítottam. További keverést azért végeztem, hogy a savóleadást gyorsítsam, ezt követõen, amikor a savó feljött az edény tetejére, az alvadék pedig leülepedni és összeállni látszott, 250 grammos sajtformákba szedtem. A sajtot kezdetben 20 percenként forgatva, majd egyre nagyobb

időintervallumot hagyva 12 órán át saját súlyuk alatt préseltük. Egy sajtot félretettem, majd a többi félidőben megfordítva egy órára 25 m/m %-os sófürdőbe helyeztem. Egy óra szikkasztás után csomagoltam, majd a mintákat fagyasztóba tettem.

#### **3.4.5.2. Trappista jellegű félkemény sajt készítése**

50 ml hideg tejbe 3 kapszulányi YoBiotik trappista, gouda, edami sajt kultúrát kevertem, mely az alábbi baktériumokat tartalmazta liofilizált formában: *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus* és *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis*. A feloldott kultúrát a 25 liter 38 °C-os tejhez keverem, majd hőntartás mellett 30 percig érleltem. Hozzákevertem 10 ml Danisco Carlina-520 tejoltót, és újból, ügyelve a hővesztésre, 40 percig alvadni hagytam. Amikor az alvadék már porcelánszerűen tört, sajt hárfával felvágtam, majd habverővel tovább aprítottam, ezután pedig rozsdamentes, kb. 2-2,5 kg-os formákba szedtem és sajtprés alá tettem. Kezdetben a sajtot a prés lap saját súlyával 1 órán át, majd sűrített levegős présel az első 2 órában félóránként forgatva folyamatosan növekvő nyomással (0,5 - 1,8 bar), végül 1,8 bar nyomáson tovább préseltem 16 órán át. A sajtkorongokat 24 órán át 25 m/m %-os sófürdőben, félidőben megfordítva sóztam. Két óra szikkasztás után vákuumfóliáztam, majd a mintákat lefagyasztottam.

#### **3.4.6. Orda készítése**

A gomolya gyártásánál melléktermékként keletkezett savót felfogtam és egy fazékba öntöttem. Óvatos kevergetés mellett 15 liter savót 95 °C-ra hevítettem, majd hozzáadtam 4 gramm háztartási citromsavat. A magas hőmérséklet és a sav hatására a savófehérjék pelyhes csapadék formájában kiváltak, amit szűrővel ricotta formába szedtem, és egy órán át csepegni hagytam. A kész mintát mintatartó edénybe raktam és fagyasztottam.

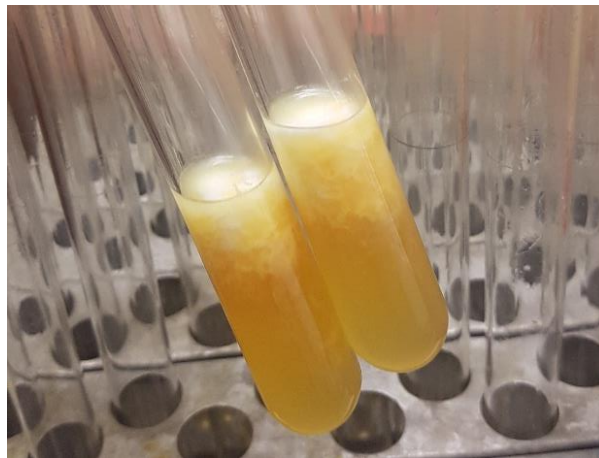
### **3.5. Elemtartalom vizsgálat**

#### **3.5.1. Minta előkészítés**

A minták eredeti állapotának megőrzése érdekében roncsolást végeztem. A fagyasztott mintákat a roncsolás előtti napon a fagyasztóból kivettem, a teljes kiolvadást követően homogenizáltam, majd speciális üvegsőbe tejminták, illetve a savanyított

tejtermékek esetén 10 ( $\pm 0,01$ ) gramm, míg sajtminták esetén 2 ( $\pm 0,01$ ) gramm mintát mértem be analitikai mérlegen. A roncsolás két lépcsőben történt. Az előroncsoláshoz 10 cm<sup>3</sup> tömény HNO<sub>3</sub>-at adtam a mintákhoz, és blokkroncsolóban 60 °C-on 30 percig hőn tartottam. A tömény sav heves reakcióba lépett a mintákkal, hőmérsékletemelkedés és gázképződés közben rozsdavörös gőz keletkezett. A főroncsoláshoz 3 cm<sup>3</sup> 30%-os H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-ot adtam, majd a mintákat ismételtelen a blokkroncsolóba tettem, de ezúttal 90 percig 120 °C-on tartottam.

A roncsolt mintákat (8. ábra) teljes lehűlése után 50 cm<sup>3</sup>-re töltöttem ioncserélt vízzel, majd 'Filtrak 388' szűrőpapíron szűrtem át (KOVÁCS és mtsai, 1996).



8. ábra: Tejminták roncsolása (saját fotó)

### 3.5.2. ICP-s mérés

A műszeres méréshez Thermo Scientific XSERIES 2 (*Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, Massachusetts, USA*) típusú induktív csatolású plazma tömegspektrométert (ICP-MS) használtam 6000 K plazmahőmérséklettel. A mérések előtt szelén-referencia törzsoldat segítségével hígítási sort készítettem, majd 11 pontos kalibrációs görbét vettem fel. A roncsolt mintákból végeztem a vizsgálatot egyenként három ismétléssel. A kimutatási határ 0,06 µg/l volt.

### 3.6. Statisztikai elemzés

A statisztikai elemzések elkészítéséhez IBM SPSS Statistic 26 programot használtam. Oneway ANOVA elemzés segítségével vizsgáltam meg a különböző kezelések (1; 2; 4; 6 mg/nap) hatását, valamint a kiürülés időszakának eredményeit a kontrollhoz és egymáshoz viszonyítva. Abban az esetben, ha az ANOVA elemzés

szignifikáns különbséget mutatott, Post Hoc teszt segítségével elemeztem a változók (kezelések) egymáshoz való viszonyát. Ha a változók száma három volt, akkor LSD (Least Significant Difference) Post Hoc teszt került alkalmazásra. Ha a változók száma háromnál több volt, akkor a széles körben használt és kevésbé ellentmondásos Tukey HSD Post Hoc tesztet alkalmaztam (SZÉL és JÓNÁS, 2016; NÉMETH, 2018; SAJTOS és MITEV, 2007).

Az egyes mikroelemek és a szeléntartalom közötti kapcsolat vizsgálatához Pearson-féle korrelációt számítottam ki, a korreláció együttes szignifikanciáját külön megvizsgáltam.

## 4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 4.1. Az előkísérlet eredményei

#### 4.1.1. Tejminták vizsgálata

Az előkísérlettel szerettem volna megbizonyosodni, hogy a tej szeléntartalma a takarmányhoz adagolt szelénkiegészítés hatására megemelkedik. Az állatoktól minden második hét végén mintát vettem és a mintákat elemeztem. A 7. táblázat az eredmények átlagát tartalmazza.

7. táblázat: A tej átlagos szeléntartalma

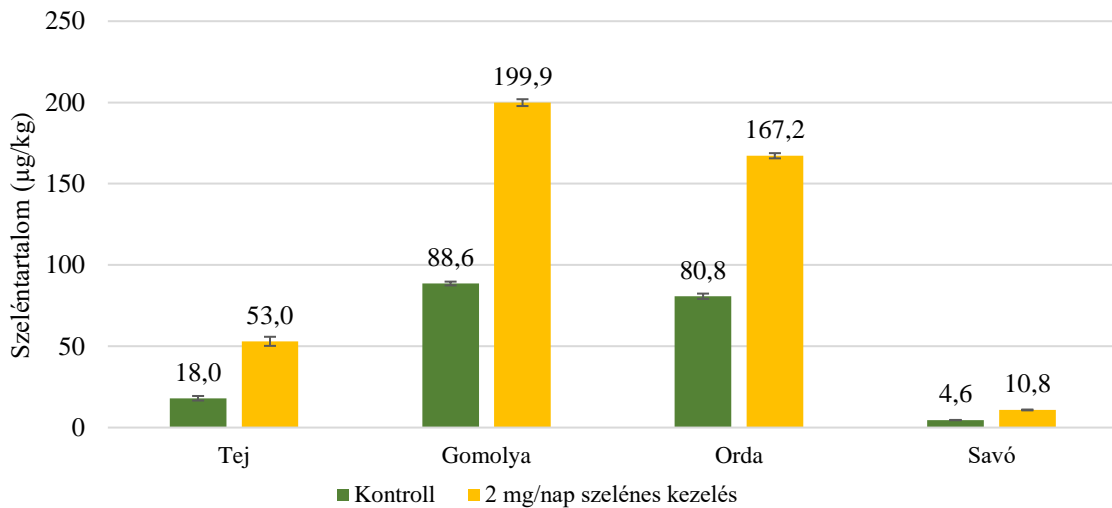
Kísérlet hete	Napi szelénbevitel (mg/tehén)	A tej szeléntartalma (mg/kg) ± szórás
0	0,42	0,018 ± 0,002
1-2	1,42	0,031 ± 0,002
3-4	2,42	0,053 ± 0,003
5-6	4,42	0,081 ± 0,005
7-8	6,42	0,094 ± 0,006
9-10	0,42	0,064 ± 0,002
11-12	0,42	0,021 ± 0,002
13-14	0,42	0,018 ± 0,002

A statisztikai elemzésből kiderült, hogy a kezelt és kontroll, vagyis kezeletlen tehenek teje között szignifikáns különbség van: a kontroll csoporthoz képest a plusz szelénadagolás hatására a tejben található szelén mennyisége nőtt. A kontroll tejhez viszonyítva a kísérlet második hetére 73%-kal, a negyedik hétre pedig további 71%-kal emelkedett az elem mennyisége. Így a 2 mg Se/tehén/nap kiegészítés hatására a tej majdnem háromszor több szelént tartalmazott, mint csak alaptakarmányt fogyasztó tehenek teje. A szelénos etetést tovább folytatva a hatodik hétre (4 mg/tehén) a tej szeléntartalma már meghaladta a 0,081 mg/kg értéket, ám a következő hétre a szelén telítődni látszott, így hiába emeltük a dózist napi 2 mg-mal, az elért szelénkoncentráció-növekedés csak 16%-os volt. A szelén elvonása után hat héttel a tej szeléntartalma visszatért a kezdeti, 0,018 mg/kg-os értékre.

Összességében elmondható, hogy 6 mg/nap szelén adagolásával a tej szeléntartalma a kezdeti 0,018 mg/kg-ról annak több mint ötszörösére, 0,094 mg/kg-ra emelhető.

#### 4.1.2. Tejtermékek vizsgálata

A kontroll időszakban és a 2 mg/nap szeléndózis adagolásakor vett teljes tejből hőkezelés után sajtot állítottunk elő, valamint a sajtgyártásból visszamaradt savóból ordát készítettünk. A tejtermékeket az egyetemen állítottuk elő, az elemtartalom vizsgálat is itt történt.



9. ábra: Tejtermékek szeléntartalma az előkísérlet során

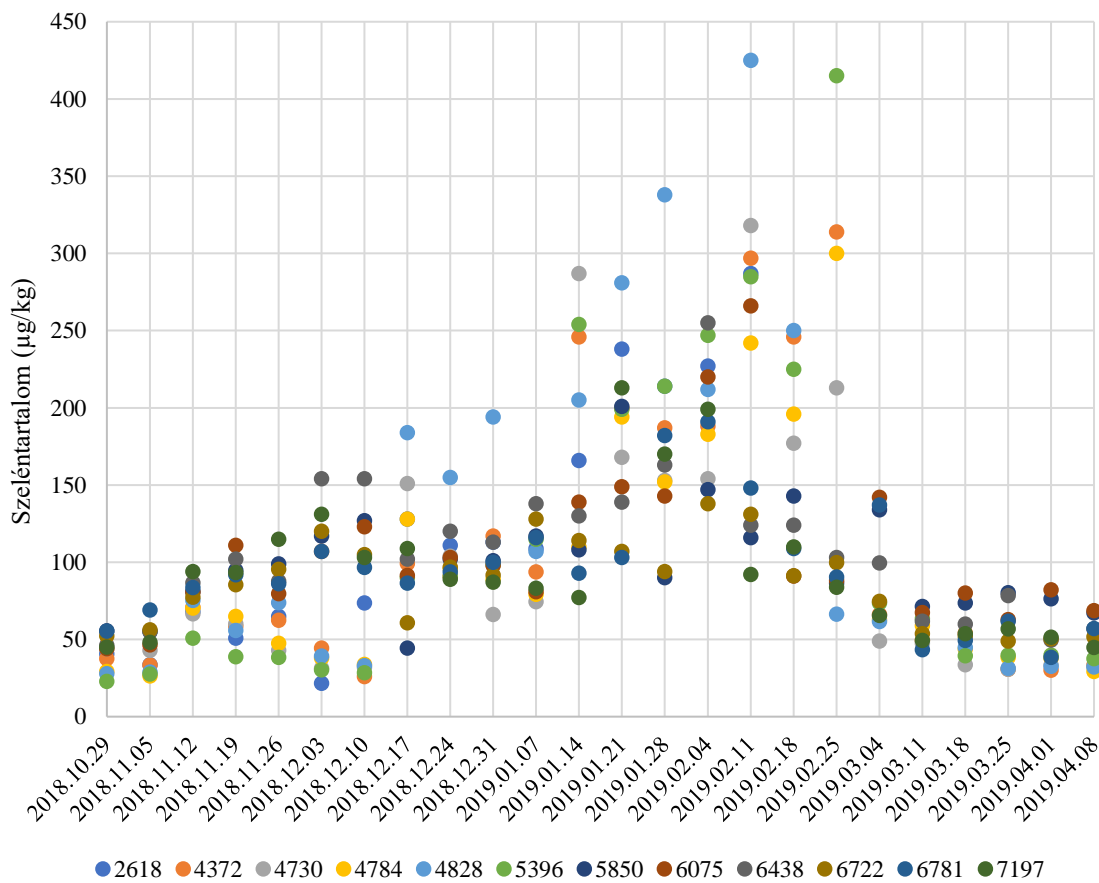
Az általam előállított termékek vizsgálatára vonatkozó eredményeket a 9. ábra szemlélteti. Zöld színnel a kontroll csoport, míg sárga színnel a szelén kezelést kapott tehének tejből készült termékek eredményei figyelhetők meg. A vízszintes (x) tengelyen a tejtermékek, míg a függőleges (y) tengelyen a szeléntartalom olvasható le. Látható, hogy a teljes tejhez viszonyítva mind a sajtban, mind az ordában feldúsult a Se mennyisége. A kontroll és a kezelt tejből készült termékek eredményei között szignifikáns a különbség. Ezzel azt sikerült bizonyítani, hogy az emelt Se-tartalmú tejből készíthetők magas Se-tartalmú tejtermékek, és hogy a termelés technológia során nincs nagy mennyiségű Se-vesztés.

A teljes tej esetében a kezelés hatására a szeléntartalom 18 µg/kg-ról 53 µg/kg-ra emelkedett. Ez a tej szolgált az általunk készített tejtermékek alapjául. A sajtot 10-10 liter tejből, a technológiai leírás alapján készítettem kisüzemi körülmények között. Az alapanyagból hozzávetőlegesen 1 kg gomolyasajt és 200 g orda készült tejtípusonként. Az ICP-s mérés azt mutatta, hogy a kezelt tehének tejből készült sajtban 199,9 µg/kg szelén volt, míg a kontroll tételében mindösszesen 88,6 µg/kg. A sajt készítés során maradt savó elemtartalmát nem mértem, mert abból orda készült. Az orda esetében is hasonló a helyzet: a kontroll szeléntartalma alul maradt a kezeltétől. A kezelés miatt 167,2 µg/kg

szelén volt a termékben, míg az alap ordánk 80,8  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ot tartalmazott. Az ordakészítés után visszamaradt folyadék még tartalmazott 10,8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  szelént, így annak alternatív felhasználása javasolt.

#### 4.2. Főkísérlet eredményei

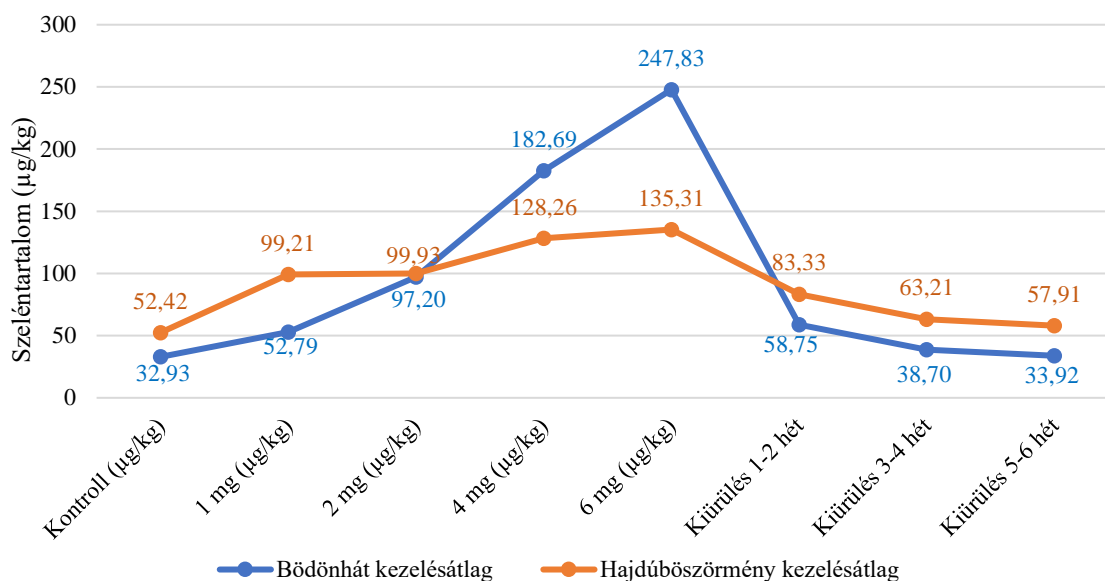
Kutatásomban intenzív tartási körülmények között nevelt tejelő szarvasmarhákkal végeztem etetési kísérletet két helyszínen. A 10. táblázatban látható, hogy a két telepről összesen 280 tejmintát (2-3. sz. melléklet) sikerült begyűjteni, feldolgozni és nagyműszeres technológiával megmérni. Három időpontban gyártottam tejterméket, amelyek során minden alkalommal 11-féle tejterméket, azaz 33 mintát sikerült előállítanom.



10. ábra: Az általam vizsgált tejminták összesítő ábrája egyedenként

#### 4.2.1. Tejminták analízise

A tejminták analízise a 4.5. fejezet alapján történt ICP-MS készülékkel a Debreceni Egyetem MÉK Élelmiszertudományi Intézetének műszeres laboratóriumában.



11. ábra: A tej átlagos szeléntartalma a kezelésközvetlen tekintetében

A 11. ábrán a tej szeléntartalma látható a kezelések átlaga és a két telep szerint. Kék színnel a bödönháti, míg narancssárgával a hajdúböszörményi eredményeket jelöltem. Bödönháton a kiegészítés hatására a tej szeléntartalma szignifikánsan megnőtt, a kontroll értékről ( $32,93 \pm 6,96 \mu\text{g/kg}$ ) a maximálisan adagolt 6 mg/egyed/napos dózis hatására annak 7,5 szeresére, vagyis  $247,83 \pm 80,88 \mu\text{g/kg}$ -ra emelkedett. A kiegészítés elhagyásával a tej szeléntartalma meredeken csökkent, sőt, hat hét után a kontroll értékre állt vissza.

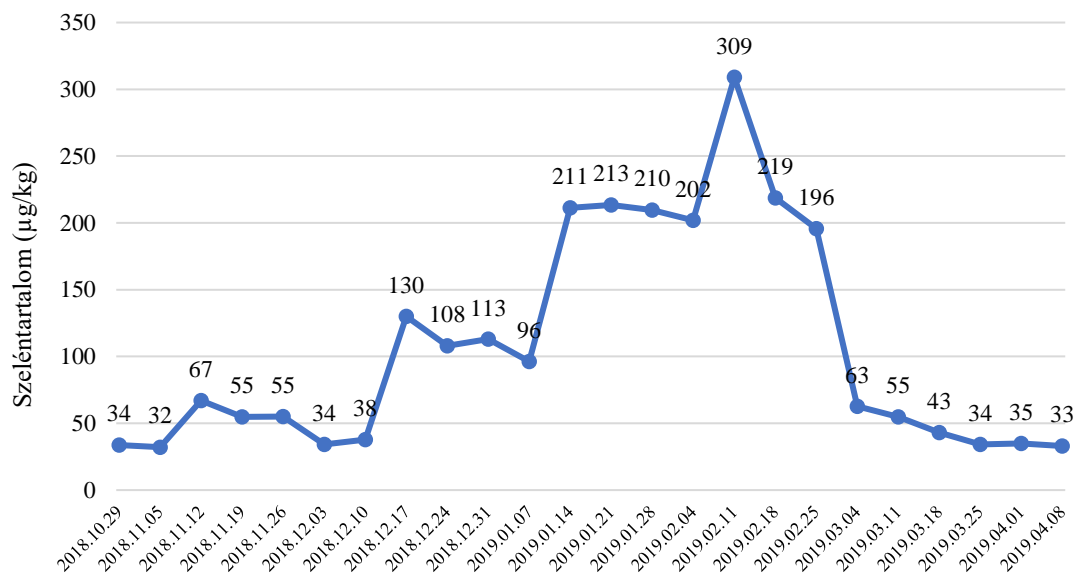
A hajdúböszörményi telep eredményei nem mutatnak ekkora kiugrást. A legnagyobb dózisú kiegészítés és a kontroll minták között van szignifikáns különbség, de az 1 és 2 mg/egyed/nap kiegészítés között történt takarmányváltás következtében a két kezelés átlaga szinte megegyezik. Emiatt a visszaesés miatt nem készítettem 2 mg-os kiegészítéskor vett tejből tejtermékeket.

A kontroll időszakban, illetve a kísérlet végeztével fejt tej szeléntartalma ( $32,93$ - $52,42 \mu\text{g/kg}$ ) közel áll, illetve az egyik telep esetében meghaladja a szakirodalmi adatok eredményéhez:  $25 \mu\text{g/kg}$  (CSAPÓ – CSAPÓNÉ, 2002);  $20,8 \mu\text{g/kg}$  (VENTURA és mtsai, 2007);  $15 \mu\text{g/kg}$  (STOCKDALE és mtsai, 2011);  $17,1 \mu\text{g/kg}$  (LING és mtsai, 2017);  $39,8 \mu\text{g/kg}$  (KÁRNYÁCSKI, 2020).

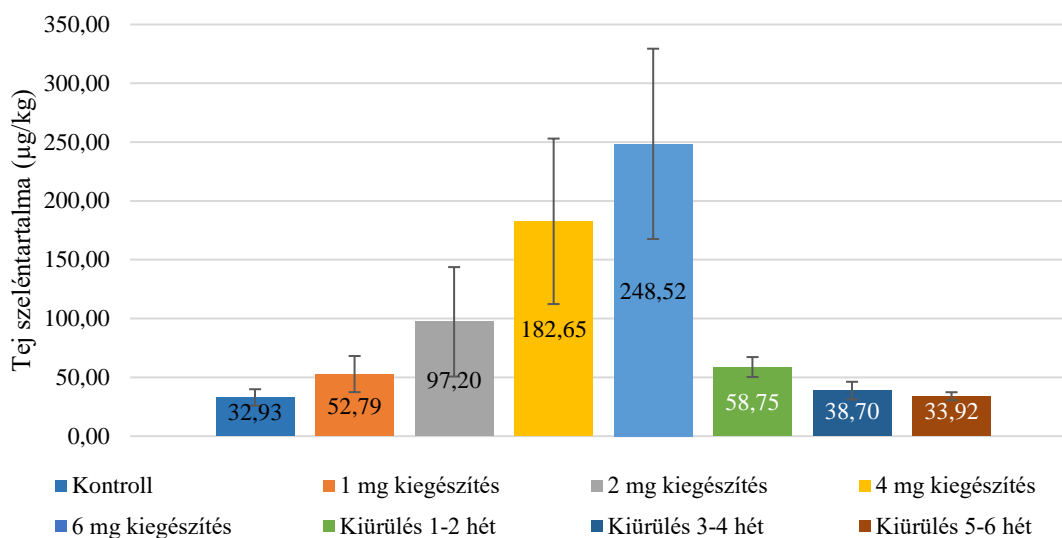
#### 4.2.1.1. Tej átlagos szeléntartalma kezeléseként (Bödönhát)

A tej átlagos szeléntartalmát a 12. ábra, a teljes vizsgált időszakra vonatkozóan a 13. ábra mutatja be a bödönháti telep adatai alapján.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy kísérlet kezdeten vett kontroll minta szeléntartalma  $32,93 \mu\text{g}/\text{kg}$  ( $\pm 6,96 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) volt. A különböző dózisokban történő szelénkiegészítés hatására a tej szeléntartalma folyamatosan emelkedett.  $1 \text{ mg}/\text{nap}$  szelénkiegészítés mellett a tej átlagos szeléntartalma  $52,79 \mu\text{g}/\text{kg}$  ( $\pm 15,38$ ) értékre növekedett.  $2 \text{ mg}/\text{nap}$  szelénkiegészítés mellett a tej szeléntartalma  $97,20 \mu\text{g}/\text{kg}$  ( $\pm 46,54$ ),  $4 \text{ mg}/\text{nap}$  kiegészítés esetén  $182,65 \mu\text{g}/\text{kg}$  ( $\pm 70,34$ ). A legmagasabb,  $6 \text{ mg}/\text{nap}$  szelénkiegészítés alkalmazása mellett a tej szeléntartalma elérte a csúcserőket, ekkor átlagosan  $248,52 \mu\text{g}/\text{kg}$  ( $\pm 80,88$ ) szelént tartalmazott a vizsgált szarvasmarhák teje. A kísérlet 17. hetében a szelénadagolást elhagyásra került, ettől az időponttól kezdődően a tej szeléntartalma folyamatosan és gyors ütemben csökkent. A 22. hétre a kontroll értékek alá csökkent a tej szeléntartalma. Az idősoros grafikont vizsgálva jól látható, hogy a szeléntartalom jelentős növekedésének ugrása mindig a dózis növeléséhez köthető.



12. ábra: Az átlagos szeléntartalom változása a vizsgált időszakban (Bödönhát)



**13. ábra: A tej átlagos szeléntartalma (Bödönhát)**

A különböző kezelések szeléntartalomra gyakorolt hatásának vizsgálatához Oneway ANOVA segítségével hasonlítottam össze a különbözők kezeléseket. Post Hoc teszt segítségével állapítottam meg, hogy van-e különbség a kontroll és a szelénkiegészítést követően vett tejminták között.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált tejminták az átlagos szeléntartalom alapján különböznek egymástól, a köztük lévő különbség szignifikáns ( $p=0,000$ ;  $F=52,116$ ). A Post Hoc teszt eredményei alapján a 1 mg/nap szelénkiegészítés mellett a tej szeléntartalma a kontrolltól nem különbözik szignifikánsan ( $SE= 16,04$   $p_{Tukey}= 0,919$ ). Tehát annak ellenére, hogy az 1 mg/nap kiegészítés esetén a tej átlagos szeléntartalma  $19,85 \mu\text{g/kg}$ -mal magasabb, a különbség statisztikailag nem igazolható (kontroll:  $32,93 \pm 6,96 \mu\text{g/kg}$ , 1 mg/nap kezelés:  $52,79 \pm 15,38 \mu\text{g/kg}$ ). A 2 mg/nap szelénkiegészítés esetén a tej átlagos szeléntartalma  $64,26 \mu\text{g/kg}$ -mal magasabb a kontroll értéknél (kontroll:  $32,93 \pm 6,96 \mu\text{g/kg}$ , 2 mg/nap kezelés:  $97,20 \pm 46,54 \mu\text{g/kg}$ ). A kontroll és a 2 mg/nap kezelés közötti különbség szignifikáns ( $SE= 16,04$   $p_{Tukey}= 0,003$ ). A 4 mg/nap szelénkiegészítés esetén a tej átlagos szeléntartalma  $149,72 \mu\text{g/kg}$ -mal magasabb a kontroll értéknél ( $182,69 \pm 70,29 \mu\text{g/kg}$ ), a különbség a Post Hoc teszt eredményei alapján szignifikáns ( $SE= 16,04$   $p_{Tukey}= 0,000$ ). A kontrollhoz viszonyítva a legnagyobb különbség a tej szeléntartalmában a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszakában volt mérhető, ekkor a tej átlagos szeléntartalma  $215,58 \mu\text{g/kg}$ -mal volt magasabb a kontroll értéknél (kontroll:  $32,93 \pm 6,96 \mu\text{g/kg}$ , 6 mg/nap kezelés:  $247,83 \pm 80,88 \mu\text{g/kg}$ ). A kontroll és 6 mg/nap kiegészítés közötti különbség ebben az esetben is szignifikáns ( $SE=$

16,04  $p_{\text{Tukey}} = 0,000$ ). A kiürülési időszak értékeit vizsgálva megállapítható, hogy a kiürülés első és második hetében mért átlagos szeléntartalom 25,82  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal magasabb ( $58,75 \pm 7,86 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), de a kontrollhoz viszonyított különbség már nem szignifikáns ( $\text{SE} = 19,43$   $p_{\text{Tukey}} = 0,886$ ). A kiürülés harmadik és negyedik hetében mért érték 5,77  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal magasabb a kontroll értékénél ( $38,70 \pm 7,07 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), a különbség szintén nem szignifikáns ( $\text{SE} = 19,43$   $p_{\text{Tukey}} = 1,000$ ). A kiürülés ötödik és hatodik hetében mért érték közel azonos a kontroll értékkel (kontroll:  $32,93 \pm 6,96 \mu\text{g}/\text{kg}$ , kiürülés 5-6. hete:  $33,92 \pm 3,12 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), a különbség nem szignifikáns ( $\text{SE} = 19,43$   $p_{\text{Tukey}} = 1,000$ ).

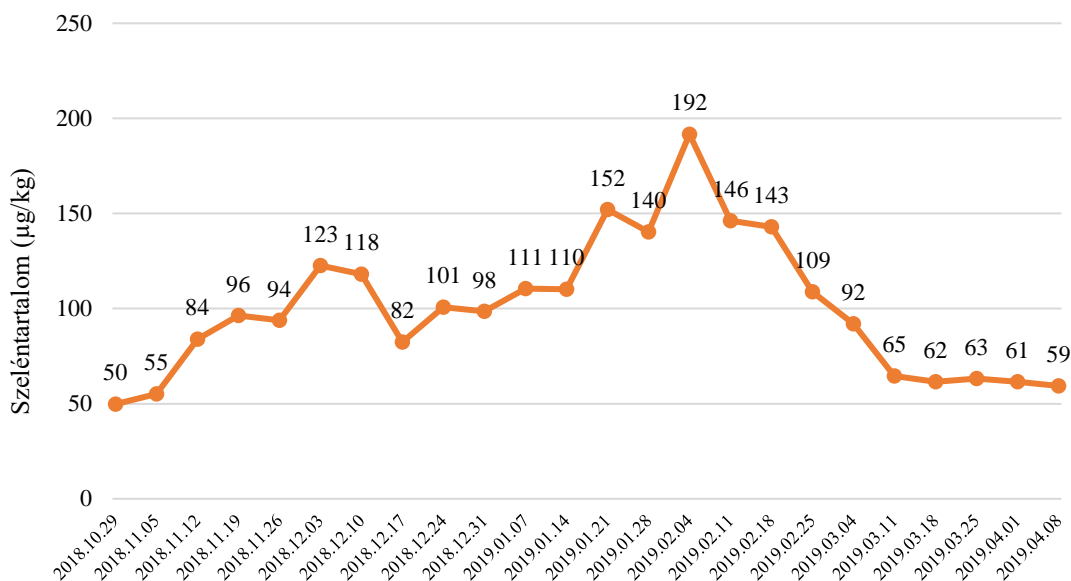
8. táblázat: A tej szeléntartalma – kezelések közötti különbségek vizsgálata (Bödönhát) ( $0,05 > p$  esetén szignifikáns, n.s.: nem szignifikáns)

Bödönhát	Kontroll	1 mg kieg.	2 mg kieg.	4 mg kieg.	6 mg kieg.	Kiürülés 1-2 hét	Kiürülés 3-4 hét	Kiürülés 5-6 hét
Kontroll	-	n.s.	0,003	0,000	0,000	n.s.	n.s.	n.s.
1 mg kiegészítés	n.s.	-	0,02	0,000	0,000	n.s.	n.s.	n.s.
2 mg kiegészítés	0,003	0,02	-	0,000	0,000	n.s.	0,018	0,007
4 mg kiegészítés	0,000	0,000	0,000	-	0,005	0,000	0,000	0,000
6 mg kiegészítés	0,000	0,000	0,000	0,005	-	0,000	0,000	0,000
Kiürülés 1-2 hét	n.s.	n.s.	n.s.	0,000	0,000	-	n.s.	n.s.
Kiürülés 3-4 hét	n.s.	n.s.	0,018	0,000	0,000	n.s.	-	n.s.
Kiürülés 5-6 hét	n.s.	n.s.	0,007	0,000	0,000	n.s.	n.s.	-

A 8. táblázatban összefoglaltam a tej átlagos szeléntartalmára vonatkozó vizsgálat statisztikai eredményeit. A táblázat a p értékeket tartalmazza, ahol a különbség nem szignifikáns ott n.s. jelölés található. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a 4 mg/nap és a 6 mg/nap dózis adagolása esetén a tej szeléntartalma nemcsak a kontroll értékektől, hanem a többi kezelés és a kiürülés időszakának értékeitől is szignifikánsan különbözik. Továbbá megállapítható, hogy a kiürülés időszakában mért értékek sem egymástól, sem a kontrolltól nem különböznek szignifikánsan.

4.2.1.2. Tej átlagos szeléntartalma kezeléseként (Hajdúböszörmény)

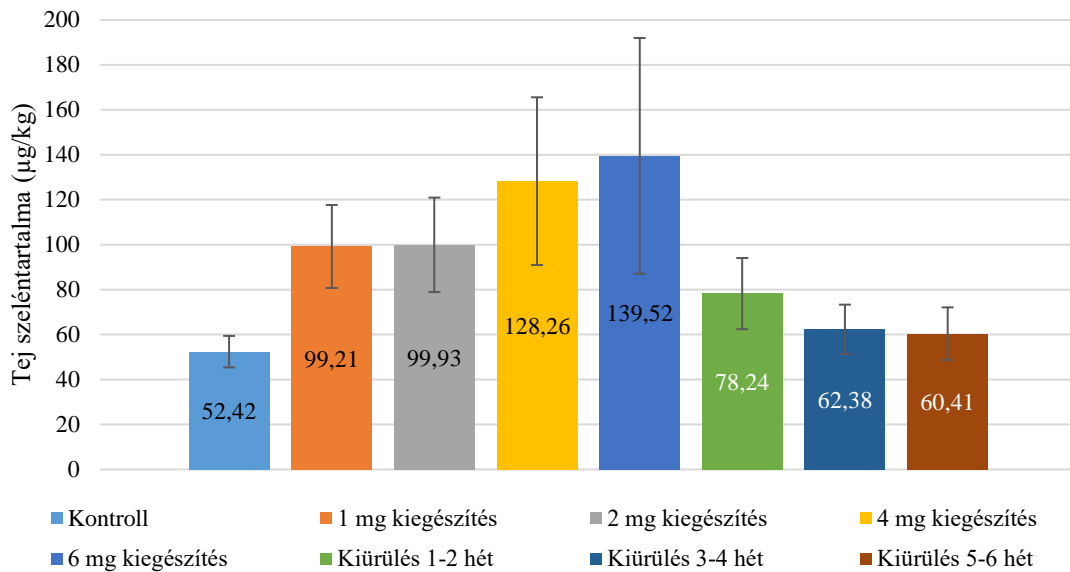
A tej szeléntartalmának változását a teljes vizsgált időszakra vonatkozóan a 14. ábra mutatja be a hajdúböszörményi telep adatai alapján.



**14. ábra: Az átlagos szeléntartalom változása a vizsgált időszakban (Hajdúböszörmény)**

Az eredmények alapján megállapítható, hogy kísérlet kezdetén vett kontroll minta átlagos szeléntartalma  $52,42 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 7,02 \mu\text{g/kg}$ ) volt. A folyamatosan emelkedő dózisoknak köszönhetően a tej szeléntartalma is növekedett a vizsgált időszakban, bár a növekedés nem olyan látványos, mint a bödőnháti telep esetében. Az eredményeket vizsgálva az is látható, hogy a kontrolltól az  $1 \text{ mg/nap}$  és a  $2 \text{ mg/nap}$  kiegészítés ugyan eltér, de a grafikonon a kettő dózis közötti különbség már nem észrevehető. Ez a 2018.11.12. és 2018.12.31. közötti időszakban történt. A  $4 \text{ mg/nap}$  szelénkiegészítés hatás legfőképpen a 21. és 28. napon vett tejminták esetében jelenik meg, jól látható, hogy a 2019.01.21-i mérés esetében a szeléntartalom  $152,0 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 46,32 \mu\text{g/kg}$ ) volt, egy héttel később  $140,3 \mu\text{g/kg}$ -ot ( $\pm 39,56 \mu\text{g/kg}$ ) mértem. A vizsgált időszakban a legmagasabb szeléntartalom a  $6 \text{ mg/nap}$  szelénkiegészítés adagolásának időszakához köthető (2019. február), az szeléntartalom csúcserékét is ebben az időszakban mértem. 2019.02.04-én a tej a szeléntartalma  $191,7 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 44,14 \mu\text{g/kg}$ ) volt, ez az érték a kontroll értékhez képest közel négyszeres emelkedést jelent. A szelénkiegészítés elhagyásával (2019. márciustól) a tej szeléntartalma tovább csökkent, a kiürülés hatodik hetére a tej szeléntartalma  $57,70 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 9,08 \mu\text{g/kg}$ ) csökkent, ezzel megközelítette a kontroll értéket, melyet a kísérlet kezdetén mértem. Az ekkor mért érték a csúcserék harmada. Megállapítható, hogy a szelénkiegészítés befejezését követően a szeléntartalom hat hét leforgása alatt visszaállt az eredeti szintre.

A tej átlagos szeléntartalmát kezelésenként a 15. ábra mutatja be a hajdúböszörményi telep adatai alapján.



15. ábra: A tej átlagos szeléntartalma (Hajdúböszörmény)

A One-way ANOVA teszt elvégzését követően megállapítható, hogy a vizsgált tejminták az átlagos szeléntartalom alapján különböznek egymástól, a köztük lévő különbség szignifikáns ( $p=0,000$ ;  $F=20,354$ ). Annak érdekében, hogy megvizsgálhassam, hogy az egyes kezelések, valamint a kezelések és a kontroll között van-e szignifikáns különbség Tukey HSD Post hoc tesztet végeztem. A kezelésenkénti átlagokat megvizsgálva látható, hogy a kísérlet kezdetén vett kontroll minta szeléntartalma  $52,42 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 7,02 \mu\text{g/kg}$ ) volt. Az  $1 \text{ mg/nap}$  szelénkiegészítés adagolásával a tej átlagos szeléntartalma  $99,21 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 18,47 \mu\text{g/kg}$ ) növekedett, ez a kontroll értéknél  $46,80 \mu\text{g/kg}$ -mal magasabb, a kontroll érték közel duplája. A Post Hoc teszt eredményei alapján a  $1 \text{ mg/nap}$  szelénkiegészítés mellett a tej szeléntartalma a kontrolltól szignifikánsan különbözik, szignifikánsan magasabb szeléntartalom jellemzi a kezelésből származó tejet ( $SE= 10,48$   $p_{\text{Tukey}}= 0,000$ ).  $2 \text{ mg/nap}$  szelénkiegészítés esetén a tej átlagos szeléntartalma  $99,93 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 21,03 \mu\text{g/kg}$ ), ez  $47,52 \mu\text{g/kg}$ -mal magasabb a kontroll értéknél. A kontroll és a  $2 \text{ mg/nap}$  kezelés közötti különbség szignifikáns ( $SE= 10,48$   $p_{\text{Tukey}}= 0,000$ ). Az  $1 \text{ mg/nap}$  és a  $2 \text{ mg/nap}$  szelénkiegészítést követően mért szeléntartalom közel azonos, a köztük lévő különbség nem szignifikáns ( $SE= 8,55$   $p_{\text{Tukey}}= 1,000$ ). Jelentős növekedés tapasztalható a tej átlagos szeléntartalmában, mind a kontrollhoz, mind az  $1 \text{ mg/nap}$  és a  $2 \text{ mg/nap}$  szelénkiegészítéshez képest a  $4 \text{ mg/nap}$  dózis esetében. A  $4 \text{ mg/nap}$  szelénkiegészítést kapott tehének tejének átlagos szeléntartalma  $128,26 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 37,32$

µg/kg), ez 75,84 µg/kg-mal magasabb a kontroll értéknél. A kontrollhoz viszonyított különbség a Post Hoc teszt eredményei alapján szignifikáns (SE= 10,48 p<sub>Tukey</sub>= 0,000). A tej szeléntartalma a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszakában érte el a vizsgált időszak csúcserékét. A 6 mg/nap kezelésre jellemző átlagos szeléntartalom 139,52 µg/kg (± 52,45 µg/kg), ez 87,10 µg/kg-mal magasabb a kontroll értéknél. A kontrollhoz viszonyítva ez az érték szignifikánsan magasabb a Post Hoc teszt eredményei alapján (SE= 10,48 p<sub>Tukey</sub>= 0,000). A kiürülés 1-2. hetében mért átlagos szeléntartalom 78,24 µg/kg (± 15,85 µg/kg), ami ugyan 25,83 µg/kg-mal magasabb a kontroll értéknél, de a különbség nem szignifikáns (SE= 12,09 p<sub>Tukey</sub>= 0,398). A kiürülés 3-4. hetében mért átlagos szeléntartalom 62,38 µg/kg (± 10,96 µg/kg), ez 9,96 µg/kg-mal magasabb a kontroll értéknél, a kontrollhoz viszonyított különbség nem szignifikáns (SE= 12,09 p<sub>Tukey</sub>= 0,992). A kiürülés 5-6. hetében mért átlagos szeléntartalom 60,41 µg/kg (± 11,72 µg/kg), ez 7,99 µg/kg-mal magasabb a kontroll értéknél, a kontrollhoz viszonyított különbség nem szignifikáns (SE= 12,09 p<sub>Tukey</sub>= 0,998).

9. táblázat: A tej szeléntartalma – kezelések közötti különbségek vizsgálata (Hajdúböszörmény) (0,05>p esetén szignifikáns, n.s.: nem szignifikáns)

Hajdú- böszörmény	Kontroll	1 mg kieg.	2 mg kieg.	4 mg kieg.	6 mg kieg.	Kiürülés 1-2 hét	Kiürülés 3-4 hét	Kiürülés 5-6 hét
Kontroll	-	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>
1 mg kieg.	0,000	-	<b>n.s.</b>	0,020	0,000	<b>n.s.</b>	0,013	0,007
2 mg kieg.	0,000	<b>n.s.</b>	-	0,026	0,000	<b>n.s.</b>	0,011	0,006
4 mg kieg.	0,000	0,020	0,026	-	<b>n.s.</b>	0,000	0,000	0,000
6 mg kieg.	0,000	0,000	0,000	<b>n.s.</b>	-	0,000	0,000	0,000
Kiürülés 1-2 hét	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	0,000	0,000	-	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>
Kiürülés 3-4 hét	<b>n.s.</b>	0,013	0,011	0,000	0,000	<b>n.s.</b>	-	<b>n.s.</b>
Kiürülés 5-6 hét	<b>n.s.</b>	0,007	0,006	0,000	0,000	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	-

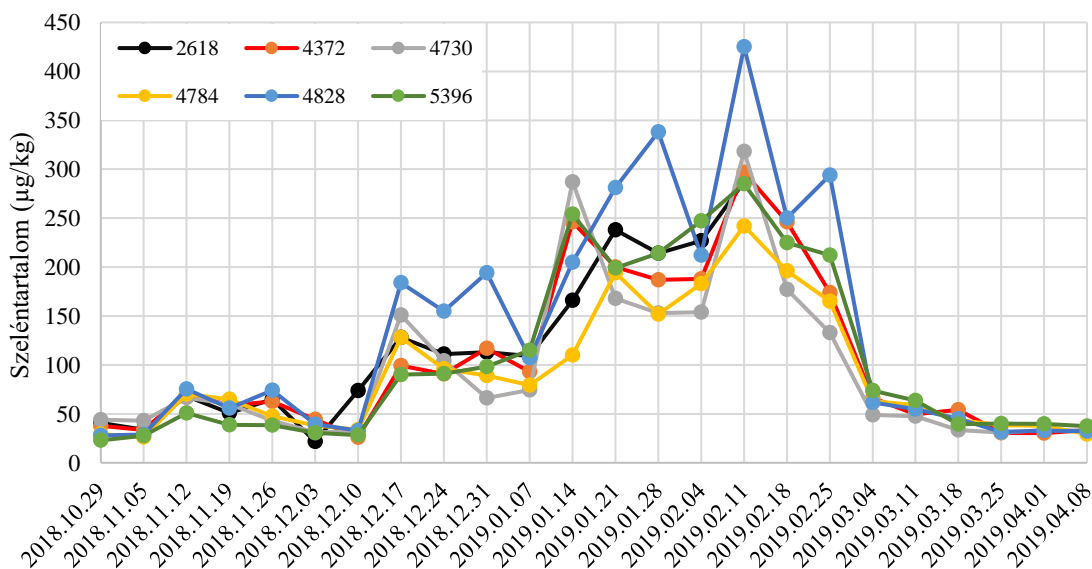
A 9. táblázatban összefoglaltam a tej átlagos szeléntartalmára vonatkozó vizsgálat statisztikai eredményeit a hajdúböszörményi telepre vonatkozóan. A táblázat a p értékeket tartalmazza, ahol a különbség nem szignifikáns ott n.s. jelölés található. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a kezelések (1; 2; 4; 6 mg/nap) mindegyike a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb szeléntartalommal jellemezhető. A 4 mg/nap

és a 6 mg/nap kezelések nemcsak a kontroll értékektől, hanem az 1 mg/nap, 2 mg/nap dózis értékeitől, valamint a kiürülési időszakban mért értékektől is szignifikánsan különböznek. A kiürülés időszakában mért szeléntartalom és a kontroll között azonban nincs szignifikáns különbség, valamint a kiürülés időszakában mért értékek egymástól sem különböznek szignifikánsan.

#### 4.2.2. A tej szeléntartalmának vizsgálata egyedenként

##### 4.2.2.1. A bődönháti telep egyedenkénti vizsgálat

Az egyedenkénti eredmények ismertetését a bődönháti telep hat vizsgált egyedének elemzésével kezdem. A tej szeléntartalmának változását a vizsgált időszakban egyedenkénti bontásban a 16. ábra mutatja be. Az ábra alapján látható, hogy a kontroll időszakot követően (első két mérési időpont), a tej szeléntartalma kismértékben megemelkedett az 1 mg/nap és a 2 mg/nap dózisú szelénkiegészítés miatt. Minden vizsgált egyed esetében jelentősebb mértékű növekedés tapasztalható a 2018.12.17-i mérés alkalmával. A 1 mg/nap és a 2 mg/nap dózisú kezelés elkülönül az ábra alapján. 2019 év elejétől újabb jelentős növekedés látható, minden vizsgált egyed esetében, ekkor vette kezdetét a 4 mg/nap szelénkiegészítés adagolása. A 4 mg/nap és a 6 mg/nap dózisok az egyedek alapján elkülönülnek egymástól, különösen a 4784-es, és az 5396-os egyedek esetében. A kiürülés időszaka (2019. márciusától) csökkenő szelénkoncentrációkkal jellemezhető, a szelén kiürülésének folyamata minden egyed esetében látható.



16. ábra: Szeléntartalom változása egyedenként a kísérletkor (Bődönhát)

A 4372-es fűlszámú egyed esetében a kontroll mérések időpontjában a tej átlagos szeléntartalma  $35,50 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 2,97 \mu\text{g/kg}$ ). A szeléntartalom a növekvő dózisú szelénkiegészítés hatására a vizsgált időszakban növekedett, 1 mg/nap kiegészítés esetén átlagosan  $59,13 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 11,10 \mu\text{g/kg}$ ), 2 mg/nap kiegészítés idején  $83,25 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 39,69 \mu\text{g/kg}$ ), 4 mg/nap kiegészítés alkalmazásával  $181,50 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 64,20 \mu\text{g/kg}$ ). A tej szeléntartalma a 4372-es fűlszámú egyed esetében a csúcserőket,  $297 \mu\text{g/kg}$ , a 2019.02.11-i mérés időpontjában érte el. Ez a 6 mg/nap kiegészítés második hetében történt. Az dózisok között egyértelműen a 6 mg/nap kiegészítés időszaka jellemezhető a legmagasabb átlagos szeléntartalommal, a 4372-es egyed esetében ez  $226,25 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 56,54 \mu\text{g/kg}$ ), ami  $190,75 \mu\text{g/kg}$ -mal magasabb a kontroll értéknél. A kiürülés időszakát csökkenő szeléntartalom jellemzi, az 1-2. hétben átlagosan  $57,80 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 11,88 \mu\text{g/kg}$ ), a 3-4. héten  $42,40 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 16,55 \mu\text{g/kg}$ ), az 5-6. héten  $31,85 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 2,55 \mu\text{g/kg}$ ) csökkent a vizsgált egyed tejének szeléntartalma. Az időszak végére a szeléntartalom a kontroll érték alá csökkent. A vizsgált tejminták az átlagos szeléntartalom alapján különböznek egymástól, a köztük lévő különbség szignifikáns ( $p=0,000$ ;  $F=10,412$ ). Az egyes kezelések, valamint a kezelések és a kontroll közötti különbségek vizsgálatára, Tukey HSD Post hoc tesztet végeztem. A kontrollhoz viszonyított különbség a Post Hoc teszt eredményei alapján a 4 mg/nap ( $SE= 35,89$   $p_{\text{Tukey}}= 0,016$ ) és a 6 mg/nap ( $SE= 35,89$   $p_{\text{Tukey}}= 0,001$ ) kiegészítés esetében szignifikáns. Ez alapján megállapítható, hogy a 4372-es fűlszámú egyed teje a 4 mg/nap és a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszakában szignifikánsan több szelént tartalmazott, mint a kontroll időszakban. A kontrollhoz viszonyítva az 1 mg/nap és a 2 mg/nap kiegészítés, valamint a kiürülés időszakának mintái nem különböznek szignifikánsan. Azaz ezekben az időszakokban nem volt szignifikánsan magasabb a vizsgált egyed tejének szeléntartalma.

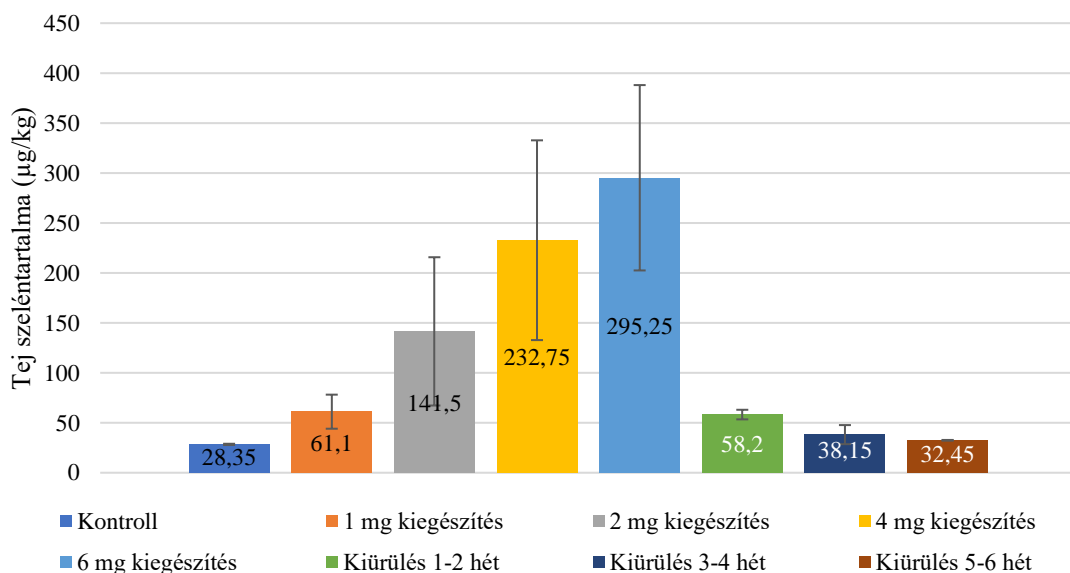
A 4730-as fűlszámú egyed esetében a kontroll mérések időpontjában a tej átlagos szeléntartalma  $43,50 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 0,85 \mu\text{g/kg}$ ). A szeléntartalom a növekvő dózisú szelénkiegészítés hatására a vizsgált időszakban növekedett, az 1 mg/nap, a 2 mg/nap és a 4 mg/nap kiegészítés hatására az átlagos szeléntartalom  $50,23 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 16,10 \mu\text{g/kg}$ ),  $88,33 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 51,09 \mu\text{g/kg}$ ) és  $170,60 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 87,79 \mu\text{g/kg}$ ) emelkedett. A tej szeléntartalma a 4730-as fűlszámú egyed esetében a csúcserőket  $318 \mu\text{g/kg}$ -ot a 2019.02.11-i mérés időpontjában érte el. Ez a 6 mg/nap kiegészítés második hetében történt. Az dózisok között egyértelműen a 6 mg/nap kiegészítés időszaka jellemezhető a legmagasabb átlagos szeléntartalommal, a 4730-as egyed esetében ez  $195,50 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm$

83,62 µg/kg), ami 152,0 µg/kg-mal magasabb a kontroll értéknél. A kiürülés időszakát csökkenő szeléntartalom jellemzi, az 1-2. hétben átlagosan 48,25 µg/kg-ra ( $\pm 1,06$  µg/kg), a 3-4. héten 32,20 µg/kg-ra ( $\pm 1,98$  µg/kg), az 5-6. héten 33,10 µg/kg-ra ( $\pm 0,57$  µg/kg) csökkent a vizsgált egyed tejének szeléntartalma. A szeléntartalom a kiürülés harmadik hetében már a kontroll érték alá csökkent. A vizsgált tejminták között lévő különbség az átlagos szeléntartalom alapján szignifikáns ( $p=0,008$ ;  $F=4,188$ ). A Post Hoc teszt eredményei alapján a 4 mg/nap ( $SE= 49,70$   $p_{Tukey}= 0,021$ ) és a 6 mg/nap ( $SE= 49,70$   $p_{Tukey}= 0,008$ ) kezelések szignifikánsan magasabb szeléntartalommal jellemezhetők, mint a kontroll. Az 1 mg/nap, a 2 mg/nap, valamint a kiürülés időszakában mért átlagos szeléntartalom a kontroll értéktől nem különbözik szignifikánsan.

A 4784-es fülszámú egyed esetében a kontroll mérések időpontjában a tej átlagos szeléntartalma 27,85 µg/kg ( $\pm 2,05$  µg/kg). A növekvő dózisban történő szelénkiegészítés hatására a vizsgált egyed tejének szeléntartalma növekedett, az 1 mg/nap dózis esetén 55,20 µg/kg-ra ( $\pm 14,99$  µg/kg), a 2 mg/nap dózisonál 86,73 µg/kg-ra ( $\pm 39,09$  µg/kg), a 4 mg/nap dózisonál 133,83 µg/kg-ra ( $\pm 49,97$  µg/kg). A tej átlagos szeléntartalma a csúcserőket a 6 mg/nap kiegészítés időszakában érte el, ekkor az átlagos szeléntartalom 196,50 µg/kg-ra ( $\pm 32,89$  µg/kg) növekedett. Az átlagos érték 168,65 µg/kg-mal magasabb a kontroll értéknél. A legmagasabb szeléntartalmat 242 µg/kg-ot a 2019.02.11-i mérés időpontjában mértem. A szelénkiegészítés befejezését követően a szeléntartalom csökkent, a kiürülés 1-2. hetében átlagosan 60,90 µg/kg-ra ( $\pm 2,83$  µg/kg), majd a 3-4. héten 41,10 µg/kg-ra ( $\pm 3,82$  µg/kg), az időszak végén (5-6. hét) 33,55 µg/kg-ra ( $\pm 6,15$  µg/kg). Az időszak végén mért értékek már erősen közelítik a kontroll értéket. A statisztikai elemzés alapján a vizsgált tejminták között van legalább két olyan kezelés, amelynek átlaga szignifikánsan eltér egymástól ( $p=0,000$ ;  $F=11,156$ ). A Post Hoc teszt eredménye megmutatja, hogy a kontrollhoz képest a 4 mg/nap ( $SE= 27,43$   $p_{Tukey}= 0,023$ ) és a 6 mg/nap ( $SE= 27,43$   $p_{Tukey}= 0,000$ ) dózisú szelénkiegészítés időszakában mért eredmények szignifikánsan magasabbak, mint a kontroll érték. Az 1 mg/nap, a 2 mg/nap szelénkiegészítés, valamint a kiürülés időszakában mért átlagos szeléntartalom, nem különbözik szignifikánsan a kontroll időszakban mért értéktől.

A 4828-as fülszámú egyed esetében a kontroll mérések időpontjában a tej átlagos szeléntartalma 28,35 µg/kg ( $\pm 0,64$  µg/kg). Az 1 mg/nap szelénkiegészítés hatására a tej szeléntartalma 61,10 µg/kg-ra ( $\pm 17,05$  µg/kg) növekedett. A további kiegészítések időszakában ennél is jelentősebb növekedést tapasztaltam. A 2 mg/nap kiegészítés

időszaka 141,50  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -os ( $\pm 74,20 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), a 4 mg/nap 232,75  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -os ( $\pm 99,98 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), a 6 mg/nap 295,25  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -os ( $\pm 92,76 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) átlagos szeléntartalommal jellemezhető. A 4828-as fülszámú egyed esetében is a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszaka jellemezhető a legmagasabb átlagos szeléntartalommal, ami 266,90  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal magasabb a kontroll értéknél. A legmagasabb szeléntartalmat, 435  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ot, a 2019.02.11-i mérés időpontjában mértem. A szelénkiegészítés elhagyását követően a kiürülés időszakában a szeléntartalom csökkent, az 1-2. héten átlagosan 58,20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ra ( $\pm 4,81 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), a 3-4. héten 38,15  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ra ( $\pm 9,55 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), az 5-6. héten 32,45  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ra ( $\pm 0,35 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Az időszak végén a szeléntartalom megközelítette a kontroll értéket. Az egyes kezelések átlagos szeléntartalmát a 17. ábra segítségével ábrázoltam. A 4828-as egyed adataira elvégzett ANOVA elemzés eredménye alapján, van legalább két olyan kezelés melynek várható értéke szignifikánsan eltér egymástól ( $p=0,000$ ;  $F=7,399$ ). A Post Hoc teszt eredménye megmutatja, hogy a kontrollhoz képest a 4 mg/nap ( $SE= 58,61 p_{\text{Tukey}}= 0,048$ ) és a 6 mg/nap ( $SE= 58,61 p_{\text{Tukey}}= 0,006$ ) időszakban mért átlagos szeléntartalom, szignifikánsan magasabb, mint a kontroll időszakban mért érték. Az 1 mg/nap, a 2 mg/nap szelénkiegészítés, valamint a kiürülés időszakában mért átlagos szeléntartalom, nem különbözik szignifikánsan a kontroll időszakban mért értéktől.



### 17. ábra: A tej átlagos szeléntartalma a 4828-as fülszámú egyed esetében

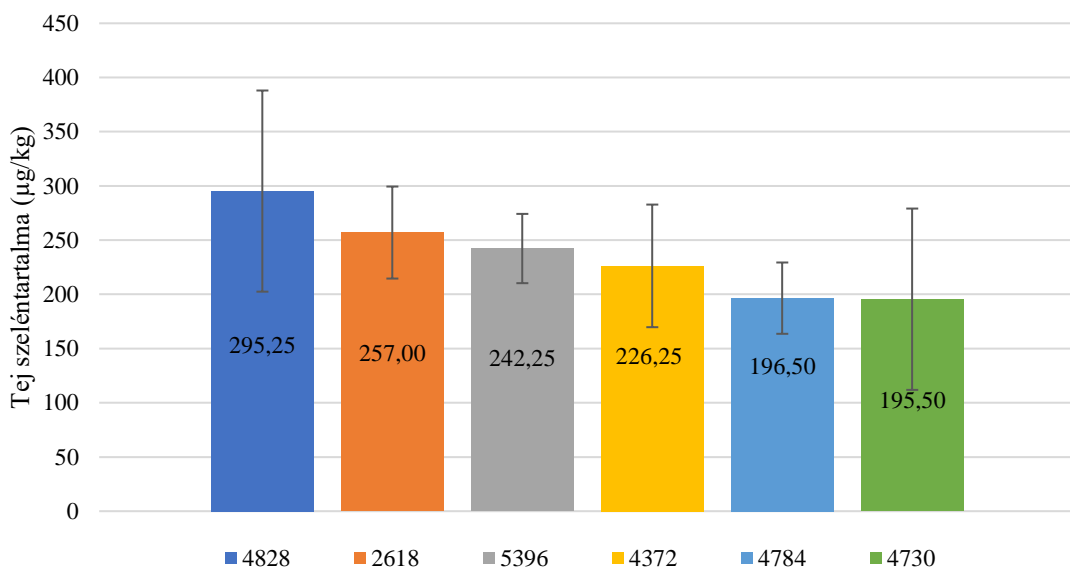
Az 5396-os fülszámú egyed esetében a tej átlagos szeléntartalma a vizsgálat kezdetén (kontroll időszak) 25,25  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ( $\pm 3,32 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). A szelénkiegészítés hatására a kontroll időszakhoz képest a szeléntartalom növekedett. Az 1 mg/nap kiegészítés időszakában 39,65  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ra ( $\pm 8,45 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), a 2 mg/nap esetén 76,98  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ra ( $\pm 32,60$

$\mu\text{g/kg}$ ), 4 mg/nap esetében 195,50  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 58,47 \mu\text{g/kg}$ ). A többi vizsgált egyedhez hasonlóan a tej átlagos szeléntartalma a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszakában érte el a legmagasabb értékét, 242,25  $\mu\text{g/kg}$ -ot ( $\pm 31,95 \mu\text{g/kg}$ ), ami 217,00  $\mu\text{g/kg}$ -mal magasabb a kontroll értéknél. A legmagasabb szeléntartalmat, 285  $\mu\text{g/kg}$ -ot, a 2019.02.11-i mérés időpontjában mértem. A kiürülés időszakát csökkenő átlagos szeléntartalom jellemzi. A kiürülés 1-2. hetében átlagosan 68,60  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 7,07 \mu\text{g/kg}$ ), majd a 3-4. héten 39,65  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 0,35 \mu\text{g/kg}$ ), az időszak végére (5-6. hét) 38,65  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 1,63 \mu\text{g/kg}$ ) csökkent a szeléntartalom. A vizsgált tejminták között lévő különbség az átlagos szeléntartalom alapján szignifikáns ( $p=0,000$ ;  $F=21,921$ ). A Post Hoc teszt eredményei megmutatják, hogy a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb átlagos szeléntartalommal jellemezhető a 4 mg/nap ( $SE= 28,05$   $p_{\text{Tukey}}= 0,000$ ) és a 6 mg/nap ( $SE= 28,05$   $p_{\text{Tukey}}= 0,000$ ) dózisú kezelések. Az 1 mg/nap és a 2 mg/nap szelénkiegészítés időszakát, bár a kontrollnál magasabb szeléntartalom jellemzi, a különbség a kontrollhoz képest nem szignifikáns, ahogy a kiürülés időszakában sem.

2618-as számú egyed 2019.02.13-án szelektálásra került lábsérülés miatt, így csak a 6 mg/nap kiegészítés időszakának első két hetéig rendelkezik mért eredményekkel. A kontroll mérés időpontjában a 2618-os számú egyed tejének átlagos szeléntartalma 37,15  $\mu\text{g/kg}$  ( $\pm 4,88 \mu\text{g/kg}$ ) volt. A szelénkiegészítés időszakát fokozatosan növekvő szeléntartalom jellemzi. Az 1 mg/nap időszakában a tej átlagos szeléntartalmának értéke 51,43  $\mu\text{g/kg}$  ( $\pm 21,18 \mu\text{g/kg}$ ), a 2 mg/nap időszak értéke 106,40  $\mu\text{g/kg}$  ( $\pm 23,15 \mu\text{g/kg}$ ), a 4 mg/nap időszak értéke 181,75  $\mu\text{g/kg}$  ( $\pm 56,99 \mu\text{g/kg}$ ). 2618-as számú egyed esetében is a legmagasabb szeléntartalommal a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszaka jellemezhető, ekkor az egyed tejének átlagos szeléntartalma 257,00  $\mu\text{g/kg}$  ( $\pm 42,43 \mu\text{g/kg}$ ), ez 219,85  $\mu\text{g/kg}$ -mal magasabb a kontroll értéknél. A csúcserteket, 287  $\mu\text{g/kg}$ -ot, a 2019.02.11-i mérés időpontjában mértem. Mivel a vizsgált egyed szelektálásra került, ezért a kiürülés időszakáról nem rendelkezem mért adatokkal. A 2618-as számú egyed esetében a vizsgált tejminták átlagos szeléntartalma között szignifikáns különbség van ( $p=0,000$ ;  $F=16,290$ ). A kontrollhoz viszonyítva a 4 mg/nap ( $SE= 31,46$   $p_{\text{Tukey}}= 0,006$ ) és a 6 mg/nap ( $SE= 31,46$   $p_{\text{Tukey}}= 0,001$ ) szelénkiegészítés időszaka szignifikánsan magasabb szeléntartalommal jellemezhető. Az 1 mg/nap és a 2 mg/nap időszakában vett tejminták átlagos szeléntartalma nem különbözik szignifikánsan a kontrolltól.

Minden vizsgált egyed esetében a tej átlagos szeléntartalmának legmagasabb értékeit a 6 mg/nap kiegészítés időszakában lehetett mérni, ezt foglalja össze a 18. ábra.

A bödönháti telep vizsgált egyedei közül a 4828-as számú egyednél mértem a legmagasabb átlagos szeléntartalmat (295,25  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), ezen egyed esetében van a legnagyobb szeléntartalom növekedés a kontrollhoz képest. Ezt az egyedet a 2618-as számú egyed követi 257,00  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal, azonban ez az egyed szelektálásra került a 6 mg/nap dózisú kezelés idején. A harmadik helyen a 5396-os fülszámú egyed áll, ennél az egyednél 242,25  $\mu\text{g}/\text{kg}$  átlagos szeléntartalmat mértem a 6 mg/nap kiegészítés időszakában. A statisztikai elemzés alapján megállapítható, hogy mind a hat vizsgált egyed esetében a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb átlagos szeléntartalommal jellemezhető a 4 mg/nap és a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszaka (10. táblázat). Az 1 mg/nap és a 2 mg/nap kiegészítés időszakában is magasabb volt a kontrollhoz képest az átlagos szeléntartalom, de a különbség nem szignifikáns. A kiürülés időszakában mért átlagos szeléntartalom, egyetlen egyed esetében sem különbözik szignifikánsan a kontroll időszakban mért értéktől.



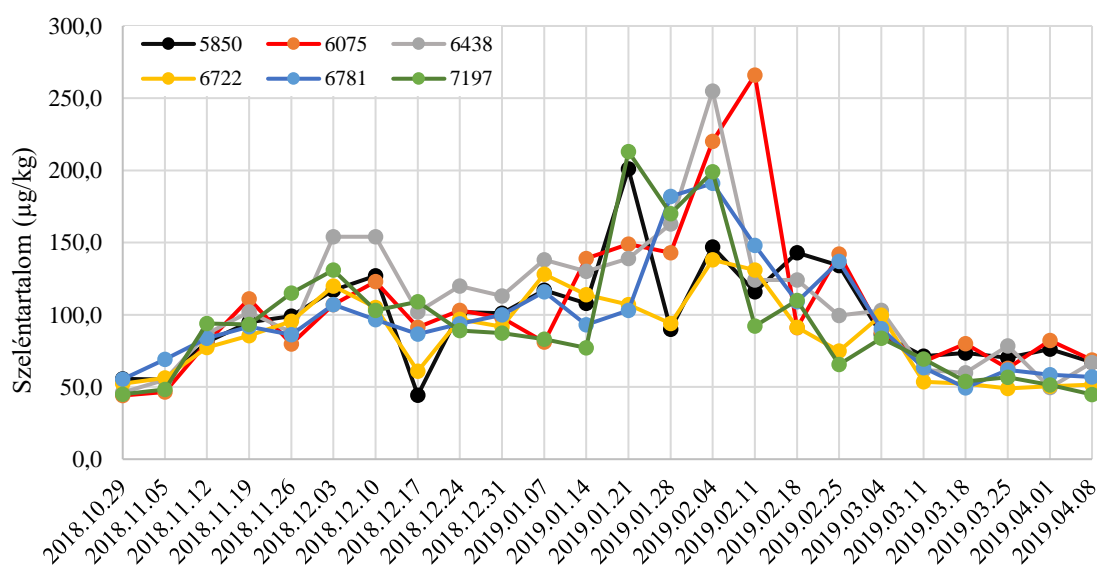
**18. ábra: A tej átlagos szeléntartalma 6 mg/nap kiegészítés alkalmazása esetén (Bödönhát)**

10. táblázat: Az egyes kezelések szignifikancia értékei a kontrollhoz képest  
(Bödönhát)

Dózis / Fülszám	2618	4372	4730	4784	4828	5396
1 mg kiegészítés	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2 mg kiegészítés	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
4 mg kiegészítés	0,006	0,016	0,021	0,023	0,048	0,000
6 mg kiegészítés	0,001	0,001	0,008	0,000	0,006	0,000
Kiürülés 1-2 hét	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Kiürülés 3-4 hét	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Kiürülés 5-6 hét	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

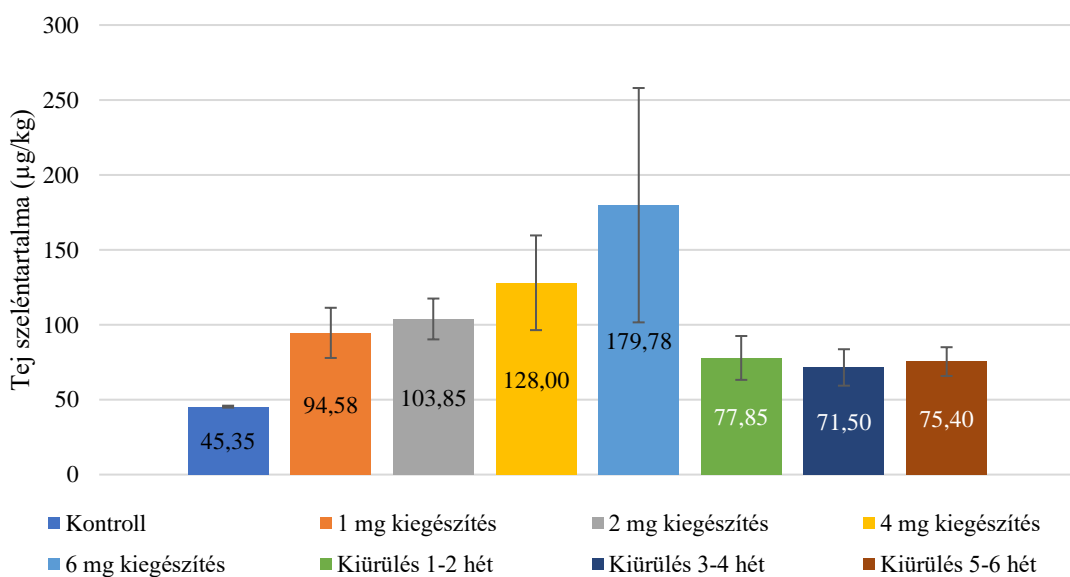
#### 4.2.2.2. A hajdúböszörményi telep egyedenkénti vizsgálat

A hajdúböszörményi telep hat vizsgált egyede esetében, a tej szeléntartalmának változását a vizsgált időszakban egyedenkénti bontásban a 13. ábra mutatja be. Az ábra alapján látható, hogy a kontroll időszakot követően (első két mérési időpont), a tej szeléntartalma, minden vizsgált egyed esetében növekedést mutat. A 1 mg/nap és a 2 mg/nap dózisú kezelések nem különülnek el élesen az ábra alapján. 2019 év elejétől újabb jelentős növekedés látható, minden vizsgált egyed esetében. A 4 mg/nap és a 6 mg/nap dózisok a 6075-ös, a 6781-es és a 6438-as fülszámú egyedek esetében szépen elkülöníthetők, míg a több egyed esetében inkább egybemosódik ez a két időszak. A kiürülés időszaka (2019. márciusától) csökkenő szelénkoncentrációkkal jellemezhető, a szelén kiürülésének folyamata minden egyed esetében látható.



19. ábra: Szeléntartalom változása egyedenként a kísérletkor (Hajdúböszörmény)

A hajdúböszörményi telep esetében a legmagasabb átlagos szeléntartalmat elérő 6075-ös fülszámú egyednél a kontroll mérések időpontjában a tej átlagos szeléntartalma 45,35  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ( $\pm 1,77 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) volt. Az 1, 2, 4 és 6 mg/nap dózisok rendre magasabb átlagos szeléntartalommal jellemezhetők, amely a következőképpen alakul: 94,58  $\pm 16,74 \mu\text{g}/\text{kg}$ , 103,85  $\pm 13,62 \mu\text{g}/\text{kg}$ ; 128,00  $\pm 31,60 \mu\text{g}/\text{kg}$  és 178,78  $\pm 78,19 \mu\text{g}/\text{kg}$ . A 6075-ös fülszámú egyed esetében a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszaka jellemezhető a legmagasabb átlagos szeléntartalommal, ami 134,43  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal magasabb a kontroll értéknél. A legmagasabb szeléntartalmat 266  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ot a 2019.02.11-i mérés időpontjában mértem. Ez az érték tekinthető a teljes telep legmagasabb szeléntartalmának a vizsgált időszakban. A szelénkiegészítés elhagyását követően a kiürülés időszakában a szeléntartalom csökkent, az 1-2. hétre átlagosan 77,85  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ra ( $\pm 14,64 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), a 3-4. hétre 71,50  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ra ( $\pm 12,16 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), az 5-6. hétre 75,40  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ra ( $\pm 9,62 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Az időszak végén a szeléntartalom némileg a kontroll érték felett volt. Az egyes kezelések átlagos szeléntartalmát a 19. ábra segítségével ábrázoltam. A 6075-ös egyed esetében a vizsgált tejminták között lévő különbség az átlagos szeléntartalom alapján szignifikáns ( $p=0,015$ ;  $F=3,688$ ). A Post Hoc teszt eredményei megmutatják, hogy a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb átlagos szeléntartalommal jellemezhetők a 4 mg/nap ( $SE= 32,97$   $p_{\text{Tukey}}= 0,023$ ) és a 6 mg/nap ( $SE= 32,97$   $p_{\text{Tukey}}= 0,001$ ) dózisú kezelések. Az 1 mg/nap és a 2 mg/nap szelénkiegészítés időszakát, bár a kontrollnál magasabb szeléntartalom jellemzi, a különbség nem szignifikáns, ahogy a kiürülés időszakában sem.



20. ábra: A tej átlagos szeléntartalma a 6075-ös fülszámú egyed esetében

A 6438-as fűlszámú egyed esetében a kontroll mérések időpontjában a tej átlagos szeléntartalma 50,60  $\mu\text{g/kg}$  ( $\pm 6,22 \mu\text{g/kg}$ ). A szelénkiegészítés adagolásával a szeléntartalom növekedésnek indult, az egyre növekvő dózisoknak megfelelően a tej átlagos szeléntartalma is növekedett. Egy mg/nap dózis esetén a mért átlagos szeléntartalom 107,63  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 31,69 \mu\text{g/kg}$ ), 2 mg/nap dózis esetén 122,25  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 22,43 \mu\text{g/kg}$ ), 4 mg/nap dózis esetén 142,50  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 14,25 \mu\text{g/kg}$ ) növekedett. A tej átlagos szeléntartalma a csúcspontot a 6 mg/nap kiegészítés időszakában érte el, ekkor az átlagos szeléntartalom 150,63  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 70,54 \mu\text{g/kg}$ ) nőtt. Az átlagos érték 100,03  $\mu\text{g/kg}$ -mal magasabb a kontroll értéknél. A 6438-as egyed esetében a legmagasabb szeléntartalmat a 6 mg/nap dózisú kezelés első hetében, 2019.02.04-én mértem, 255  $\mu\text{g/kg}$  értékkel. A kiürülés időszakában mért értékeket csökkenés jellemzi, a szelénkiegészítés elhagyását követő 1-2. hétben a tej átlagos szeléntartalma 82,40  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 29,13 \mu\text{g/kg}$ ), a 3-4. hétre 69,20  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 13,15 \mu\text{g/kg}$ ), majd a 5-6. hétre 58,30  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 12,16 \mu\text{g/kg}$ ) csökkent. Ezáltal megközelítette a kontroll értéket. A 6438-as egyed statisztikai elemzése alapján, van legalább két olyan kezelés melynek várható értéke szignifikánsan eltér egymástól ( $p=0,029$ ;  $F=3,082$ ). A Post Hoc teszt eredménye megmutatja, hogy a kontrollhoz képest a 2 mg/nap ( $SE= 31,57$   $p_{\text{Tukey}}= 0,037$ ), a 4 mg/nap ( $SE= 31,57$   $p_{\text{Tukey}}= 0,010$ ) és a 6 mg/nap ( $SE= 31,57$   $p_{\text{Tukey}}= 0,006$ ) időszakban mért átlagos szeléntartalom, szignifikánsan magasabb, mint a kontroll időszakban mért érték. Az 1 mg/nap szelénkiegészítés, valamint a kiürülés időszakában mért átlagos szeléntartalom, nem különbözik szignifikánsan a kontroll időszakban mért értéktől.

A 6781-es fűlszámú egyednél a kontroll mérések időpontjában 62,25  $\mu\text{g/kg}$ -os ( $\pm 9,69 \mu\text{g/kg}$ ) átlagos szeléntartalmat mértem. A szelénkiegészítés megkezdésével a tej szeléntartalma is növekedni kezdett. Az 1, 2, 4 és 6 mg/nap dózisok rendre magasabb átlagos szeléntartalommal jellemezhetők, amely a következőképpen alakul:  $91,15 \pm 10,47 \mu\text{g/kg}$ ,  $94,23 \pm 5,7 \mu\text{g/kg}$ ;  $123,50 \pm 40,12 \mu\text{g/kg}$  és  $146,25 \pm 34,05 \mu\text{g/kg}$ . A 6 mg/nap szelénkiegészítés időszaka jellemezhető a legmagasabb átlagos szeléntartalommal, ami 84,0  $\mu\text{g/kg}$ -mal magasabb a kontroll értéknél. A kiürülés időszakában a szeléntartalom a 6 mg/nap dózissal jellemezhető időszakhoz képest csökkent (1-2. hét:  $76,60 \pm 10,18 \mu\text{g/kg}$ , 3-4. hét:  $55,70 \pm 8,77 \mu\text{g/kg}$ ) és az időszak végére a kontroll érték alá esett vissza (5-6. hét:  $57,75 \pm 1,06 \mu\text{g/kg}$ ). A 6781-es egyed esetében a tej átlagos szeléntartalma alapján szignifikáns különbség mutatható ki a kezelések között ( $p=0,002$ ;  $F=5,508$ ). A Post Hoc teszt alapján a kontrollhoz képest a 4 mg/nap ( $SE= 20,85$   $p_{\text{Tukey}}= 0,010$ ) és a 6

mg/nap (SE= 20,85  $p_{\text{Tukey}}= 0,001$ ) időszakban mért átlagos szeléntartalom szignifikánsan magasabb, mint a kontroll időszakban mért érték. A kontroll időszakban mért értékhez képest az 1 mg/nap, a 2 mg/nap szelénkiegészítés időszakában, és a kiürülés időszakában mért értékek nem mutatnak szignifikáns különbséget.

A 5850-es fülszámú egyed esetében a kontroll mérések időpontjában a tej átlagos szeléntartalma 55,40  $\mu\text{g/kg}$  ( $\pm 0,28 \mu\text{g/kg}$ ). A különböző dózisban történő szelénkiegészítések adagolásának hatására a vizsgált egyed tejének szeléntartalma a kontrollhoz képest növekedett. Az 1 mg/nap kiegészítés időszakában az átlagos szeléntartalom 98,03  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 14,76 \mu\text{g/kg}$ ) növekedett, majd a 2 mg/nap dózis időszakában a tej szeléntartalma 93,6  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 34,94 \mu\text{g/kg}$ ) csökkent. A 4 mg/nap és a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszakában a tej átlagos szeléntartalma ismét növekedett először 129,00  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 49,3 \mu\text{g/kg}$ ), majd 135,00  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 13,78 \mu\text{g/kg}$ ). A 6 mg/nap kiegészítés időszakában mért szeléntartalom 79,60  $\mu\text{g/kg}$ -mal magasabb a kontroll értékénél. Az egyed esetében a legmagasabb szeléntartalmat 2019.02.04-én mértem, 147  $\mu\text{g/kg}$  értékkel, ez a 6 mg/nap dózisú kezelés első hete volt. A kiürülés időszakát csökkenő szeléntartalom jellemzi, a kiürülés 1-2. hetében a szeléntartalom 78,95  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 10,68 \mu\text{g/kg}$ ), a 3-4. héten 71,95  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 2,33 \mu\text{g/kg}$ ), az utolsó időszakban (kiürülés 5-6. hét) 71,75  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 6,43 \mu\text{g/kg}$ ) csökkent. Az 5850-es számú egyed esetében a vizsgált tejminták átlagos szeléntartalma között szignifikáns különbség van ( $p=0,031$ ;  $F=3,050$ ). A kontrollhoz viszonyítva a 4 mg/nap (SE= 24,07  $p_{\text{Tukey}}= 0,007$ ) és a 6 mg/nap (SE= 24,07  $p_{\text{Tukey}}= 0,004$ ) szelénkiegészítés időszaka szignifikánsan magasabb szeléntartalommal jellemezhető. Az 1 mg/nap és a 2 mg/nap, valamint a kiürülés időszakában vett tejminták átlagos szeléntartalma nem különbözik szignifikánsan a kontrolltól.

A 7197-es fülszámú egyed tejének átlagos szeléntartalma a kontroll időszakban 46,60  $\mu\text{g/kg}$  ( $\pm 2,26 \mu\text{g/kg}$ ) volt. A kontrollhoz képest a tej átlagos szeléntartalma mind a négy kezelés időszakában magasabb, az 1 mg/nap kezelés időszakában  $108,33 \pm 18,16 \mu\text{g/kg}$ , a 2 mg/nap kezelés idején  $97,05 \pm 10,65 \mu\text{g/kg}$ , a 4 mg/nap kezelés idején  $135,83 \pm 66,69 \mu\text{g/kg}$  és a 6 mg/nap kezelés idején  $116,68 \pm 57,85 \mu\text{g/kg}$  volt. A szelénkiegészítés elhagyását követően a kiürülés időszakában a szeléntartalom csökkent, az 1-2. héten 76,60  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 10,18 \mu\text{g/kg}$ ), a 3-4. héten 55,30  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 2,12 \mu\text{g/kg}$ ), az 5-6. héten 48,15  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 4,74 \mu\text{g/kg}$ ). Az időszak végén a szeléntartalom megközelítette a kontroll értéket. A 7197-es számú egyed esetében a vizsgált tejminták

átlagos szeléntartalma között szignifikáns különbség mutatható ki ( $p=0,013$ ;  $F=5,040$ ). A kontrollhoz viszonyítva a 4 mg/nap ( $SE= 34,12$   $p_{Tukey}= 0,019$ ) szelénkiegészítés időszaka szignifikánsan magasabb szeléntartalommal jellemezhető. Az 1 mg/nap, a 2 mg/nap és a 6 mg/nap, valamint a kiürülés időszakában vett tejminták átlagos szeléntartalma nem különbözik szignifikánsan a kontrolltól.

A 6722-es fülszámú egyed esetében a kontroll mérések időpontjában a tej átlagos szeléntartalma  $54,30 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 2,83 \mu\text{g/kg}$ ). A 5850-es és a 7197-es állatokhoz hasonlóan ennél az egyednél is az átlagos szeléntartalom a kontrollhoz képest emelkedett az 1 mg/nap dózisú kiegészítés hatására  $94,58 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 18,51 \mu\text{g/kg}$ ), majd pedig a 2 mg/nap kiegészítés időszakában csökkenés tapasztalható az 1mg/nap kiegészítés időszakához képest. Ekkor  $88,63 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 19,28 \mu\text{g/kg}$ ) volt a tej átlagos szeléntartalma. A 4 mg/nap szelénkiegészítés esetén mért szeléntartalom  $110,73 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 14,21 \mu\text{g/kg}$ ) volt. A tej átlagos szeléntartalma a 6 mg/nap kiegészítés időszakában  $108,78 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 32,60 \mu\text{g/kg}$ ) esett vissza, ez némileg alacsonyabb a 4 mg/nap kiegészítés időszakában mért értéknél. A kiürülés időszakát csökkenő szeléntartalom jellemzi, a kiürülési 1-2. hétben a tej átlagos szeléntartalma  $76,75 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 32,60 \mu\text{g/kg}$ ) csökkent. A kiürülés 3-4. hetére ( $50,60 \pm 2,26 \mu\text{g/kg}$ ) a tej átlagos szeléntartalma a kontroll érték alá csökkent, és az 5-6. héten ( $51,10 \pm 0,85 \mu\text{g/kg}$ ) is ezen érték alatt maradt. Tehát a hozzátáplálásból származó szelén teljesen kiürült az állat szervezetéből. A 6722-es egyed esetében az átlagos szeléntartalom alapján szignifikáns különbség mutatható ki a vizsgált minták között ( $p=0,009$ ;  $F=4,121$ ). A Post Hoc teszt eredményei alapján a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb átlagos szeléntartalommal jellemezhető a 4 mg/nap ( $SE= 17,63$   $p_{Tukey}= 0,006$ ) és a 6 mg/nap ( $SE= 17,63$   $p_{Tukey}= 0,007$ ) dózisú kezelések. Az 1 mg/nap és a 2 mg/nap szelénkiegészítés időszaka a kontrollnál magasabb szeléntartalommal jellemezhető, de a különbség nem szignifikáns, ahogy a kiürülés időszakában sem.

A hajdúböszörményi telep esetében a tej átlagos szeléntartalmának legmagasabb értékeit a 4 mg/nap (6722, 7197 fülszámú egyedek) és 6 mg/nap (5850, 6075, 6438, 6781 fülszámú egyedek) kiegészítés időszakában lehetett mérni. A hajdúböszörményi telep vizsgált egyedei közül a 6075-ös számú egyednél mértem a legmagasabb átlagos szeléntartalmat ( $179,78 \mu\text{g/kg}$ ), ezen egyed esetében volt a legnagyobb szeléntartalom növekedés a kontrollhoz képest. Ezt az egyedet a 6438-as számú egyed követi  $150,63 \mu\text{g/kg}$ -mal, a harmadik helyen a 6781-es fülszámú egyed áll, ennél az egyednél  $146,25 \mu\text{g/kg}$  átlagos szeléntartalmat mértem a 6 mg/nap kiegészítés időszakában. A statisztikai

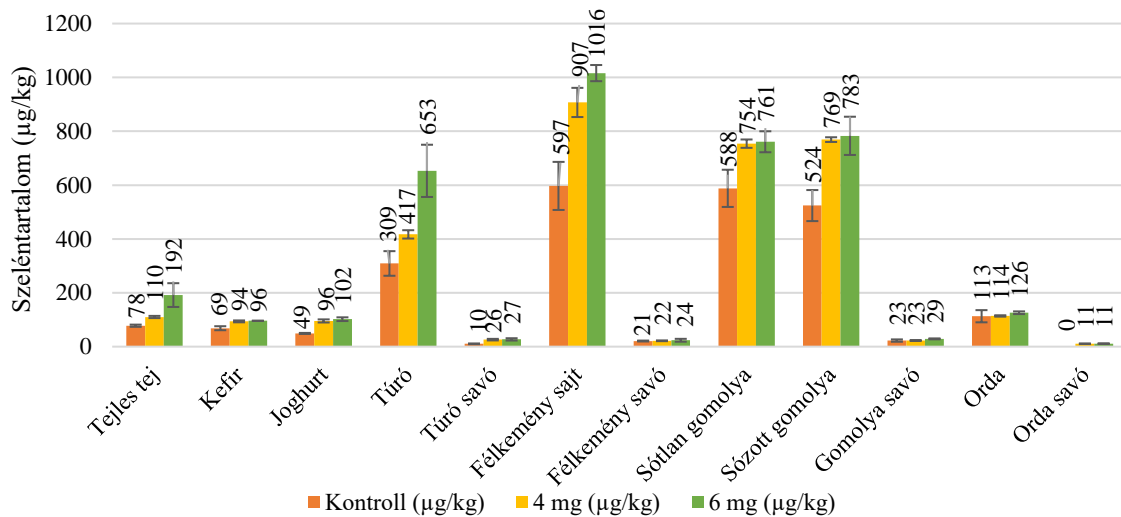
elemzés alapján megállapítható, hogy mind a hat vizsgált egyed esetében a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb átlagos szeléntartalommal jellemezhető a 4 mg/nap szelénkiegészítés időszaka, valamint a 7197-es egyed kivételével a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszaka (11. táblázat). Az 1 mg/nap és a 2 mg/nap kiegészítés időszakában is magasabb volt a kontrollhoz képest az átlagos szeléntartalom, de a különbség, kivéve a 6438-as számú egyedet, nem szignifikáns. A kiürülés időszakában mért átlagos szeléntartalom egyetlen egyed esetében sem különbözik szignifikánsan a kontroll időszakban mért értéktől.

*11. táblázat: Az egyes kezelések szignifikancia értékei a kontrollhoz képest (Hajdúböszörmény)*

<b>Dózis / Fűlszám</b>	<b>5850</b>	<b>6075</b>	<b>6438</b>	<b>6722</b>	<b>6781</b>	<b>7197</b>
1 mg kiegészítés	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2 mg kiegészítés	n.s.	n.s.	0,037	n.s.	n.s.	n.s.
4 mg kiegészítés	0,007	0,023	0,01	0,006	0,01	0,019
6 mg kiegészítés	0,004	0,001	0,006	0,007	0,001	n.s.
Kiürülés 1-2 hét	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Kiürülés 3-4 hét	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Kiürülés 5-6 hét	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

### 4.2.3. Tejtermékek vizsgálata

Az általam előállított 12 tejtermék 4 mg/nap és 6 mg/nap szeléndózis adagolásakor és a kontroll időszakban vett teljes tejből készített tejtermékek vizsgálatára vonatkozó eredményeket a 21. ábra tartalmazza. részletes adatok a 4. sz. mellékletben olvashatók.



21. ábra: Tejtermékek szeléntartalma 4 mg/nap és 6 mg/nap szeléndózis adagolásakor

A legmagasabb szeléntartalommal a félkemény sajt jellemezhető, amit a sózott és a sóttalan gomolya, valamint a túró követ. Az eredmények alapján az is látható, hogy a teljes tejhez viszonyítva a szelén bizonyos termékek esetében képes feldúsulni (pl.: félkemény sajt), míg bizonyos termékek (pl.: savó típusú termékek) készítése a szeléntartalom csökkenéséhez vezet.

A tejtermékek alapanyagául szolgáló teljes tej esetében a kontroll mintában a szeléntartalom  $77,7 \mu\text{g/kg}$  ( $\pm 4,11$ ), a 4 mg/nap kezelés hatására a szeléntartalom  $110,2 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 4,04$ ), a 6 mg/nap kezelés hatására  $195,6 \mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 3,33$ ) növekedett. A kontrollhoz képest ez a 4 mg/nap dózisú kezelés esetében  $32,5 \mu\text{g/kg}$ -os, míg a 6 mg/nap dózis esetében  $117,9 \mu\text{g/kg}$ -os a növekedés. Az IMB SPSS programban Oneway ANOVA segítségével hasonlítottam össze a különbözők kezeléseket hatását, Post Hoc teszt segítségével állapítottam meg, hogy van-e különbség a kontroll és a kezelt termékek között. Az SPSS programmal elvégzett Oneway ANOVA elemzés alapján elmondható, hogy szignifikáns különbség van ( $p < 0,05$  - 5%-os szignifikanciaszinten) a különböző teljes tej minták között a szeléntartalom alapján ( $p = 0,000$ ;  $F = 753,9$ ). Az LSD Post Hoc teszt eredményei alapján a kontroll minta szignifikánsan különbözik a 4 mg/nap ( $SE =$

3,14  $p_{LSD} = 0,000$ ) dózisú kezeléstől és a 6 mg/nap ( $SE = 3,14$   $p_{LSD} = 0,000$ ) dózisú kezeléstől. A két kezelés (4 mg/nap és 6 mg/nap) között szintén szignifikáns különbség van ( $SE = 3,14$   $p_{LSD} = 0,000$ ).

A kefir esetében a kontroll mintában a szeléntartalom 68,6  $\mu\text{g/kg}$  ( $\pm 7,44$ ), a 4 mg/nap kezelés hatására a szeléntartalom 93,9  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 3,49$ ), a 6 mg/nap kezelés hatására 96,0  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 0,17$ ) növekedett. A kefir esetében szignifikáns különbség van a különböző minták között a szeléntartalom alapján ( $p = 0,001$ ;  $F = 31,078$ ). A Post Hoc teszt eredményei alapján a kontroll minta szignifikánsan különbözik a 4 mg/nap ( $SE = 3,87$   $p_{LSD} = 0,001$ ) dózisú és a 6 mg/nap ( $SE = 3,87$   $p_{LSD} = 0,000$ ) dózisú kezeléstől. A két kezelés (4 mg/nap és 6 mg/nap) között azonban nincs szignifikáns különbség ( $SE = 3,87$   $p_{LSD} = 0,613$ ).

A joghurt esetében a kontroll mintában a szeléntartalom 49,1  $\mu\text{g/kg}$  ( $\pm 1,90$ ), a 4 mg/nap kezelés hatására a szeléntartalom 95,5  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 5,75$ ), a 6 mg/nap kezelés hatására 102  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 6,95$ ) növekedett. A joghurt esetében szignifikáns különbség van a különböző minták között a szeléntartalom alapján ( $p = 0,000$ ;  $F = 88,558$ ). A Post Hoc teszt eredményei alapján a kontroll minta szignifikánsan különbözik a 4 mg/nap ( $SE = 4,34$   $p_{LSD} = 0,000$ ) dózisú kezeléstől és a 6 mg/nap ( $SE = 4,34$   $p_{LSD} = 0,000$ ) dózisú kezeléstől. A két kezelés (4 mg/nap és 6 mg/nap) között azonban nincs szignifikáns különbség ( $SE = 4,34$   $p_{LSD} = 0,182$ ).

A túró esetében a kontroll mintában a szeléntartalom 309,3  $\mu\text{g/kg}$  ( $\pm 45,76$ ), a 4 mg/nap kezelés hatására a szeléntartalom 417,3  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 15,50$ ), a 6 mg/nap kezelés hatására 653,0  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 96,44$ ) növekedett. A túró esetében szignifikáns különbség van a különböző minták között a szeléntartalom alapján ( $p = 0,001$ ;  $F = 23,891$ ). A Post Hoc teszt eredményei alapján a kontroll minta szignifikánsan különbözik a 6 mg/nap ( $SE = 50,84$   $p_{LSD} = 0,001$ ) dózisú kezeléstől, de nem különbözik szignifikánsan a 4 mg/nap ( $SE = 50,84$   $p_{LSD} = 0,078$ ) dózisú kezeléstől. A két kezelés (4 mg/nap és 6 mg/nap) között szintén szignifikáns különbség van ( $SE = 50,84$   $p_{LSD} = 0,004$ ).

A túró savó esetében a kontroll mintában a szeléntartalom 10,4  $\mu\text{g/kg}$  ( $\pm 1,54$ ), a 4 mg/nap kezelés hatására a szeléntartalom 25,9  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 4,32$ ), a 6 mg/nap kezelés hatására 26,5  $\mu\text{g/kg}$ -ra ( $\pm 2,91$ ) növekedett. A túró savó esetében szignifikáns különbség van a különböző minták között a szeléntartalom alapján ( $p = 0,001$ ;  $F = 25,429$ ). A Post Hoc teszt eredményei alapján a kontroll minta szignifikánsan különbözik a 4 mg/nap ( $SE = 2,56$   $p_{LSD} = 0,001$ ) dózisú és a 6 mg/nap ( $SE = 2,56$   $p_{LSD} = 0,001$ ) dózisú kezeléstől. A két

kezelés (4 mg/nap és 6 mg/nap) között azonban nincs szignifikáns különbség (SE= 2,56 p<sub>LS</sub>D= 0,822).

A félkemény sajt esetében a kontroll mintában a szeléntartalom 597 µg/kg (± 89,27), a 4 mg/nap kezelés hatására 906,7 µg/kg-ra (± 54,22), a 6 mg/nap kezelés hatására pedig 1015,7 µg/kg-ra (± 30,09) növekedett. A félkemény sajt esetében szignifikáns különbség van a különböző minták között a szeléntartalom alapján (p=0,000; F=35,937). A Post Hoc teszt eredményei alapján a kontroll minta szignifikánsan különbözik a 4 mg/nap (SE= 51,23 p<sub>LS</sub>D= 0,001) dózisú és a 6 mg/nap (SE= 51,23 p<sub>LS</sub>D= 0,000) dózisú kezeléstől. A két kezelés (4 mg/nap és 6 mg/nap) között azonban nincs szignifikáns különbség (SE= 51,23 p<sub>LS</sub>D= 0,078).

A félkemény sajt savója esetében a kontroll mintában a szeléntartalom 20,9 µg/kg (± 1,67), ami a 4 mg/nap kezelés hatására 21,8 µg/kg-ra (± 1,35), a 6 mg/nap kezelés hatására pedig 23,7 µg/kg-ra (± 5,31) növekedett. A félkemény sajt esetében nincs szignifikáns különbség a különböző minták között a szeléntartalom alapján (p=0,598; F=0,561). A kontroll nem különbözik szignifikánsan a 4 mg/nap dózisú és a 6 mg/nap dózisú kezeléstől, továbbá a két kezelés között sincsen szignifikáns különbség.

A sötét gomolya esetében a kontroll mintában a szeléntartalom 587,7 µg/kg (± 69,10), ami a 4 mg/nap kezelés hatására 754,0 µg/kg-ra (± 15,52), a 6 mg/nap kezelés hatására pedig 761,3 µg/kg-ra (± 38,28) növekedett. A sötét gomolya esetében szignifikáns különbség van a különböző minták között a szeléntartalom alapján (p=0,006; F=13,397). A Post Hoc teszt szerint a kontroll minta szignifikánsan különbözik a 4 mg/nap (SE= 37,94 p<sub>LS</sub>D= 0,005) és a 6 mg/nap (SE= 37,94 p<sub>LS</sub>D= 0,004) dózisú kezeléstől. A két kezelés (4 mg/nap és 6 mg/nap) között azonban nincs szignifikáns különbség (SE= 37,94 p<sub>LS</sub>D= 0,853).

A szózott gomolya esetében a kontroll mintában a szeléntartalom 524,0 µg/kg (± 57,66), ami a 4 mg/nap kezelés hatására 769,0 µg/kg-ra (± 71,55), a 6 mg/nap kezelés hatására pedig 782,7 µg/kg-ra (± 8,74) növekedett. A szózott gomolya esetében szignifikáns különbség van a különböző minták között a szeléntartalom alapján (p=0,002; F=22,379). A Post Hoc teszt szerint a kontroll minta szignifikánsan különbözik a 4 mg/nap (SE= 43,51 p<sub>LS</sub>D= 0,001) és a 6 mg/nap (SE= 43,51 p<sub>LS</sub>D= 0,001) dózisú kezeléstől. A két kezelés (4 mg/nap és 6 mg/nap) között azonban nincs szignifikáns különbség (SE= 43,51 p<sub>LS</sub>D= 0,764).

A gomolya sajt savója esetében a kontroll mintában a szeléntartalom 22,6 µg/kg ( $\pm 4,36$ ), ami a 4 mg/nap kezelés hatására 22,8 µg/kg-ra ( $\pm 1,35$ ), a 6 mg/nap kezelés hatására pedig 28,9 µg/kg-ra ( $\pm 1,69$ ) növekedett. A gomolya savó esetében nincs szignifikáns különbség a különböző minták között a szeléntartalom alapján ( $p=0,054$ ;  $F=4,950$ ). A kontroll nem különbözik szignifikánsan a 4 mg/nap dózisú és a 6 mg/nap dózisú kezeléstől, és a két kezelés között sincs szignifikáns különbség.

Az orda esetében a kontroll mintában a szeléntartalom 112,6 µg/kg ( $\pm 22,67$ ), ami a 4 mg/nap kezelés hatására 113,7 µg/kg-ra ( $\pm 5,13$ ), a 6 mg/nap kezelés hatására pedig 126,3 µg/kg-ra ( $\pm 2,52$ ) növekedett. Az orda esetében nincs szignifikáns különbség a különböző minták között a szeléntartalom alapján ( $p=0,434$ ;  $F=0,963$ ). A kontroll nem különbözik szignifikánsan a 4 mg/nap dózisú és a 6 mg/nap dózisú kezeléstől, továbbá a két kezelés között sincs szignifikáns különbség.

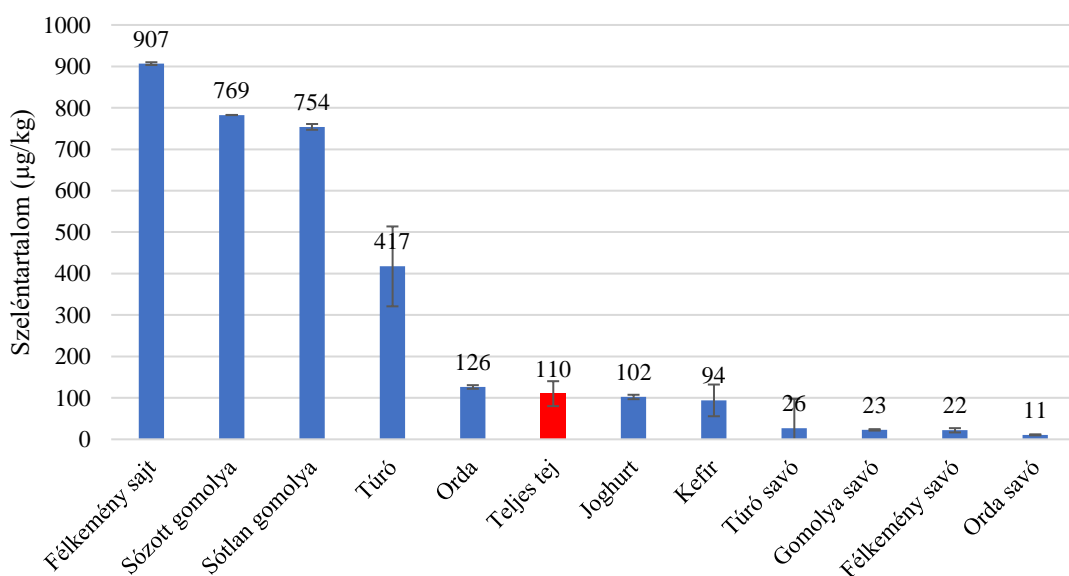
A kontroll mintához képest, mind a 11 vizsgált tejtermék esetében növekedés állapítható meg mind a 4 mg/nap, mind a 6 mg/nap dózisú kezelések esetében. A kontroll mintához viszonyított legnagyobb különbséget a félkemény sajt esetében mértem. Itt a 4 mg/nap dózis a kontrollhoz képest 309,7 µg/kg-mal, a 6 mg/nap dózis 418,7 µg/kg-mal több szelént tartalmazott. A sózott gomolya esetében szintén jelentős a kontrollhoz viszonyított növekedés. Ennél a terméknel a 4 mg/nap dózis a kontrollhoz képest 258,7 µg/kg-mal, a 6 mg/nap dózis 245,0 µg/kg-mal több szelént tartalmazott.

**12. táblázat: A Post Hoc teszt eredményei: a kontroll és a kezelések eltérése, valamint a kezelések közötti különbségek**

Termék	Kontrollhoz képest		Kezelések közötti különbség
	4 mg (µg/kg)	6 mg (µg/kg)	
Teljes tej	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
Kefir	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	0,613
Joghurt	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,182
Túró	0,078	<b>0,001</b>	<b>0,004</b>
Túró savó	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	0,822
Félkemény sajt	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	0,078
Félkemény savó	0,750	0,339	0,508
Sótlan gomolya	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>	0,853
Sózott gomolya	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	0,764
Gomolya savó	0,922	0,072	0,082
Orda	0,258	0,924	0,294

A statisztikai elemzés eredményeit a 12. táblázatban foglaltam össze. Ennek alapján megállapítható, hogy a szelénkiegészítés hatására a vizsgált termékek közül hét termék esetében mind a 4 mg/nap, mind a 6 mg/nap dózisú termék szignifikánsan magasabb szeléntartalommal jellemezhető, mint a kontroll. Ezek a termékek a teljes tej, a kefir, a joghurt, a túró savó, a félkemény sajt, a sóltan és a sózott gomolya. Ezen termékek esetében egyértelműen bebizonyosodott, hogy a takarmányozás során adagolt szelén részben megjelenik a tejben, a tejből pedig magas szeléntartalmú termékek készíthetők emberi fogyasztásra. A túró esetében csak a 6 mg/nap szelénkiegészítés hatására emelkedett meg szignifikánsan a termékben a szeléntartalom. A félkemény sajt savója, a gomolya savó és az orda esetében azonban a szelénkiegészítés hatására ugyan magasabb szeléntartalom mérhető, de a különbség statisztikailag nem mutatható ki. A két kezelés között, mindössze két termék esetében (teljes tej, túró) mutatható ki szignifikáns különbség.

A tejtermékek készítésének alapjául szolgáló teljes tej szeléntartalmához viszonyítva a feldúsulást, vagy a szeléntartalom csökkenését külön megvizsgáltam. Az eredményeket a 22. és a 23. ábra mutatja be.

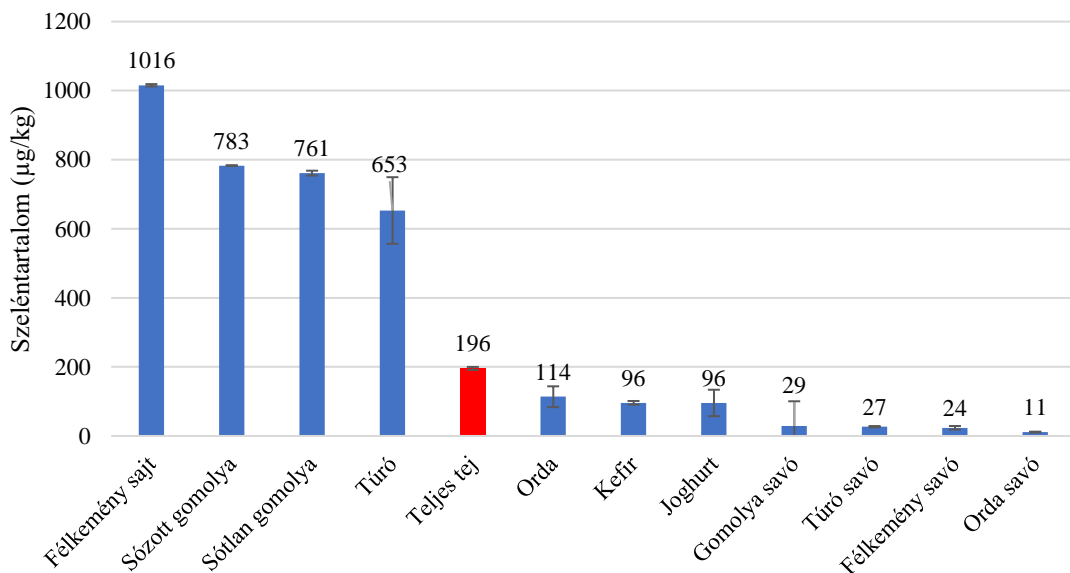


**22. ábra: Szeléntartalom a teljes tejhez viszonyítva 4 mg/nap szelénkiegészítéskor**

4 mg/nap szelénkiegészítés esetében a teljes tej és a belőle készített termékek szeléntartalma között szignifikáns különbség van ( $p=0,000$ ;  $F=1167,693$ ). A Post Hoc teszt eredményei alapján a teljes tej mintától a szeléntartalom alapján szignifikánsan több szelént tartalmaz a félkemény sajt ( $SE=14,10$   $p_{Tukey}=0,000$ ), a sózott ( $SE=14,10$   $p_{Tukey}=0,000$ ) és sóltan gomolya ( $SE=14,10$   $p_{Tukey}=0,000$ ), valamint a túró ( $SE=14,10$

$p_{\text{Tukey}}=0,000$ ). Ezen termékek esetében a szelén feldúsult. A teljes tej mintához viszonyítva a szignifikánsan kevesebb szelént tartalmaz az orda savó ( $SE=14,10$   $p_{\text{Tukey}}=0,000$ ), a félkemény sajt savója ( $SE=14,10$   $p_{\text{Tukey}}=0,000$ ), a túró savó ( $SE=14,10$   $p_{\text{Tukey}}=0,001$ ), valamint a gomolya savó ( $SE=14,10$   $p_{\text{Tukey}}=0,001$ ). Ezen termékek esetében a szelén koncentrációja lecsökkent. A kefir ( $SE=14,10$   $p_{\text{Tukey}}=0,988$ ) és a joghurt ( $SE=14,10$   $p_{\text{Tukey}}=1,000$ ) szeléntartalma a teljes tej szeléntartalmánál alacsonyabb, az orda ( $SE=14,10$   $p_{\text{Tukey}}=0,989$ ) szeléntartalma a teljes tej szeléntartalmánál magasabb, de a különbség nem szignifikáns.

6 mg/nap szelénkiegészítés esetében (17. ábra) a teljes tej és a belőle készített termékek szeléntartalma között szignifikáns különbség van ( $p=0,000$ ;  $F=290,785$ ). A Post Hoc teszt eredményei alapján a teljes tej mintától a szeléntartalom alapján szignifikánsan több szelént tartalmaz a félkemény sajt ( $SE=30,66$   $p_{\text{Tukey}}=0,000$ ), a sózott ( $SE=30,66$   $p_{\text{Tukey}}=0,000$ ) és sóltan gomolya ( $SE=30,66$   $p_{\text{Tukey}}=0,000$ ), valamint a túró ( $SE=30,66$   $p_{\text{Tukey}}=0,000$ ). A teljes tej mintához viszonyítva a szignifikánsan kevesebb szelént tartalmaz az orda savó ( $SE=30,66$   $p_{\text{Tukey}}=0,000$ ), a félkeménysajt savó ( $SE=30,66$   $p_{\text{Tukey}}=0,000$ ), a túró savója ( $SE=30,66$   $p_{\text{Tukey}}=0,001$ ), valamint a gomolyasajt savó ( $SE=30,66$   $p_{\text{Tukey}}=0,001$ ). A kefir ( $SE=30,66$   $p_{\text{Tukey}}=0,105$ ), a joghurt ( $SE=30,66$   $p_{\text{Tukey}}=0,102$ ) és az orda ( $SE=30,66$   $p_{\text{Tukey}}=0,297$ ) szeléntartalma a teljes tej szeléntartalmánál alacsonyabb, de a különbség nem szignifikáns.



23. ábra: Szeléntartalom a teljes tejhez viszonyítva 6 mg/nap szelénkiegészítéskor

Számos kutatás foglalkozott szelénrel dúsított tejtermékek előállításával, azonban egyik sem volt ilyen teljeskörű a termékek kiválasztásában, valamint nem foglalkoztak a tejsavóval, mint a sajtgyártás melléktermékével, amely még további tejtermékek, valamint funkcionális élelmiszerek alapanyagául szolgálhat.

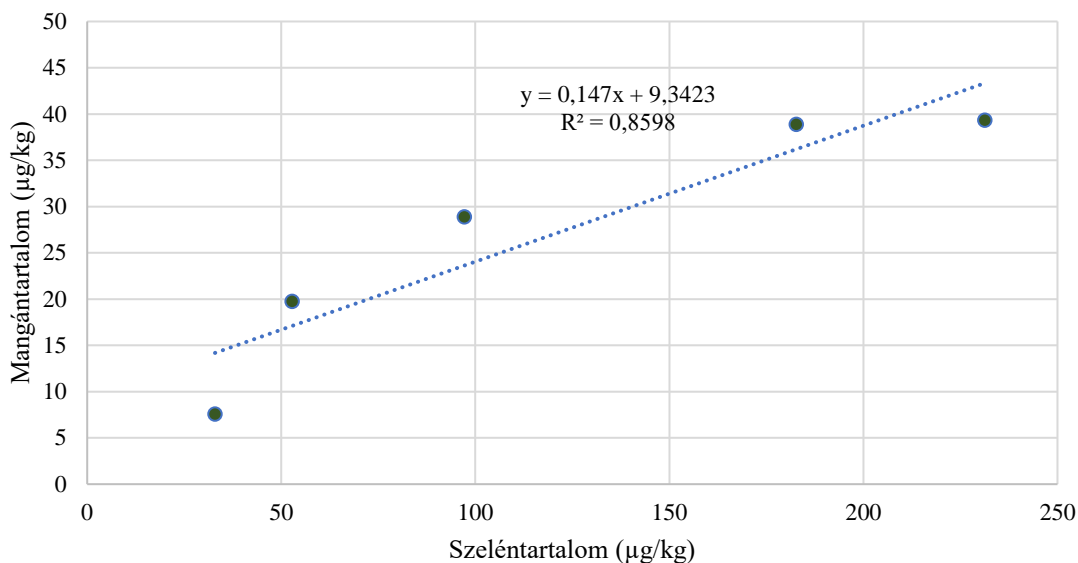
Olaszországban egy kutatócsoport emelt szeleno-metionin tartalmú takarmány etetésével állított elő 48,34 µg/kg szeléntartalmú tejet és abból egy ún. caciotta nevű félkemény sajtot készítettek (421,94 µg/kg), ezzel a szeléntartalom 8,7-szeres dúsulását érték el (IANNI és mtsai, 2019). Bár az általunk készített félkemény sajt szeléntartalma a 4 mg-os kiegészítéskor még 8,2-szer több szelént tartalmazott, de már 6 mg-os kiegészítéskor a feldúsulás mértéke mindösszesen 5,2-szeres volt, míg a savóval annyival több szelén nem távozott el.

KÁRNYÁCZKI (2020) készített szelénkiegészítővel történt takarmányozás után tehéntejből (Se-tartalom: 100,7 µg/kg) joghurtot (97,3 µg/kg Se) és félkemény sajtot (470,8 µg/kg Se). Az általunk készített tej és joghurt elem tartalma közel azonos, de a trappista jellegű sajtunk közel kétszer annyi szelént tartalmazott.

Egy mexikói kísérlet során szerves és szerves kiegészítők együttes etetésével sikerült 18 µg/kg szelént tartalmazó tejből joghurtot (35,6 µg/kg Se) és friss sajtot (82,9 µg/kg Se) készíteni (AZORÍN és mtsai, 2020). A joghurt 97%-kal, míg a sajt 460%-kal több szelént tartalmazott a tejnél, míg kutatásunkban ez úgy alakult, hogy joghurtgyártásnál 13,3%-os veszteség lépett fel, míg a sajtunk szeléntartalma feldúsult, 684-823%-kal nőtt a tejhez viszonyítva.

#### **4.2.4. A tej mikroelem tartalmának összefüggése a Se-tartalommal**

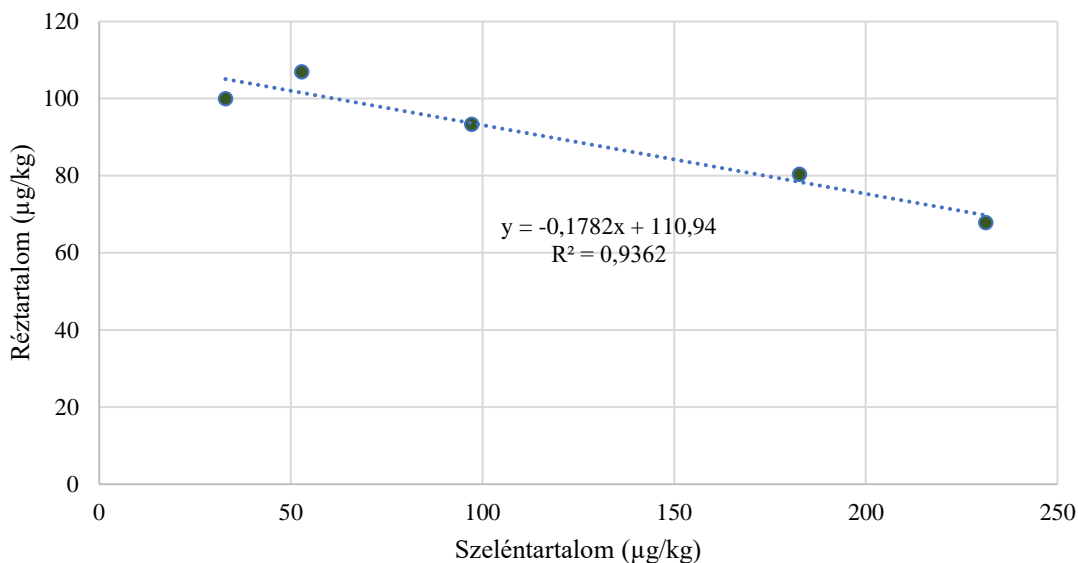
A mikroelem tartalom összefüggéseinek vizsgálata során Pearson-féle korreláció segítségével vizsgáltam meg, hogy a szeléntartalom változása és a többi elem tejmintában lévő mennyisége között van-e tényleges kapcsolat, ha igen akkor az milyen irányú és erősségű. A legerősebb korrelációs kapcsolatot mutató elem és a szelén kapcsolatát grafikon segítségével is ábrázoltam, ahol a szelénkoncentrációt az x, míg a másik elemet az y tengelyen ábrázoltam.



**24. ábra: Mikroelemtartalom közötti összefüggések vizsgálata (szelén-mangán, Bödönhát)**

A bödönháti telep adatait elemezve megállapítható, hogy a legerősebb pozitív irányú korreláció a szelén és mangántartalom között mutatható ki, ezt mutatja be a 24. ábra. A szelén és a mangán korrelációs együtthatójának ( $r$ ) értéke 0,926, amely a két elem közötti erős korrelációs kapcsolatra utal. A korrelációs kapcsolat iránya a szelén és a mangán között pozitív, ez arra utal, hogy a szeléntartalom növekedésével, a mangántartalom is növekszik. A korrelációs együttható szignifikanciája ( $p=0,024$ ) alapján megállapítható, hogy a kapott  $r$  érték valódi. A két elem közötti összefüggés szignifikáns, nem csupán a véletlen hatások eredőjeként jött létre.

A legerősebb negatív irányú korrelációs kapcsolat a szelén és a réz között mutatható ki. A két elem korrelációs együtthatójának értéke -0,974, ami erős, negatív irányú kapcsolatra utal. Ez azt mutatja, hogy a tejben a szeléntartalom növekedésével, a réztartalom csökken, ez az összefüggés a 25. ábrán is nyomon követhető. A szelén és a réz közötti kapcsolat szignifikáns ( $p=0,005$ ), nem csupán a véletlen hatások eredménye.



25. ábra: Mikroelemtartalom közötti összefüggések vizsgálata (szelén-réz, Bödönhát)

A szelén és a stroncium koncentrációja között erős, negatív irányú korrelációs kapcsolat mutatható ki ( $r=-0,895$ ). Ez azt mutatja, hogy a tejben a szeléntartalom növekedésével, a stronciumtartalom csökken. A szelén és a stroncium közötti kapcsolat valódinak tekinthető, a két elem közötti összefüggés szignifikáns ( $p=0,040$ ).

A szelén és a cink koncentrációja között közepesnél erősebb, negatív irányú kapcsolat mutatható ki ( $r=-0,755$ ). A szelén és a bárium koncentrációja között közepesnél gyengébb, negatív irányú korrelációs kapcsolat van ( $r=-0,478$ ). A korrelációs vizsgálat azt is megmutatta, hogy a szelén és a báriumtartalom közötti kapcsolat nem szignifikáns ( $p>0,05$ ). A szelén és a kobalt koncentrációja között közepesnél gyengébb, negatív irányú korrelációs kapcsolat van ( $r=-0,309$ ). A korrelációs vizsgálat azt is megmutatta, hogy a szelén és a kobalt tartalom közötti kapcsolat nem szignifikáns ( $p>0,05$ ). A szelén és a vas koncentrációja között gyenge, negatív irányú korrelációs kapcsolat van ( $r=-0,262$ ). A két elem közötti kapcsolat nem szignifikáns ( $p>0,05$ ), tehát nincs valódi kapcsolat közöttük. A szelén és a molibdén koncentrációja között gyenge, pozitív irányú kapcsolat van ( $r=0,032$ ). A két elem közötti kapcsolat a véletlennek tudható be, a két elem közötti összefüggés nem szignifikáns ( $p>0,05$ ).

13. táblázat: **Mikroelemek és a szelén közötti kapcsolat vizsgálata (Bödönhát)**

	<b>Korreláció erőssége</b>	<b>Korrel. iránya</b>	<b>Korrel. eh. szign.</b>
Réz (Cu)	r=-0,974 (erős)	negatív	0,005
Mangán (Mn)	r=0,926 (erős)	pozitív	0,024
Stroncium (Sr)	r=-0,895 (erős)	negatív	0,04
Cink (Zn)	r=-0,755 (közepesnél erősebb)	negatív	n.s.
Bárium (Ba)	r=-0,478 (közepesnél gyengébb)	negatív	n.s.
Kobalt (Co)	r=-0,309 (közepesnél gyengébb)	negatív	n.s.
Vas (Fe)	r=-0,262 (gyenge)	negatív	n.s.
Molibdén (Mo)	r=0,032 (gyenge)	pozitív	n.s.

A 13. táblázat összefoglalja a korreláció vizsgálat eredményeit. Ennek alapján megállapítható, hogy a vizsgált nyolc mikroelem közül három olyan van, ahol a szeléntartalom és a vizsgált mikroelem közötti kapcsolat 95%-os valószínűséggel valódi és nem a véletlen műve. Ezek az elemek a réz, a mangán és a stroncium, ezen három elem esetében a korrelációs kapcsolat erős ( $0,81 \leq |r| < 0,99$ ). A szelén pozitív irányú korrelációs kapcsolatot mutat a mangánnal, a vassal és a molibdénnel. A szelén negatív irányú korrelációs kapcsolatot mutat a rézzel, a stronciummal, a cinkkel, a kobalttal és a báriummal.

A hajdúböszörményi telep esetében a legerősebb mikroelemek közötti összefüggést a mangán esetében mutatható ki. A szelén és mangántartalom közötti korreláció erős, pozitív irányú ( $r=0,891$ ). Ez alapján megállapítható, hogy a tejben a növekvő szelénkoncentráció, növekvő mangánkoncentrációt eredményez. A korrelációs együttható ( $p=0,043$ ) alapján megállapítható, hogy a két mikroelem (szelén, mangán) közötti összefüggés szignifikáns, nem csupán a véletlen hatásának tudható be.

A második legerősebb korrelációs kapcsolat a szelén és a molibdén koncentrációja között mutatható ki. A korrelációs együttható értéke alapján megállapítható, hogy a két mikroelem közötti kapcsolat közepesnél erősebb, pozitív irányú ( $r=0,742$ ). A két változó között nincs szignifikáns összefüggés ( $p>0,05$ ), tehát a hatás a véletlennek tudható be. A szelén és réztartalom ( $r=-0,690$ ), valamint a szelén és cinktartalom ( $r=-0,601$ ) között egyaránt negatív irányú, közepesnél erősebb korrelációs kapcsolat áll fenn. Sem a réz, sem a cink esetében a szeléntartalommal való kapcsolat nem szignifikáns ( $p>0,05$ ), azaz nem tekinthető valódi kapcsolatnak. A vas és a szelén koncentrációja között pozitív irányú, közepesnél erősebb kapcsolat mutatható ki. ( $r=0,650$ ), a két elem közötti kapcsolat azonban nem szignifikáns ( $p>0,05$ ). A szelén és a stroncium közötti korrelációs kapcsolat erősségét tekintve közepesnél gyengébb, negatív irányú ( $r=-0,329$ ), a változók

közötti kapcsolat nem szignifikáns ( $p>0,05$ ). A szelén és kobalttartalom ( $r=0,140$ ), valamint a szelén és báriumtartalom ( $r=-0,058$ ) között gyenge kapcsolat mutatható ki. A szelén a kobalttal pozitív, míg a báriummal negatív irányú korrelációs kapcsolatban van. A kobalt és a bárium esetében a szeléntartalommal való kapcsolat nem szignifikáns ( $p>0,05$ ).

14. táblázat: **Mikroelemek és a szelén közötti kapcsolat vizsgálata (Hajdúböszörmény)**

	<b>Korrel. erőssége</b>	<b>Korrel. iránya</b>	<b>Korrel. eh. szign.</b>
Mangán (Mn)	$r=0,891$ (erős)	pozitív	0,043
Molibdén (Mo)	$r=0,742$ (közepesnél erősebb)	pozitív	n.s.
Réz (Cu)	$r=-0,690$ (közepesnél erősebb)	negatív	n.s.
Vas (Fe)	$r=0,650$ (közepesnél erősebb)	pozitív	n.s.
Cink (Zn)	$r=-0,601$ (közepesnél erősebb)	negatív	n.s.
Stroncium (Sr)	$r=-0,329$ (közepesnél gyengébb)	negatív	n.s.
Kobalt (Co)	$r=0,140$ (gyenge)	pozitív	n.s.
Bárium (Ba)	$r=-0,058$ (gyenge)	negatív	n.s.

A 14. táblázat összefoglalja a korreláció vizsgálat eredményeit a hajdúböszörményi telep esetében. A nyolc vizsgált mikroelem közül egy olyan van, ahol a szeléntartalom és a vizsgált mikroelem közötti kapcsolat 95%-os valószínűséggel valódi és nem a véletlen műve. Ez az elem a mangán, amely a vizsgált elemek közül egyedülként mutat erős ( $0,81 \leq |r| < 0,99$ ), pozitív irányú korrelációs kapcsolatot. Négy elem esetében a korrelációs kapcsolat közepesnél erősebb ( $0,51 \leq |r| < 0,8$ ), ezek az elemek a molibdén, a réz, a vas és a cink. Egy elem (stroncium) esetében a korrelációs kapcsolat közepesnél gyengébb. Két elem (kobalt, bárium) esetében a szelénnel való korrelációs kapcsolat gyenge ( $0,01 \leq |r| < 0,3$ ). A hajdúböszörményi telep esetében a szelén pozitív irányú korrelációs kapcsolatot mutat a mangánnal, a vassal, a molibdénnel és a kobalttal. A szelén negatív irányú korrelációs kapcsolatot mutat a rézzel, a cinkkel, a stronciummal és a báriummal.

Mind a bődönháti, mind a hajdúböszörményi telep esetében szignifikáns, erős pozitív irányú korrelációs kapcsolatot sikerült kimutatni a tej szelén és mangántartalma között. A két telep adatait összehasonlítva egyaránt negatív irányú kapcsolatot mutattam ki a réz, a cink, a stroncium és a bárium esetében. A molibdén esetében a kapcsolat pozitív irányú volt mindkét telepen. A vas és a kobalt esetében a szelénnel való kapcsolatuk iránya a két telep esetében eltért, de mivel a szeléntartalommal való kapcsolat egyik esetben sem nem szignifikáns, így az nem tekinthető valós összefüggésnek.

A tapasztalt pozitív irányú szelén és mangán közötti kapcsolat előnyös lehet a legújabb kutatások szerint, hiszen számos daganatos beteg esetében találtak csökkent szelén és mangánszinttel (GOLARA és mtsai, 2023). Malacokon végzett állatkísérletekkel igazolták, hogy a szelén szükséges a mangán szuperoxid-dimutáz enzim fokozott aktivitásához, mely véd az élő szervezeteket az oxidatív stresszel szemben (EDMUNDS és mtsai, 2019).

A tej és a réztartalom között felfedezett negatív összefüggés igazolja, amit egy kanadai kutatócsoport (BUCKLEY és mtsai, 1986) kimutatott, miszerint a szelén etetésével a tej réztartalma csökken, azonban a korreláció mértékét nem határozták meg.

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A szarvasmarhák takarmányának szeléntartalmát emelve jelentősen emelhető a tej szeléntartalma, és ebből fogyasztói tej, illetve más tejtermékek állíthatók elő. Ez alapján javasoljuk, hogy az állattartó telepek a takarmány szeléntartalmát premixszel emelve vagy szelénes nyalósó formájában egészítsék ki.

Kísérletünk sikeresnek mondható, mert állatok takarmányozásával emelt szeléntartalmú tejet állítottunk elő. A bödönháti telep esetében napi egy mg szelénpótlással a tej szelénszintje 60 %-kal, 32,93 µg/kg-ról 52,79 µg/kg-ra nőtt. A kettő és négy mg/tehén/nap dózis adagolásakor fejt tej átlagosan 97,20 µg/kg, illetve 182,69 µg/kg szelént tartalmazott, ami közel háromszor, illetve 5,5-szer több mint a kontrollé (32,93 µg/kg). A 6 mg/nap/tehén dózis esetében a tej szelénszintje az eredeti szeléntartalom közel hétszerezésére emelkedett (233,5 µg/kg). Hajdúböszörményben a tej szeléntartalma a 52,42 µg/kg-ról az egy és kettő mg/egyed/nap kezelés hatására majdnem megkétszereződött, 99,21, illetve 99,93 µg/kg-ra nőtt. A négy milligramm kezelés hatására 128,26 µg/kg-ra emelkedett a tej szeléntartalma (közel 2,5-szeres növekedés), míg hat mg/egyed/nap szelén adagolásával 139,52 µg/kg-os értéket értünk el.

Az egyedenkénti vizsgálat Bödönháton azt az eredményt hozta, hogy míg az 1 és 2 mg/egyed/nap kiegészítéskor vett minták szeléntartalma a téli takarmányra történő átállás miatt csak enyhén, majd a 4 és 6 mg-os kiegészítés hatására jelentősen megnövekedett. A tehenek között eltérés volt tapasztalható, különösen a magasabb dózisok alkalmazásakor. A legalacsonyabb szeléntartalmat szinte minden alkalommal a 4784-as, míg a legmagasabbat a 4828-as egyed tejében mértük. A 2019.02.11-es mintavételi időpontnál nézve másfélszeres az eltérés, azaz a 4784-es egyed teje 285 µg/kg szelént, a 4828-as egyed teje pedig 425 µg/kg szelént tartalmazott. Ez a különbség etológiai okokkal magyarázható. A kiegészítés elhagyásával a tej szeléntartalma minden egyed esetében a kontroll értékre esett vissza. Hajdúböszörményben a másik telephez hasonlóan a takarmányváltás miatt nem alakult ki az 1 és 2 mg/napos dózis között különbség. A további napi szelénadag növelésével minden egyed esetében növekedés tapasztalható, azonban nincs egy kiemelkedő érték. A 6075; a 6781 és a 6438-as fülszámú egyedek tejében mértünk kiugró értékeket, de nincs olyan nagy szórás az egyedek között, mint a másik telep esetében. A legnagyobb különbséget 2019.02.11-én vett mintákban volt, ahol a legmagasabb (266 µg/kg) és a legalacsonyabb (92,2 µg/kg) szeléntartalom között 173,8 µg/kg különbség volt. Mivel nem mindig ugyanattól az egyedtől származott

a legalacsonyabb és legmagasabb szeléntartalmú tej, ezért a hierarchia a kísérleti csoportban nem olyan nyilvánvaló, mint a bődönháti telepen. A két telep egyedenkénti eredményeit nézve úgy lehetett volna egyenletesebb eredményeket kapnunk, ha az állatok az alaptakarmányba keverve kapták volna meg az adott dózisú szelént vagy pedig kötött tartásban lettek volna. Előbbire nem volt lehetőségünk, utóbbi pedig az intenzív tejelő fajtáknál nem szokás a termelésben.

A kezelések alatt fejt tejből 3 alkalommal készítettünk tejtermékeket, s vizsgáltuk a szeléntartalmát. A kontroll; a 4 mg/nap és a 6 mg/napos dózis esetén 50-50 liter tejből gyártottunk pasztórozott tejet, joghurtot, kefirt, túrót, gomolyát, félkemény sajtot és ordát, valamint a keletkezett savó és permeátum Se-tartalmát is megmértük. A gyártás folyamán azt tapasztaltuk, hogy a megemelt szeléntartalom a gyártási technológiát nem befolyásolta, a kultúrák szaporodását és oltó működését nem gátolta. A túró, a sajtok és a fermentált tejtermékek esetén a kontroll és a kezelések mérési eredményei között szignifikáns a különbség, azonban az orda és a savók esetében nem volt kimutatható a szelénhatás. Ez azzal magyarázható, hogy a szelén a kazeinfrakcióhoz kötődik és az orda, mint savósajt csak a hőérzékeny savófehérjéket, globulint és albumint tartalmazza.

Vizsgáltuk a tej szeléntartalma és egyéb mikroelemtartalma közötti összefüggést is. A bődönháti telep esetén a szelén pozitív irányú korrelációt mutat a mangánnal és negatívát a rézzel és a stronciummal. A hajdúböszörményi telep mérési adatainál megállapítottuk, hogy a szeléntartalom és a mangántartalom között van szignifikáns, pozitív irányú összefüggés.

Bár a szakirodalmi részben említett kutatások egészségmegőrzés és betegségek, mint IR (inzulin-rezisztencia), zsíryanycsere-zavar vagy PCOS (policisztás ovárium szindróma) mérséklésére átlagosan napi 200 µg Se bevitelét javasolják a kutatók, mi a két és négy mg/egyed/nap kiegészítéssel előállított 97,20-99,93 µg/kg és 128,26-182,65 µg/kg szelént tartalmazó tejet javasolnánk lakossági fogyasztásra, hiszen ez még biztonságos mennyiség az egyéb forrásokból bevitt szelénnel együtt is.

Az eredményeket értékelve úgy gondoljuk, hogy a megnövelt szeléntartalmú tej élelmiszertudományi és egészségmegőrzési szempontból is fontos, és mint alapvető élelmiszer, a megfelelő szelénbevitel és az egészséges táplálkozás egyik alappillére lehet.

## 6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Különböző koncentrációban szerves kötésben lévő szelént a szarvasmarha takarmányába keverve bizonyítottam, hogy a szelén-kiegészítés hatására az adagolt szelénkoncentráció függvényében szignifikáns mértékben megnő a tej szeléntartalma. Bizonyítottam, hogy a szelén-tetés megkezdését követően egy hét múlva a tej szelénkoncentrációjában már növekedés tapasztalható, majd a szelén-kiegészítés elhagyásával, csak az alaptakarmányt etetve, a második héten már tapasztalható a tej szeléntartalmának csökkenése. Megállapítottam, hogy már napi egy mg/egyed szelénkiegészítés hatására a tej szeléntartalma szignifikánsan nőtt, és ugyancsak szignifikáns volt a növekedés a 2; 4; 6 mg kiegészítés hatására is mind a kontrollhoz, mind a kisebb kiegészítést kapott szarvasmarhákhoz képest.
2. Megállapítottam, hogy még a legmagasabb (6 mg/napos) szelén-kiegészítés esetében is biztonsággal fogyasztható akár napi 1,5 liter tehéntej is, mert annak szeléntartalma a WHO által megszabott határérték (UL) alatt marad. Az alacsonyabb kiegészítéskor vett tejminta pedig a fogyasztóra semmilyen veszélyt nem jelent.
3. Túró esetében a szeléntartalom a 6 mg-os kiegészítés hatására a kontrollhoz viszonyítva 309,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ról ( $\pm 45,76$ ) 653,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ra ( $\pm 96,44$ ), a félkemény sajt esetén 597  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ról ( $\pm 89,27$ ) 1015  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ra ( $\pm 30,09$ ) nőtt. A szeléntartalom a gomolya esetében a kontrollnál mért 524  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ról ( $\pm 57,66$ ) 783  $\mu\text{g}/\text{kg}$ -ra ( $\pm 8,74$ ) nőtt. A 4 és 6 mg/nap kiegészítés között szignifikáns különbséget nem minden esetben tudtam kimutatni. Az orda esetében a szeléntartalom 113 ( $\pm 2,52$ ) ( $\pm 22,67$ ) és 126  $\mu\text{g}/\text{kg}$  között változott, azonban a kontroll és a 4 mg/nap kiegészítés között szignifikáns különbség nem volt. A túró, a gomolya és a félkemény sajt szeléntartalmából levonható az a következtetés, hogy a szelén nagyobb része a kazein frakcióhoz kötődik.
4. Pozitív összefüggést állapítottam meg a tej szeléntartalma és a mangántartalma között, míg negatív volt az összefüggés a szelén- és réztartalom között.

## 7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

A kutatásunkban tej szeléntartalmának megnövelése érdekében technológiát dolgoztunk ki a tehenek takarmányához kevert optimális szelénmennyiség meghatározására. A takarmány egyedenkénti 1; 2; 4; 6 mg/nap kiegészítésével a tehéntej szeléntartalma a kezelések hatására szignifikánsan megemelkedett, a legmagasabb eredményt a 6 mg etetés esetén kaptuk. Az etetés befejezését követően a tej szeléntartalma két hét alatt jelentősen csökken, és a negyedik hét végére a szelén etetését megelőző szintre állt be. A fentiek miatt véleményünk szerint megnövekedett szeléntartalmú tejet csak folyamatos szelénkiegészítés esetében lehet kapni, hisz a tehén nem képes annyi szelént a szervezetében raktározni, amennyivel a szelén etetést befejezően megemelt szeléntartalmú tejet tudna termelni. A folyamatosan termelődő magas szeléntartalmú tej érdekében ezért javasoljuk tejelő szarvasmarhák takarmányának napi 1-4 mg szelénnel történő kiegészítését. Kísérleteink során optimálisnak bizonyult a szerves szelén (Alltech Selplex-2300) adagolása.

A lakosság pontos tejfogyasztása nem modellezhető, illetve szelént más forrásból is vesz fel, ezért a túladagolást kiküszöbölendő az 1; 2 és 4 mg-os kiegészítéskor kapott tejek forgalmazását javasoljuk egészségvédő céllal. Mivel a szelén a tejfehérjéhez kötődik, így a zsírtartalom-beállítás és laktózmentesítés során a szeléntartalom nem csökken. Az általunk javasolt módon előállított tej ipari felhasználása során nem kell számolnunk szelénpótlással, illetve fermentált tejkészítmények és sajtok is készíthetők a szelénesejtből. A tejtermék előállítással foglalkozó kis-, közepes- és nagyvállalatok számára, a lakosság szelénellátottságának javítása érdekében, az általunk ismertett technológia módosítás nélkül beilleszthető.

Gyermekek részére a napi egy és két milligramm dózis alatt fejt tejet javasoljuk fogyasztani, így kiszámoltuk, hogy a különböző korcsoportok esetén ez mennyi tejet jelentene. A legkisebb, 1-3 éves kisgyermekeknek ajánlott mennyiség 20 µg/nap ajánlott beviteli érték esetén 210-270 ml, azaz 1 nagy pohár tejjel egyenértékű. Az óvodás, kisiskolás korú gyermekek (4-9 év) napi szelénszükséglete kb. 320-400 ml tejjel vihető be, míg az általános iskolás felsősök korcsoportja (10-14 év) 420-540 ml tejjel fedezheti a napi szelénszükségletét. A 15 év felettiekre a felnőttek számára is ajánlott 55 µg/nap beviteli érték vonatkozik, mely közel 600-740 ml tejet jelent. Terhes és szoptató anyáknak pedig 720-940 ml tejet jelentene, mely mennyiség szelénesejtermékek fogyasztásával csökkenthető.

A gyakorlatban ez úgy lenne kivitelezhető, ha az iskolatej programban vagy a közétkeztetésben a gyerekek és diákok 200-350 ml szelénesez tejet vagy kakaót kaphatnának, s így a szelén jótékony hatásai már kisgyermekkoról érvényesülhetnének.

## 8. ÖSSZEFOGLALÁS

A szakirodalmi áttekintés során bemutattam a szelén táplálkozásélettani jelentőségét és a szelén pótlásának lehetőségeit. Ez alapján megállapítottam, hogy a szelén az emberi szervezet számára nélkülözhetetlen mikroelem, melynek hiánya hiánybetegségek kialakulásához vezet. Mivel hazánk hiányos szelénellátottságú területnek számít, ezt a hatást fokozza a szelén alacsony fokú szervezetben történő hasznosulása, így mindenképpen fontos a szervezet megfelelő szelénutánpótlásának biztosítása. Ez a fogyasztó számára legegyszerűbb módon úgy történhet, ha a megfelelő mennyiségű szelént különböző alapélelmiszerek segítségével viszi be a szervezetbe. Ilyen alapélelmiszer lehet a tej. A takarmány szeléntartalmának növelése nemcsak a tej szeléntartalmát növelheti, de állategészségügyi szempontból is ideális lehet.

A kutatásban két gazdaságban (Bödönhát, Hajdúböszörmény) hat-hat holstein-fríz szarvasmarha takarmányát egészítettük ki szerves szelénnel, szelénes premixet adagolva az állatoknak. Az alkalmazott dózisok 1, 2; 4; 6 mg/egyed/nap voltak. A kiválasztott egyedektől heti egy alaklommal történt tejminta vétel. Ezt követően ICP-MS-sel mértem meg a tej szeléntartalmát, valamint vizsgáltam a különböző mikroelemeket is. A dúsított szelént tartalmazó tejből különféle tejtermékeket készültek, melyek szeléntartalmát vizsgáltam.

A 4 mg/nap és a 6 mg/nap szelénkiegészítés adagolásának hatására a tej szeléntartalma megemelkedik, ez pedig a belőle készült tejtermékekben is kimutatható. A kontroll mintához képest, mind a 12 vizsgált tejtermék esetében növekedés állapítható meg. A szelénnel dúsított tejből készült tejtermékek elemzésének eredményei alapján megállapíthatom, hogy a legmagasabb szeléntartalommal a félkemény sajt, a sózott és a sótlan gomolya, valamint a túró rendelkezik. Az eredmények alapján az is látható, hogy a teljes tejhez viszonyítva a szelén bizonyos termékek esetében képes feldúsulni (pl. félkemény sajt), míg bizonyos termékek (pl. savó típusú termékek) készítése a szeléntartalom csökkenéséhez vezet. A statisztikai eredmények alapján megállapítható, hogy a szelénkiegészítés hatására a vizsgált termékek közül hét termék esetében, mind a 4 mg/nap, mind a 6 mg/nap dózisú termék szignifikánsan magasabb szeléntartalommal jellemezhető, mint a kontroll. Ezek a termékek a teljes tej, a kefir, a joghurt, a túró savó, a félkemény sajt, a sótlan és sózott gomolya. Ezen termékek esetében egyértelműen bebizonyosodott, hogy a takarmányozás során adagolt szelén részben megjelenik a tejben, a tejből pedig magas szeléntartalmú termékek készíthetők. A túró esetében csak a 6

mg/nap szelénkiegészítés hatására emelkedett meg szignifikánsan a termékben a szeléntartalom. A félkeménysajt savó, a gomolya savó és az orda esetében a különbség a kontrollhoz képest nem szignifikáns.

Kutatásom fő kísérletében a különböző tejmintákat elemeztem. A tej átlagos szeléntartalmát a két vizsgált telep esetében külön-külön elemeztem. A bödönháti telep esetében megállapítható, hogy a tej szeléntartalma a szelénkiegészítés időszakában a kontrollhoz képest fokozatos növekedett, a csúcst a 6 mg/nap kiegészítés időszakában érte el, majd pedig a kiürülés időszakában meredeken csökkent. A statisztikai elemzés kimutatta, hogy a kontroll mintához képest szignifikánsan magasabbak a 2 mg/nap, a 4 mg/nap és a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszakának átlagai. A kontrolltól nem tér el szignifikánsan az 1 mg/nap kiegészítés és a kiürülés időszaka. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a 4 mg/nap és a 6 mg/nap dózis adagolása esetén a tej szeléntartalma nemcsak a kontroll értékektől, hanem a többi kezelés és a kiürülés időszakának értékeitől is szignifikánsan különbözik. A hajdúböszörményi telep esetében is megállapítható, hogy a tej szeléntartalma a csúcst a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszakában érte el, ezt követően pedig csökkent. A statisztikai elemzés kimutatta, hogy a kontroll mintához képest szignifikánsan magasabbak az 1 mg/nap, a 2 mg/nap, a 4 mg/nap és a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszakának átlagai. A kontrolltól nem tér el szignifikánsan a kiürülés időszaka. Ez az eredmény is rámutatott arra, hogy a szelén képes a tejben feldúsulni, melynek érdekében leginkább a 4 és/vagy 6 mg/nap szelénkiegészítés alkalmazása ajánlott.

Az egyedenkénti vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy mind a bödönháti, mind a hajdúböszörményi telep esetében a vizsgált hat-hat egyed mindegyikénél emelkedett a tej szeléntartalma a szelénkiegészítés időszakában, majd csökkent a kiürülés időszakában. A bödönháti telep esetében mind a hat vizsgált egyed tejének átlagos szeléntartalma a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb volt a 4 mg/nap és a 6 mg/nap kiegészítés időszakában. Az 1 mg/nap és a 2 mg/nap dózisú kezelések, valamint a kiürülés időszaka nem különülnek el szignifikánsan a kontrolltól, ami a telep téli takarmányváltásával magyarázható. A hajdúböszörményi telep esetében mind a hat vizsgált egyed tejének átlagos szeléntartalma a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb a 4 mg/nap szelénkiegészítés időszakában, és egy egyed kivételével a 6 mg/nap szelénkiegészítés időszakában is.

A szeléntartalom és az egyéb mikroelemtartalom közötti összefüggés vizsgálatának eredményei alapján megállapítható, hogy a bödönháti telep esetében a vizsgált nyolc mikroelem közül három olyan van (réz, mangán, stroncium), ahol a szeléntartalom és a vizsgált mikroelem közötti kapcsolat 95%-os valószínűséggel valódi és nem a véletlen műve. A szelén pozitív irányú erős korrelációs kapcsolatot mutat a mangánnal és negatív irányú erős korrelációs kapcsolatot mutat a rézzel és a stronciummal. A hajdúböszörményi telep adatai alapján is megállapítható, hogy a szelén és mangántartalom közötti korreláció erős, pozitív irányú, a két mikroelem (szelén, mangán) közötti összefüggés szignifikáns.

## 9. SUMMARY

During the literature review, I presented the importance of selenium in nutrition and physiology and the possibilities of selenium supplementation. Based on this, I can conclude that selenium is an essential microelement for the human body, the lack of which leads to the development of deficiency diseases. Since our country is deficient in selenium, this effect is enhanced by the low utilization of selenium in the body, so it is important to ensure adequate selenium supplementation. This can be done in the simplest way for the consumer by taking the appropriate amount of selenium into the body with the help of different foods. Milk can be excellent for this. Increasing the selenium content of feed can not only increase the selenium content of milk, but it can also have a beneficial effect on the health of the animal.

In my research, we supplemented the feed of six Holstein-Friesian cattle on two farms in the county of Hajdu-Bihar (Bödönhat, Hajdúböszörmény) by adding a selenium premix with organic selenium. The doses used are 1; 2; 4; 6 mg/individual/day. Milk samples were taken once a week from the selected cows. After that, I measured the selenium content of the milk with ICP-MS and examined the microelements. Various dairy products were made from milk with a higher selenium content, and I also determined their selenium content.

As a result of the administration of the 4 mg/day and 6 mg/day selenium supplements, the selenium content of milk increased, and this was also detectable in the milk products made from it. Compared to the control sample, an increase can be established for all 12 tested dairy products. Based on the results of the analysis of dairy products made from selenium-enriched milk, I can point out that semi-hard cheese, salted and unsalted curd, and cottage cheese have the highest selenium content. Based on the results, it can also be seen that compared to whole milk, selenium can be enriched in certain products (e.g., semi-hard cheese), while the production of certain products (e.g., products made from whey) leads to a decrease in selenium content. Based on the statistical results, it can be concluded that due to selenium supplementation, in the case of seven products out of the examined products, both the 4 mg/day and the 6 mg/day products can be characterized by a significantly higher selenium content than the control. These products are whole milk, kefir, yogurt, curd whey, semi-hard cheese, unsalted and salted dumplings. In the case of these products, it has been clearly proven that some of the selenium added during feeding appears in the milk, and products with a high selenium

content can be made from the milk. In the case of cottage cheese, the selenium content in the product increased significantly only as a result of selenium supplementation of 6 mg/day. Compared to the control, the difference is not significant in the case of semi-hard cheese whey, lump cheese whey and orda.

In the main experiment of my research, I analyzed different milk samples. The average selenium content of the milk was analyzed separately for the two tested farms. In the case of the Bődönhát farm, it can be established that the selenium content of the milk gradually increased during the period of selenium supplementation compared to the control, the peak was reached during the period of supplementation of 6 mg/day, and then sharply decreased during the depletion period. The statistical analysis showed that compared to the control sample, the averages of the 2 mg/day, 4 mg/day and 6 mg/day selenium supplementation periods were significantly higher. The 1 mg/day supplementation and the withdrawal period do not differ significantly from the control. Based on the results, it can be concluded that the selenium content of the milk in the case of the 4 mg/day and 6 mg/day doses differs significantly not only from the control values, but also from the values of the other treatments and the emptying period. In the case of the Hajdúböszörmény farm, it can also be established that the selenium content of the milk reached its peak during the period of 6 mg/day selenium supplementation, and then decreased. The statistical analysis showed that compared to the control sample, the averages of the 1 mg/day, 2 mg/day, 4 mg/day and 6 mg/day selenium supplementation periods were significantly higher. The emptying period does not differ significantly from the control. This result also pointed out that selenium can be enriched in milk, for this purpose the use of selenium supplementation of 4 and/or 6 mg/day is recommended.

Based on the results of the individual test, it can be established that in the case of both the Bődönhát and the Hajdúböszörmény farms, the selenium content of the milk increased during the period of selenium supplementation and then decreased during the period of emptying. In the case of the Bődönhát farm, the average selenium content of the milk of all six examined animals was significantly higher compared to the control during the period of 4 mg/day and 6 mg/day supplementation. Treatments with doses of 1 mg/day and 2 mg/day, as well as the period of emptying, are not significantly different from the control, which can be explained by the winter feed change. In the case of the Hajdúböszörmény farm, the average selenium content of the milk of all six tested individuals is significantly higher compared to the control during the period of 4 mg/day

selenium supplementation, and, except for one individual, also during the period of 6 mg/day selenium supplementation.

Based on the results of the examination of the relationship between the selenium content and other microelement content, it can be concluded that in the case of the Bődönhát plant, there are three out of the eight microelements examined (copper, manganese, strontium) where the relationship between the selenium content and the microelement examined is real and not the accidental with a 95% probability. Selenium shows a strong positive correlation with manganese and a negative strong correlation with copper and strontium. Based on the data from the Hajdúböszörmény site, it can be established that the correlation between selenium and manganese content is strong and positive, and the correlation between the two microelements (selenium, manganese) is significant.

## **IRODALOMJEGYZÉK**

1. ALLAN C.B. - LACOURCIERE G.M. - STADTMAN T.C. (1999): Responsiveness of selenoproteins to dietary selenium. *Annual Review of Nutrition*, 19: 1-16.
2. ALSHAMMARI M.K. - WASEEM FATIMA B, REEM AHMED ALRAYA R.A. - ALZHRANI A.K - KAMAL M. - ALSHAMMARI R.S. - ALSHAMMARI S.A. - ALHARBI L.M. - ALSUBAIE N.S. - ALOSAIMI R.B. - ASDAQ S.M.B. - IMRAN M. (2022): Selenium and COVID-19: A spotlight on the clinical trials, inventive compositions, and patent literature. *Journal of Infection and Public Health*, 15(11): 1225-1233
3. ANI C. - GRANTHAM-MCGREGOR S. - MULLER D. (2007): Nutritional supplementation in Down syndrome: theoretical considerations and current status. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42: 207–213.
4. ARTHUR J.R. - NICOL F. - BECKETT G.J. (1990): Hepatic iodothyronine 5'-deiodinase. The role of selenium. *Biochemical Journal*, 272(2): 537–540.
5. ARTHUR J.R. (1991): The role of selenium in thyroid hormone metabolism. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 69: 1648-1652.
6. AWASHTI Y.C. - BEUTLER E. - SRIVASTAVA K. (1975): Purification and properties of human erythrocyte glutathione peroxidase. *Journal of Biological Chemistry*, 250: 5144-5149.
7. AZORÍN I. - MADRID J. - MARTINEZ S. - LÓPEZ M. - LÓPEZ M.B. - LÓPEZ M.J. - HERNÁNDEZ F. (2020): Can moderate levels of organic selenium in Dairy cow feed naturally enrich dairy products? *Animals*, 10. 2269.
8. BABINSZKY L. (2019): *Innovatív takarmányozás*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 996.
9. BAÑUELOS G.S. - FAKRA S.C. - WALSE S.S. - MARCUS M.A. - YANG S.I. - PICKERING I.J. - PILON-SMITS E.A.H. - FREEMAN J.L. (2011): Selenium accumulation, distribution, and speciation in spineless prickly pear cactus: A drought- and salt-tolerant, selenium-enriched nutraceutical fruit crop for biofortified foods. *Plant Physiology*, 155: 315-327.
10. BEILSTEIN M.A. - WHANGER P.D. - YANG G.Q. (1991): Chemical forms of selenium in corn and rice grown in a high selenium area of China, *Biomedical and Environmental Sciences*, 4: 392-398.

11. BEILSTEIN M.A. - WHANGER P.D. (1986): Selenium containing proteins in higher primates. *Journal of Nutrition*, 116: 706-712.
12. BENDHAL L. - GAMMELGAARD B. (2004): Separation and identification of Se-methyl-seleno-galactosamine, a new metabolite in basal human urine by HPLC-ICP-MS and CE-nano-ESI-(MS)<sup>2</sup>. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 19: 950-957.
13. BOKORI J. - GUNDEL J. - HEROLD I. - KAKUK T. - KOVÁCS G. - MÉZES M. - SCHMIDT J. - SZIGETI G. - VINCZE L. (2003): *A takarmányozás alapjai*. Budapest, Mezőgazda kiadó, 203.
14. BRAUN M. - GALBÁCS G. (2018): Aktuális kutatási irányzatok az induktív csatolású plazma tömegspektrometriában. *Magyar Kémikusok Lapja*, 73(2): 60-64.
15. BROWN K.M. - ARTHUR J.R. (2001): Selenium, selenoproteins and human health: a review. *Public Health Nutrition*, 4: 593-599.
16. BUCKLEY W.T. - HUCKIN S.N. - FISHER L.J. - EIGENDORF G.K. (1986): Effect of selenium supplementation on copper metabolism in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 66: 1009-1018.
17. BURKE M.P. - OPEKIN K. (2002): Fulminant heart failure due to selenium deficiency cardiomyopathy (Keshan disease). *Medicine, Science, and the Law*, 42: 10-13.
18. CEBALLOS A. - SÁNCHEZ J. - STRYHN H. - MONTGOMERY J.B. - BARKEMA H.W. - WICHTEL J.J. (2009): Meta-analysis of the effect of oral selenium supplementation on milk selenium concentration in cattle, *Journal of Dairy Science*, 92(1): 324-342.
19. CHANG J.C. (1995): Selenium content of Brazil nuts from two geographic locations in Brazil. *Chemosphere*, 30: 801-802.
20. CHANOINE J.P. (2003): Selenium and thyroid function in infants, children and adolescents. *BioFactors*, 19: 137-143.
21. CLAYTON C.C. - BAUMAN C.A. (1949): Diet and azo dye tumors: effect of diet during a period when the dye is not fed. *Cancer Research*, 9: 575-580.
22. COMBS G.F. (2001): Selenium in global food systems. *The British Journal of Nutrition*, 85: 517-547.

23. CONE J.E. - DEL RIO M.R. - DAVIS J.N. - STADTMAN T.C. (1976): Chemical characterization of the selenoprotein component of clostridial glycine reductase: identification of selenocysteine as the organoselenium moiety. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 73: 2659-2663.
24. CONRAD H.R., - MOXON A.L. (1979): Transfer of dietary selenium to milk. *Journal of Dairy Science*, 62(3): 404-411.
25. CRAIG P.J. (1986): *Organometallic Compounds in the Environment*. Longman Group Ltd. - London, 255–277.
26. CSAPÓ J. - ALBERT CS. - CSAPÓNÉ KISS ZS. (2016): *Funkcionális élelmiszerek*. Kolozsvár, Scientia Kiadó, 216.
27. CSAPÓ J. - CSAPÓNÉ KISS ZS. (2002): *Tej és tejtermékek a táplálkozásban*. Budapest, Mezőgazda Kiadó, 464.
28. CSER M.Á. - SZIKLAI-LÁSZLÓ I. (1998): A szelén szerepe a humán medicinában. 28-46. In CSER M.Á. és SZIKLAI-LÁSZLÓ I. (Szerk.): *A szelén szerepe a környezetben és egészségvédelemben*. Budapest, Frag Bt., 139.
29. DEL VESCO A. P. - GASPARINO E. - ZANCANELA V. - GRIESER D.O. - STANQUEVIS C.E. - POZZA P.C. - OLIVEIRA NETO A.R. (2016): Effects of selenium supplementation on the oxidative state of acute heat stress-exposed quails. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(1): 170–179.
30. DELESALLE C. - DE BRUIJN M. - WILMINK S. - VANDENDRIESSCHE H. - MOL G. - BOSHUIZEN B. - PLANCKE L. - GRINWIS G. (2017): White muscle disease in foals: focus on selenium soil content. A case series. *BMC Veterinary Research*, 13: 121-131.
31. DIAS J.P.V. - COSTA SOBRINHO P.D.S. - PIMENTA A.M. - HERMSDORFF H.H.M. - BRESSAN J. - NOBRE L.N. (2021): Dietary selenium intake and type-2 diabetes: a cross-sectional population-based study on CUME project. *Frontiers in Nutrition*, 8: 678648.
32. DREDGE K. (2005): Selenium and animal health. *Agrifood Research Reports*, 69: 51-53.
33. DWORKIN B.M. (1994): Selenium deficiency in HIV infection and the acquired immunodeficiency syndrome (AIDS), *Chemico-Biological Interactions*, 91: 181-186.

34. EBDON L. - PITTS L. - CORNELIS R. - CREWS H. - DONARD O.F.X, QUEVAUVILLER P. (2001): Trace Element Speciation for Environment. London, Royal Society of Chemistry, 400.
35. EDMUNDS C.E.-SEIDEL D.S. - WELCH C.B. - LEE E.A. - AZAIN M.J. - CALLAWAY T.R - DOVE C.R. (2021): The Effect of Altering Dietary Manganese and Selenium Levels on the Growth Performance and Blood Manganese-superoxide Dismutase Activity in Nursery Pigs, *Journal of Animal Science*, 99(1): 45.
36. ELLIOTT S. - KNOWLES M. - KALINITCHENKO I. (2004): A Change in Direction in ICP-MS. *American Laboratory* 36(6): 24-29.
37. ELLIOTT S. - STURMAN B. - ANDERSON S. - BROUWERS E. - BEIJNEN J. (2007): ICP-MS: When Sensitivity Does Matter. *LC GC North America* 25(4): 36-43.
38. ELLIS D.R. - SALT D.E. (2003): Plants, selenium and human health. *Current Opinion in Plant Biology*, 6: 273-279.
39. ESZENYIP. - SZTRIK A. - BABKA B. - PROKISCH J. (2011): Elemental, nano-sized (100-500 nm) selenium production by probiotic lactic acid bacteria. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 1: 148.
40. FARIAS P.M. - MARCELINO G. - SANTANA L.F. - DE ALMEIDA E.B. - GUIMARÃES R.C.A. - POTT A. - HIANE P.A. - FREITAS K.C. (2020): Minerals in Pregnancy and Their Impact on Child Growth and Development. *Molecules*, 25: 5630.
41. FENYVESSY J. - CSANÁDI J. - CSAPÓ J. - CSAPÓ-KISS ZS. (2014): *Tejipari Technológia*. Kolozsvár, Scientia Kiadó, 424.
42. FEROCI G. - BADIELLO R. - FINI A. (2005): Interactions between different selenium compounds and zinc, cadmium and mercury. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18: 227-234.
43. FERREIRA R.L.U. - SENA-EVANGELISTA K.C.M. - DE AZEVEDO E.P. - PINHEIRO F.I. - COBUCCI R.N. - PEDROSA L.F.C. (2021): Selenium in Human Health and Gut Microflora: Bioavailability of Selenocompounds and Relationship with Diseases. *Frontiers in Nutrition*, 8: 685317.

44. FINLEY J.W. - PENLAND J.G. (1998): Adequacy or deprivation of dietary selenium in healthy men: clinical and psychological findings. *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*, 11: 11-27.
45. FINLEY J.W. - SIGRID-KECK A. - ROBBINS R.J. - HINTZE K.J. (2005): Selenium Enrichment of Broccoli: Interactions between Selenium and Secondary Plant Compounds. *The Journal of Nutrition*, 135(5): 1236-1238.
46. FISININ V.I. - PAPAZYAN T.T. - SURAI P.F. (2009): Producing selenium-enriched eggs and meat to improve the selenium status of the general population. *Critical Reviews in Biotechnology*, 29(1): 18-28.
47. FLORIAN S. - KREHL S. - LOEWINGER M. - KIPP A. - BANNING A. - ESWORTHY S. - CHU F.F. - BRIGELIUS-FLOHÉ R. (2010): Loss of GPx2 increases apoptosis, mitosis, and GPx1 expression in the intestine of mice. *Free Radical Biology and Medicine*, 49(11): 1694-1702.
48. FOX T.E. - ATHERTON C. - DAINTY J.R. - LEWIS D.J. - LANGFORD N.J. - BAXTER M.J. - CREWS H.M. - FAIRWEATHER-TAIT S.J. (2005): Absorption of selenium from wheat, garlic, and cod intrinsically labeled with Se-77 and Se-82 stable isotopes. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 75: 179-186.
49. FREITAS R.G. - NOGUEIRA R.J. - ANTONIO M.A. - BARROS-FILHO ADE A. - HESSEL G. (2014): Selenium deficiency and the effects of supplementation on preterm infants. *Revista Paulista de Pediatria*, 32(1): 126-135.
50. GEY K.F. (1998): Vitamins E plus C and interacting countries required for optimal health. A critical and constructive review of epidemiology and supplementation data regarding cardiovascular disease and cancer. *Biofactors*, 7: 113-174.
51. GOLARA A. - KOZŁOWSKI M. - GUZIK P. - KWIATKOWSKI S. - CYMBALUK-PŁOSKA A. (2023): The Role of Selenium and Manganese in the Formation, Diagnosis and Treatment of Cervical, Endometrial and Ovarian Cancer. *International Journal of Molecular Science*, 24(13):10887.
52. GÓMEZ-ARIZA J.L. - POZAS J.A. - GIRALDEZ I. - MORALES E. (1998): Speciation of volatile forms of selenium and inorganic selenium in sediments by gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 823: 259-277.

53. GÓMEZ-ARIZA J.L. - SANCHEZ-RODAS D. - MORALES E. - HERRGOTT O. - MARR I.L. (1999): Inorganic and Organic Selenium Compound Speciation with Coupled HPLC-MW-HG-AFS. *Applied Organometallic Chemistry*, 13: 783–787.
54. GONDI F. - PANTÓ G. - FEHÉR J. - BOGYE G. - ALFTHAN G. (1992): Selenium in Hungary. The rock-soil-human system. *Biological Trace Element Research*, 35: 299-306.
55. GU X. - GAO C.Q. (2022): New horizons for selenium in animal nutrition and functional foods. *Animal Nutrition*, 11: 80-86.
56. GUPTA M. - GUPTA S. (2017): An Overview of Selenium Uptake, Metabolism, and Toxicity in Plants. *Frontiers in Plant Science*, 7: 2074.
57. HADEMAR B. (1988): *Bio-Selen Natürlicher Schutz für unserer Immunsystem*. München, Herbig Verlagsbuchhandlung, 175.
58. HADJIMARKOS D.M. - BONHORST C.W. (1961): The selenium content of eggs, milk, and water in relation to dental cavities in children. *The Journal of Pediatrics*, 59: 256-259.
59. HAJIZADEH-SHARAFABAD F. - JALAL MOLUDI J. - TUTUNCHI H. - TAHERI E. - IZADI A. - MALEKI V. (2019): Selenium and polycystic ovary syndrome; current knowledge and future directions: A systematic review. *Hormone and Metabolic Research*, 51(05): 279-287.
60. HAKKARAINEN J. - LINDBERG P. - BENGTSSON G. - JONSSON L. - LANNEK N. (1978): Requirement for selenium (as selenite) and vitamin E (as  $\alpha$ -tocopherol) in weaned pigs: III. The effect on the development of the VESD syndrome of varying selenium levels in a low tocopherol diet. *Journal of Animal Sciences* 46. 1001–1008.
61. HE Y. - LIU Y. - TANG J. - JIA G. - LIU G. - TIAN G. - CHEN X. - CAI J. - KANG B. - ZHAO H. (2022): Selenium exerts protective effects against heat stress-induced barrier disruption and inflammation response in jejunum of growing pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(2): 496-504.
62. HEINZ G.H. - FITZGERALD M.A. (1993): Reproduction of mallards following overwinter exposure to selenium. *Environmental Pollution*, 81(2): 117-122.
63. HIDIROGLOU M. - JENKINS D.J. (1975): Teneur en sélénium du lait de vache dans le nord ontarien. *Annales de Zootechnie*, 129-132.

64. HOLBEN D.H. - SMITH A.M. (1999): The diverse role of selenium within selenoproteins: a review. *Journal of American Dietetic Association*, 99: 836-843.
65. HOLLÓ I. - MÁRKÓ J. - STEFLER J. - WOLF. GY. (2016): Szarvasmarha-tenyésztés, tejgazdaságtan. Budapest, Herman Ottó Intézet, 230.
66. HOLLÓ I. - SZABÓ F. (2016): Szarvasmarha-tenyésztés. Budapest, Mezőgazda Kiadó, 257.
67. HORACSEK M. - LUGASI A. - MARTOS É. (2006): Az étrend-kiegészítők. *Új Diéta*, 1: 8-9.
68. HYO-CHANG L. (2018): Review of inductively coupled plasmas: Nano-applications and bistable hysteresis physics. *Applied Physics Reviews*, 5: 011108.
69. IANNI A. - MARTINO C. - POMILIO F. - DI LUCA A. - MARTINO G. (2019): Dietary selenium intake in lactating dairy cows modifies fatty acid composition and volatile profile of milk and 30-day-ripened caciotta cheese. *European Food Research and Technology*, 245(10): 2113–2121.
70. INSTITUTE OF MEDICINE, FOOD AND NUTRITION BOARD. Dietary Reference Intakes: Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. National Academy Press, Washington, DC, 2000.
71. IP C. - LISK D.J. - STOEWSAND G.S. (1992): Mammary cancer prevention by regular garlic and Selenium-enriched garlic. *Nutrition and Cancer*, 17(3): 279-286.
72. IP C. - LISK D.J. (1995): Efficacy of cancer prevention by high-selenium garlic is primarily dependent on the action of selenium. *Carcinogenesis*, 16: 2649-2652.
73. JIANG S. - YANG B. - XU J. - LIU Z. - YAN C. - ZHANG J. - LI S. - SHEN X. (2019): Associations of Internal-Migration Status with Maternal Exposure to Stress, Lead, and Selenium Deficiency Among Pregnant Women in Shanghai, China. *Biological Trace Element Research*, 190: 309-317.
74. KANAFCHIAN M. – MAHJOUB S. – ESMAEILZADEH S. - RAHSEPAR M. (2018): Status of serum selenium and zinc in patients with polycystic ovary syndrome with and without insulin resistance. *Middle East Fertility Society Journal*, 23(3): 241-245.
75. KÁPOLNA E. - FODOR P. (2007) Bioavailability of selenium from selenium-enriched green onions (*Allium fistulosum*) and chives (*Allium schoenoprasum*)

after 'in vitro' gastrointestinal digestion. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58(4): 282-296.

76. KARAG E. - NÉMETH I. - FERKE A. - HAJDÚ J. - PINTÉR S. (1998): A vörösvértest szelén és antagonistá nyomelemek, valamint a plazma antioxidánsok koncentrációja és összefüggése érett újszülöttek köldökvén vérében. In: CSER M.Á. - SZIKLAINÉ LÁSZLÓ I. (szerk.): A szelén szerepe a környezetben és egészségvédelemben. Budapest: Frag Bt. 112-114.
77. KÁRNYÁCSKI ZS. (2020): Funkcionális tejtermékek kifejlesztésének lehetőségei. Debreceni Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola. 123. <https://dea.lib.unideb.hu/server/api/core/bitstreams/7b97af61-954b-4ad5-8675-ee2e2f8eadab/content> (2023.05.13.)
78. KAROSI R. - WOJCIECHOWSKI M. - BULSKA E. - TÓÁSÓ GY. - POSTA J. (2008): Szelénnel kezelt komposzton termesztett csiperkegomba szelénspeciációs vizsgálata. *Acta Agronomica Óváriensis*, 50(1): 79-86.
79. KEYES J.D. (2012): Salt, Which Color Is Right? All Current Publications. Paper 87.
80. KIELISZEK M. (2019): Selenium-Fascinating Microelement, Properties and Sources in Food. *Molecules*, 24(7): 1298.
81. KOBAYASHI R. - HASEGAWA M. - KAWAGUCHI C. - ISHIKAWA N. - TOMIWA K. - SHIMA M. - NOGAMI K. (2021): Thyroid function in patients with selenium deficiency exhibits high free T4 to T3 ratio. *Clinical Pediatric Endocrinology*, 30(1): 19-26.
82. KOBAYASHI Y. - OGRA Y. - ISHIWATA K. - TAKAYAMA H. - AIMI N. - SUZUKI K.T. (2002): Selenosugars are key and urinary metabolites for selenium excretion within the required to low-toxic range. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 99: 15932-15936.
83. KOPEL J. - FRALICK J. - REID T.W. (2022): The Potential Antiviral Effects of Selenium Nanoparticles and Coated Surfaces. *Antibiotics (Basel)*, 11(12): 1683.
84. KOTREBAI M. - BIRTINGER M. - TYSON J.F. - BLOCK E. - UDEN P.C. (2000): Selenium speciation in enriched and natural samples by HPLC-ICP-MS and HPLC-ESI-MS with perfluorinated carboxylic acid ion-pairing agents. *Analyst*, 125: 71-78.

85. KOVÁCS B. - CSAPÓ J. (2015): Az élelmiszervizsgálatok műszeres analitikai módszerei. Debreceni Egyetem. 255.
86. KOVÁCS B. - GYŐRI Z. - PROKISCH J. - LOCH J. - DÁNIEL P. (1996): A study of plant sample preparation and inductively coupled plasma emission spectrometry parameters, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 27, 5-8: 1177-1198.
87. KUBACHKA K.M. - HANLEY T. - MANTHA M. - WILSON R.A. - FALCONER T.M. - KASSA Z. - OLIVEIRA A. - LANDERO J. - CARUSO J. (2017): Evaluation of selenium in dietary supplements using elemental speciation. *Food Chemistry*, 218: 313-320.
88. KUKOVICS S. (2009): A tej szerepe a humán táplálkozásban. Budapest, Melánia Kiadó Kft. 608.
89. LAZO-VÉLEZ M.A. - CHÁVEZ-SANTOSCOY A. - SERNA-SALDIVAR S.O. (2015): Selenium-Enriched Breads and Their Benefits in Human Nutrition and Health as Affected by Agronomic, Milling, and Baking Factors. *Cereal Chemistry*, 92: 134-144.
90. LEI C. - NIU X. - MA X. - WEI J. (2011): Is selenium deficiency really the cause of Keshan disease? *Environmental Geochemistry and Health*, 33: 183–188.
91. LEVANDER O.A. - BURK R.F. (1996): Selenium. Present knowledge in nutrition. Edited by ZIEGLER E. E. - FILER L.J. Washington DC, ILSI Press, 320-324.
92. LIMA L.W. - PILON-SMITS E.A.H. - SCHIAVON M. (2018): Mechanisms of selenium hyperaccumulation in plants: A survey of molecular, biochemical, and ecological cues. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) General Subjects*, 1862(11): 2343-2353.
93. LING K. - HENNO M. - JÖUDU I. - PÜSSA T. (2017): Selenium supplementation of diets of dairy cows to produce Se-enriched cheese. *International Dairy Journal* 71: 76-81.
94. MACFARQUHAR J.K. - BROUSSARD D.L. - MELSTROM P. - HUTCHINSON R. - WOLKIN A. - MARTIN C. - BURK R.F. - DUNN J.R. - GREEN A.L. - HAMMOND R. - SCHAFFNER W. - JONES T.F. (2010): Acute selenium toxicity associated with a dietary supplement. *Archives of Internal Medicine*, 170(3): 256-261.

95. MAO J. - VANDERLELIE J.J. - PERKINS A.V. - REDMAN C.W.G. - AHMADI, K.R. - RAYMAN, M.P. (2016): Genetic polymorphisms that affect selenium status and response to selenium supplementation in United Kingdom pregnant women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 103: 100-106.
96. MAUS R.W. - MARTZ F.A. - BELYEA R.L. - WEISS M.F. (1980): Relationship of dietary selenium in plasma and milk from dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 63(4): 532-537.
97. MCGUIRE M.K. - BURGERT S.L. - MILNER J.A. - GLASS L. - KUMMER R. - DEERING R. - BOUCEK R. - PICCIANO M.F. (1993): Selenium status of infants is influenced by supplementation of formula or maternal diets. *American Journal of Clinical Nutrition*, 58: 643-648.
98. MCSHEEHY S. - YANG W. - PANNIER F. - SZPUNAR J. - ŁOBIŃSKI R. - AUGER J. - POTIN-GAUTIER M. (2000): Speciation analysis of selenium in garlic by two-dimensional high-performance liquid chromatography with parallel inductively coupled plasma mass spectrometric and electrospray tandem mass spectrometric detection. *Analytica Chimica Acta*, 421: 147-153.
99. MEHDI Y. - DUFRASNE I. (2016): Selenium in Cattle: A Review. *Molecules*, 21(4): 545.
100. MEISTER A. - ANDERSON M. (1983): Glutathione. *Annual Review of Biochemistry*, 52: 711-760.
101. MGSZH ÁLLATTENYÉSZTÉSI IGAZGATÓSÁG (2006): A szarvasmarhatenyésztés 2006. évi eredményei. Budapest, 2006.
102. MICHALKE B. - WITTE H. - SCHRAMEL P. (2001): Developments of a rugged method for selenium speciation. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 16: 593-597.
103. MITCHELL J.R. - NELSON W.L. - POTTER W.Z. - SASAME H.A. - JOLLOW D.J. (1976): Metabolic activation of furosemide to a chemically reactive, hepatotoxic metabolite. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 199: 41-52.
104. MOHAMED H.S. - RIZK Y.S. - ELSLAMONY A.E. - SOLIMAN A.A. - EBRAHIM A.F. (2016): Study of the relationship between selenium and heat shock proteins under heat stress for local Sinai chicken strain. *Egyptian Poultry Science Journal*, 36(1): 337-354.

105. MOLNÁR J. (2013): A szelén antioxidáns hatásai és a szelénellátottság kérdései. *Orvosi Hetilap*, 154: 1613-1319.
106. MUSTACICH D. - POWIS G. (2000): Thioredoxin reductase. *Biochemical Journal*, 346. 1-8.
107. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1983): *Selenium in Nutrition: Revised Edition*. The National Academies Press, Washington, DC. 174.
108. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1989): *Diet and Health: Implications for Reducing Chronic Disease Risk*. The National Academies Press, Washington, DC. 768.
109. NELSON A.A. - FITZHUGH O.G. - CALVERY H.O. (1943): Liver tumors following cirrhosis caused by selenium in rats. *Cancer Research*, 3: 230-236.
110. NÉMETH A. (2018): Adatelemzés statisztikai módszerekkel. *Szegedi Tudományegyetem*, 150.
111. NOGALES F. - OJEDA M.L. - FENUTRÍA M. - MURILLO M.L. - CARRERAS O. (2013): Role of selenium and glutathione peroxidase on development, growth, and oxidative balance in rat offspring. *Reproduction*, 146(6): 659-667.
112. OJEDA M.L. - NOGALES F. - ROMERO-HERRERA I. - CARRERAS O. (2021): Fetal Programming is Deeply Related to Maternal Selenium Status and Oxidative Balance; Experimental Offspring Health Repercussions. *Nutrients*, 13: 2085.
113. OLSON O.E. (1986): Selenium toxicity in animals with emphasis on man. *Journal of the American College of Toxicology*, 5: 45-70.
114. PECORARO B.M. - LEAL D.F. - FRIAS-DE-DIEGO A. - BROWNING M. - ODLE J. - CRISCI E. (2022): The health benefits of selenium in food animals: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13: 58-69.
115. PILON-SMITS E.A.H. (2019): On the Ecology of Selenium Accumulation in Plants. *Plants*, 8: 197.
116. POLATAJKO A. - MIHALY DERNOVICS M. - RUZIK R. - ENCINAR J.R. - SZPUNAR J. (2004): A systematic approach to selenium speciation in selenized yeast. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 19: 114-120.
117. RAYMAN M.P. (2000): The importance of selenium to human health. *Lancet*. 356(9225): 233-241.

118. REILLY C. (1996): Selenium in Food and Health. Springer Science and Business Media, New York, US. 338.
119. REILLY C. (1998): Selenium: A new entrant into the functional food arena. Trends in Food Science & Technology, 9: 114-118.
120. RIGÓ J. (2002): Dietetika. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest. 113-117.
121. ROTRUCK J.T. - POPE A.L. - GANTHER H.E. - SWANSON A.B. - HAFEMAN D.G. - HOEKSTRA W.G. (1973): Selenium. Biochemical role as a components of glutathione peroxidase. Science, 179: 588-590.
122. SAJTOS L. - MITEV A. (2007): SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv, Alinea Kiadó, Budapest, 402.
123. SAMPSON A.W. (1923): Range and pasture management. John Wiley and Sons. New York, NY.
124. SCHRAUZER G.N. - WHITE D.A. (1978): Selenium in human nutrition: dietary intakes and effects of supplementation. Bioinorganic Chemistry, 8: 303–318.
125. SCHRAUZER G.N. (2000): Anticarcinogenic effects of selenium. Cellular and Molecular Life Sciences, 57: 1864-1873.
126. SCHWARTZ K. - FOLTZ C.M. (1957): Selenium as an integral part of factor-3 against dietary necrotic liver degeneration. Journal of American Chemical Society, 79: 3292-3296.
127. SHAMBERGER R.J. - RUDOLPH G. (1966): Protection against cocarcinogenesis by antioxidants. Experientia, 22: 116.
128. SHIDFAR F. – FAGHIHI A. – LORVAND AMIRI H. – NEDA MOUSAVI S. (2018): Regression of nonalcoholic fatty liver disease with zinc and selenium Co-supplementation after disease progression in rats. Iranian Journal of Medical Sciences, 43(1): 26–31.
129. SIMON F. - SZITA G. - MERÉNYI I. (2000): Tőgyegészség és tehéntejminőség. Budapest, Mezőgazda Kiadó, 315.
130. SKINNER C.P. (1999): Environmental Chemistry of Selenium. Soil Science Society of America Journal, 164: 70-72.
131. SLIWKOWSKI M.X. - STADTMAN T.C. (1988): Selenoprotein A of the clostridial glycine reductase complex: purification and amino acid sequence of the selenocysteine-containing peptide. Proceedings of the National Academy of Sciences, 85: 368-371.

132. SŁUPCZYŃSKA M. - KRÓL B. - MUCSI I. (2020): Ésszerű takarmányozás és állattartás. Tudás Alapítvány, 332.
133. SPARKMAN O.D. (2000). Mass spectrometry desk reference. Global View Publishing, Pittsburgh, PA. 106.
134. SPEARS J.W. - HARVEY R.W. - SEGERSON E.C. (1986): Effects of Marginal Selenium Deficiency and Winter Protein Supplementation on Growth, Reproduction and Selenium Status of Beef Cattle. *Journal of Animal Science*, 63: 586-594.
135. STABNIKOVA O. - ANTONIUK M. - STABNIKOV V. - ARSEN'EVA L. (2019): Ukrainian Dietary Bread with Selenium-Enriched Soya Malt. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74: 157-163.
136. STEINBRENNER H. - DUNTAS L. H. - RAYMAN M. P. (2022). The role of selenium in type-2 diabetes mellitus and its metabolic comorbidities. *Redox Biology*, 102236.
137. STEINBRENNER H. - SIES H. (2009): Protection against reactive oxygen species by selenoproteins. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1790: 1478–1485.
138. STOCKDALE C.R. - SHIELDS P.M. - MCKENNA A. - WALKER G.P. - DUNSHEA F.R. - DOYLE P.T. (2011): Selenium levels in cows fed pasture and concentrates or a total mixed ration and supplemented with selenized yeast to produce milk with supra-nutritional selenium concentrations. *Journal of Dairy Science*, 94(1): 262-272.
139. STONE J. - DOUBE A. - DUDSON D. - WALLACE J. (1997): Inadequate calcium, folic acid, vitamin E, zinc, and selenium intake in rheumatoid arthritis patients: Results of a dietary survey. *Semin Arthritis Rheum*, 27: 180-185.
140. STRANGES S. - MARSHALL J.R. - NATARAJAN R. - DONAHUE R.P. - TREVISAN M. - COMBS G.F. - CAPPUCCIO F.P. - CERIELLO A. - REID M.E. (2007): Effects of long-term selenium supplementation on the incidence of type 2 diabetes: a randomized trial. *Annals of Internal Medicine*, 147: 217–223.
141. SUZUKI K.T. - OGRA Y. (2002): Metabolic pathway for selenium in the body: speciation by HPLC-ICP MS with enriched Se. *Food Additives and Contaminants*, 19: 974-983.

142. SWAINE D.J. (1955): The trace-element content of soils. Technical Communication Imperial (Commonwealth) Bureau of Soil Science Harpenden, 48: 91.
143. SZÉL M. - JÓNÁS E. (2016): Kutatásmódszertani alapismeretek. Bevezetés az SPSS használatába. Szegedi Tudományegyetem, 99.
144. SZÉLES É. – TÓTH Á. - NAGY A. - PROKISCH J. - KOVÁCS B. - GYŐRI Z. (2007): A szelén jelentősége az élővilágban és a kutatásban. Acta Agraria Debreceniensis, 26: 278-286.
145. TAMÁS L. (2000): A szelén betegségmegelőző szerepe, Komplementer Medicina, 4: 16-20.
146. TAMÁS M. - CSAPÓ J. (2015): Examination of the selenium content of wheat grasses produced in different soil types in Csik Basin. Acta Universitas Sapientiae, Alimentaria, 8: 30-44.
147. TELEGDY KOVÁTS L. - BERNDORFER-KRASZNER E. (1981): Reflections on some vitamins and a modern vitaminology. Nahrung, 25(2): 135-142.
148. TERRY N. - ZAYED A.M. - DESOUZ, M.P. - TARUN A.S. (2000): Selenium in higher plants. The Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 51: 401-432.
149. THOMAS R. (2001): Spectroscopy tutorial - A beginner's guide to ICP-MS - Part I. Spectroscopy -Springfield then Eugene then Duluth- 16(4): 38-42.
150. THOMASSEN Y. - NIEBOER E. (1995): Speciation of elements; Trace elements in human health. Royal Society of Chemistry, 1-402.
151. THOMSON C.D. (2004): Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: a review. European Journal of Clinical Nutrition, 58: 391-402.
152. THOMSON C.D. (2004): Selenium and iodine intakes and status in New Zealand and Australia. British Journal of Nutrition, 91: 661-672.
153. TÓÁSÓ GY. - SCHMIDT R. - SZAKÁL P. - GICZI ZS. - KALOCSAI R. (2008): A komposzt szeléndúsításának (SeIV) hatása a termesztett csiperke cink-, réz-, vas- és mangántartalmára. Acta Agronomica Óváriensis, 50(1): 143-148.
154. TÓTH L. – BAK J. (2001): A minőségi tejtermelés technikája. Budapest, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, 217.

155. TURNER D.C. - STADTMAN T.C. (1973): Purification of protein components of the clostridial glycine reductase system and characterization of protein A as a selenoprotein. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 154: 366-381.
156. TVEITNES S. - SINGH B.R. - RUUD L. (1995): Selenium concentration in spring wheat as influenced by basal application and top dressing of selenium-enriched fertilizers. *Fertilizer Research*, 45: 167.
157. UNGVÁRI É. (2015): Nanopartikuláris szelénkészítmények farmakológiai vizsgálata – új lehetőségek a szelénpótlás területén. Debreceni Egyetem Gyógyszerészeti Tudományok Iskola, Debrecen 17-22.
158. VARO P. - ALFTHAN G. - EKHOLM P. - ARO A. - KOIVISTOINEN P. (1988): Selenium intake and serum selenium in Finland-effects of soil fertilization with selenium. *American Journal of Clinical Nutrition*, 48: 324-329.
159. VENTURA, M., DO CARMO FREITAS, M., PACHECO, VAN MEERTEN T., WOLTERBEEK H.T. (2007): Selenium Content in Selected Portuguese Foodstuffs. *European Food Research and Technology*, 224: 395–401.
160. VERNIE L.N. (1984): Selenium in carcinogenesis. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Reviews on Cancer*, 738: 203-217.
161. WANG M. - ZHOU F. - CHENG N. - CHEN P. - MA Y. - ZHAI H. - QI M. - LIU N. - LIU Y. - MENG L. - BAÑUELOS G.S. - LIANG D. (2022): Soil and foliar selenium application: Impact on accumulation, speciation, and bioaccessibility of selenium in wheat (*Triticum aestivum L.*). *Frontiers in Plant Science*, 13: 988627.
162. WANG N - TAN H.Y. - LI S. - XU Y. - GUO W. - FENG Y. (2017): Supplementation of Micronutrient Selenium in Metabolic Diseases: Its Role as an Antioxidant. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017: 7478523.
163. WANG Y. - ZHAN X. - ZHANG X. - WU R. - YUAN D. (2011): Comparison of Different Forms of Dietary Selenium Supplementation on Growth Performance, Meat Quality, Selenium Deposition, and Antioxidant Property in Broilers. *Biological Trace Element Research*, 143: 261-273.
164. WEEKS B.S. - HANNA M.S. - COOPERSTEIN D. (2012): Dietary selenium and selenoprotein function. *Medical Science Monitor*, 18: RA127–RA132.
165. WHITE P.J. (2016): Selenium accumulation by plants. *Annals of Botany*, 117(2): 217-235.

166. WICHTEL J.J. (1998) A review of selenium deficiency in grazing ruminants Part 1: New roles for selenium in ruminant metabolism. *New Zealand Veterinary Journal*, 46(2): 47-52.
167. WILSON A.C. - THOMPSON H.J. - SCHEDIN P.J. - GIBSON N.W. - GAUTHER H.E. (1992): Effect of methylated forms of selenium on cell viability and the induction of DNA strand breakage. *Biochemistry and Pharmacology*, 43: 1137-1141.
168. XIA Y. - HILL K.E. - BYRNE D.W. - XU J. - BURK R.F. (2005): Effectiveness of selenium supplements in a low-selenium area of China. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81(4): 829-834.
169. YASIN M. - EL MEHDAWI A.F. - JAHN C.E. - ANWAR A. - TURNER M.F.S - FAISAL M. - PILON-SMITH E.A.H. (2015): Seleniferous soils as a source for production of selenium-enriched foods and potential of bacteria to enhance plant selenium uptake. *Plant Soil*, 386: 385–394.
170. ŻARCZYŃSKA K. - SOBIECH P. - RADWIŃSKA J. - REKAWEK W. (2012): Effects of selenium on animal health. *Journal of Elementology*, 18: 329–340.
171. ZHANG J.L. - LI, J.L. - HUANG X.D. - BO S. - RIHUA W. - LI S. - XU S.W. (2012): Dietary selenium regulation of transcript abundance of selenoprotein N and selenoprotein W in chicken muscle tissues. *Biometals*, 25: 297-307.
172. ZHENG Y. - XIE T. - LI S. - WANG W. - WANG Y. - CAO Z. - YANG H. (2022): Effects of Selenium as a Dietary Source on Performance, Inflammation, Cell Damage, and Reproduction of Livestock Induced by Heat Stress: A Review. *Frontiers of Immunology*, 12: 820853.
173. ZWOLAK I. (2020): The Role of Selenium in Arsenic and Cadmium Toxicity: An Updated Review of Scientific Literature. *Biological Trace Element Research*, 193: 44-63.

#### **Internetes hivatkozások:**

1. KSH 4.1.2.1.9. Tejmérleg (1970–); Megtekintve: 2021.11.09.:  
[https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_hosszu/elm09.html?fbclid=IwAR34wHfpNtbcTYDFoggXLHlpaHGZN-mYrCqijkUbuWQus-YmtUviIZQPvBa](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_hosszu/elm09.html?fbclid=IwAR34wHfpNtbcTYDFoggXLHlpaHGZN-mYrCqijkUbuWQus-YmtUviIZQPvBa)
2. KSH: A szarvasmarha-állomány fajták szerinti megoszlása, 2000, 2010; Megtekintve: 2023.01.17.:  
[https://www.ksh.hu/docs/hun/xtabla/allat/tablal1012\\_04.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xtabla/allat/tablal1012_04.html)

## MELLÉKLETEK

### 1. sz. melléklet: Tej beltartalmi paramétereit a FunkeGerber LactoStar Dairy Analyzer készülékkel mérve (I-III. ismétlések száma)

Paraméter	2019.01.07. (4 mg/nap kiegészítés)				2019.02.25. (6 mg/nap kiegészítés)				2019.04.08. (kontroll)			
	I.	II.	III.	Átlag ± szórás	I.	II.	III.	Átlag ± szórás	I.	II.	III.	Átlag ± szórás
Zsír (%)	3,19	3,17	3,17	3,18 ± 0,01	2,84	2,9	2,84	2,86 ± 0,03	3,15	3,14	3,15	3,15 ± 0,01
Zsírintes szárazanyag (%)	9,04	9,04	9,04	9,04 ± 0,00	8,84	8,82	8,82	8,83 ± 0,01	9,02	9,01	9,03	9,02 ± 0,01
Fehérje (%)	3,33	3,33	3,33	3,33 ± 0,00	3,26	3,25	3,25	3,25 ± 0,01	3,30	3,31	3,29	3,3 ± 0,01
Laktóz (%)	4,88	4,87	4,87	4,87 ± 0,01	4,77	4,76	4,75	4,76 ± 0,01	4,85	4,83	4,85	4,85 ± 0,01
Sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )	1,0272	1,0272	1,0272	1,0272 ± 0,00	1,0265	1,0263	1,0264	1,0264 ± 0,0002	1,0274	1,0273	1,0273	1,0274 ± 0,0001
Fagyáspont (°C)	-0,534	-0,531	-0,531	-0,532 ± 0,002	-0,544	-0,541	-0,542	-0,542 ± 0,002	-0,538	-0,541	-0,543	-0,538 ± 0,003
Ásványi anyagok (%)	0,70	0,72	0,72	0,71 ± 0,01	0,72	0,73	0,74	0,73 ± 0,01	0,73	0,71	0,71	0,73 ± 0,01

2. sz. melléklet: A bödőnháti telepen vett minták átlagos szeléntartalma

Kezelés	Mintavétel napja	Telep Fűlészám	Bödönhát						Átlag	Átlagok szórása	Kezelés-átlag	Kez. átl. szórása
			2618	4372	4730	4784	4828	5396				
Kontroll (µg/kg)	K1	2018.10.29	40,6	37,6	44,1	29,3	27,9	22,9	33,73	8,25	32,93	6,96
	K2	2018.11.05	33,7	33,4	42,9	26,4	28,8	27,6	32,13	6,07		
1 mg (µg/kg)	7	2018.11.12	68,1	71	66,6	70,3	75,4	50,9	67,05	8,46	52,79	15,38
	14	2018.11.19	50,9	58,6	60,1	64,9	55,8	38,8	54,85	9,13		
	21	2018.11.26	65	62,5	42,9	47,5	73,9	38,5	55,05	14,06		
	28	2018.12.03	21,7	44,4	31,3	38,1	39,3	30,4	34,20	8,05		
2 mg (µg/kg)	7	2018.12.10	73,6	26	32	33,9	33	28,4	37,82	17,78	97,20	46,54
	14	2018.12.17	128	99,1	151	128	184	90	130,02	34,41		
	21	2018.12.24	111	90,9	104	95,9	155	91,1	107,98	24,32		
	28	2018.12.31	113	117	66,3	89,1	194	98,4	112,97	43,69		
4 mg (µg/kg)	7	2019.01.07	109	93,8	74,4	79,3	107	115	96,42	16,73	182,69	70,29
	14	2019.01.14	166	246	287	110	205	254	211,33	64,98		
	21	2019.01.21	238	200	168	194	281	199	213,33	40,00		
	28	2019.01.28	214	187	153	152	338	214	209,67	68,64		
6 mg (µg/kg)	7	2019.02.04	227	188	154	183	212	247	201,83	33,50	247,83	80,88
	14	2019.02.11	287	297	318	242	425	285	309,00	62,02		
	21	2019.02.18		246	177	196	250	225	218,80	31,70		
	28	2019.02.25		314	213	300	66,4	415	261,68	130,59		
Kiürülés 1-2 hét	7	2019.03.04		66,2	49	62,9	61,6	73,6	62,66	8,94	58,75	7,86
	14	2019.03.11		49,4	47,5	58,9	54,8	63,6	54,84	6,65		
Kiürülés 3-4 hét	28	2019.03.18		54,1	33,6	43,8	44,9	39,4	43,16	7,56	38,70	7,07
	35	2019.03.25		30,7	30,8	38,4	31,4	39,9	34,24	4,52		
Kiürülés 5-6 hét	42	2019.04.01		30,2	33,5	37,9	32,7	39,8	34,82	3,93	33,92	3,12
	49	2019.04.08		33,5	32,7	29,2	32,2	37,5	33,02	2,99		

3. sz. melléklet: A hajdúböszörményi telepen vett minták átlagos szeléntartalma

Kezelés	Mintavétel napja	Telep, Fűlészám	Hajdúböszörmény						Átlag	Átlagok szórása	Kezelés-átlag	Kez. átl. szórása
			5850	6075	6438	6722	6781	7197				
Kontroll (µg/kg)	K1	2018.10.29	55,6	44,1	46,2	52,3	55,4	45	49,77	5,29	52,42	7,02
	K2	2018.11.05	55,2	46,6	55	56,3	69,1	48,2	55,07	7,97		
1 mg (µg/kg)	7	2018.11.12	81,2	80,6	86,8	77,3	83,7	94	83,93	5,87	99,21	18,47
	14	2018.11.19	94,9	111	102	85,5	91,8	93,3	96,42	8,90		
	21	2018.11.26	99	79,7	87,7	95,5	86,1	115	93,83	12,45		
	28	2018.12.03	117	107	154	120	107	131	122,67	17,78		
2 mg (µg/kg)	7	2018.12.10	127	123	154	105	96,6	103	118,10	21,23	99,93	21,03
	14	2018.12.17	44,4	91,4	102	60,9	86,6	109	82,38	24,89		
	21	2018.12.24	102	103	120	96,9	93,7	89	100,77	10,77		
	28	2018.12.31	101	98	113	91,7	100	87,2	98,48	8,86		
4 mg (µg/kg)	7	2019.01.07	117	81	138	128	116	83,2	110,53	23,45	128,26	37,32
	14	2019.01.14	108	139	130	114	93	77,1	110,18	22,94		
	21	2019.01.21	201	149	139	107	103	213	152,00	46,32		
	28	2019.01.28	90	143	163	93,9	182	170	140,32	39,56		
6 mg (µg/kg)	7	2019.02.04	147	220	255	138	191	199	191,67	44,14	135,31	53,32
	14	2019.02.11	116	266	124	131	148	92,2	146,20	61,49		
	21	2019.02.18	143	91,1	124	91,3	109	110	111,40	19,91		
	28	2019.02.25	86,5	88,2	103	99,8	90,5	83,8	91,97	7,69		
Kürtülés 1-2 hét	7	2019.03.04	134	142	99,5	74,8	137	65,5	108,80	33,62	83,33	33,70
	14	2019.03.11	71,4	67,5	61,8	53,7	43,3	49,4	57,85	10,89		
Kürtülés 3-4 hét	28	2019.03.18	73,6	80,1	59,9	52,2	49,5	53,8	61,52	12,53	63,21	10,07
	35	2019.03.25	80,3	62,9	78,5	49	61,9	56,8	64,90	12,28		
Kürtülés 5-6 hét	42	2019.04.01	76,3	82,2	49,7	50,5	38,5	51,5	58,12	17,14	57,91	11,25
	49	2019.04.08	67,2	68,6	56,9	51,7	57	44,8	57,70	9,08		

4. sz. melléklet: A tejtermékek szeléntartalmának mérési eredményei

	Ismétlés száma	Tejjes tej	Kefir	Joghurt	Túró	Túró savó	Félkemény sajt	Félkemény sajt savója	Sótlan gomolya	Sózott gomolya	Gomolya savó	Orda	Orda savó
<b>Kontroll</b>	I.	73,31	72,3	47,5	360	8,79	645	22,7	532	459	27,6	86,7	-
	II.	78,35	60,0	48,6	297	10,55	652	19,4	665	544	19,9	122	-
	III.	81,45	73,4	51,2	271	11,86	494	20,6	566	569	20,2	129	-
	Átlag	77,7	68,6	49,1	309,3	10,4	597,0	20,9	587,7	524,0	22,6	112,6	-
	szórás	4,1	7,4	1,9	45,8	1,5	89,3	1,7	69,1	57,7	4,4	22,7	-
	I.	105,52	97,8	102	433	23,7	862	22,2	769	773	23,9	129	9,89
<b>4 mg/nap kezelés</b>	II.	112,41	93,0	108	402	29,5	967	22,9	738	785	21,3	126	10,4
	III.	112,61	91	96,5	417	26,3	891	20,3	755	790	23,2	124	12,2
	Átlag	110,2	93,9	102,2	417,3	26,5	906,7	21,8	754,0	782,7	22,8	126,3	10,83
	szórás	4,0	3,5	5,8	15,5	2,9	54,2	1,3	15,5	8,7	1,3	2,5	1,21
	I.	192,86	95,9	102	763	25	1047	28,5	802	766	28,5	118	9,97
	<b>6 mg/nap kezelés</b>	II.	199,31	96,2	88,2	613	22,1	1013	24,6	726	842	27,5	108
III.		194,64	95,9	96,6	583	30,6	987	18	756	699	30,8	115	12,4
Átlag		195,6	96,0	95,6	653,0	25,9	1015,7	23,7	761,3	769,0	28,9	113,7	11,2
szórás		3,33	0,17	6,95	96,44	4,32	30,09	5,31	38,28	71,55	1,69	5,13	1,22



Nyilvántartási szám: DEENK/19/2024.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Juhászné Tóth Réka  
Doktori Iskola: Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10058603

## A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

### Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

1. **Juhászné Tóth, R.**, Kiss, D., Zurbó, Z., Csapó, J.: A szelén szerepe a táplálkozásban; szelénrel dúsított tej és tejtermékek előállítása.  
*Magyar Állatorv. L. 141*, 625-631, 2019. ISSN: 0025-004X.  
IF: 0.107
2. **Juhászné Tóth, R.**, Csapó, J.: Szelénnel dúsított gomolya és orda előállítása.  
*Elelmiszervizsgalati Közlemén. 65* (3), 2607-2611, 2019. ISSN: 0422-9576.

### Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

3. **Juhászné Tóth, R.**, Csapó, J.: Preparation of selenium enriched smearcase cheese and whey cheese.  
*Elelmiszervizsgalati Közlemén. 65* (3), 2612-2616, 2019. ISSN: 0422-9576.

### Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

4. **Juhászné Tóth, R.**, Kiss, D., Csapó, J.: The role of selenium in nutrition and the manufacturing of selenium-enriched milk.  
*Acta Univ. Sapientiae, Alim. 15* (1), 84-93, 2022. ISSN: 1844-7449.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/ausal-2022-0007>
5. **Juhászné Tóth, R.**, Csapó, J.: The role of selenium in nutrition: A review.  
*Acta Univ. Sapientiae, Alim. 11* (1), 128-144, 2018. ISSN: 1844-7449.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/ausal-2018-0008>

### Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

6. **Juhászné Tóth, R.**, Kiss, D., Csapó, J.: Szelénnel dúsított tejtermékek előállítása  
In: Tavaszai Szél - Spring Wind 2019. Szerk.: Bihari Erika, Molnár Dániel, Szikszai-Németh Ketrin, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 48-54, 2020. ISBN: 9786155586606



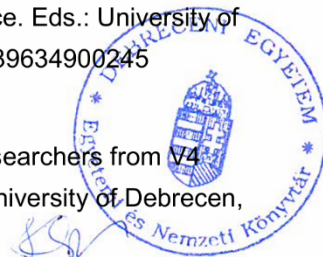


## Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (4)

7. **Juhászné Tóth, R.**, Kiss, D., Zurbó, Z., Csapó, J.: Szelénnel dúsított tej előállítása.  
In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság XLIV. Vándorgyűlése programja és az előadások összefoglalói. Szerk.: Antal Emese, Biró Lajos, Gelencsér Éva, Lugasi Andrea, Rurik Imre, Magyar Táplálkozástudományi Társaság, Budapest, 22, 2019. ISBN: 9786155606090
8. **Juhászné Tóth, R.**, Kiss, D., Nyeste, E., Csapó, J.: Szelénnel dúsított tejtermékek előállítása.  
In: Tavaszi Szél Konferencia 2019: Nemzetközi Multidiszciplináris Konferencia: Absztraktkötet. Szerk.: Németh Katalin, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 51, 2019. ISBN: 9786155586422
9. **Juhászné Tóth, R.**, Csapó, J.: A szelén szerepe az emberi táplálkozásban = Role of selenium in human nutrition.  
In: Óshonos- és Tájfajták - Ökotermékek : Egészséges táplálkozás : Vidékfejlesztés Minőségi élelmiszerek : Egészséges környezet: Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században. Szerk.: Irinyiné Oláh Katalin, Tóth Csilla, Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Nyíregyháza, 56-57, 2018. ISBN: 9786155545818
10. **Juhászné Tóth, R.**, Kiss, D., Csapó, J.: Szelénes tej előállítása.  
In: Tavaszi szél konferencia 2018 Nemzetközi multidiszciplináris konferencia : Absztraktkötet. Szerk.: Keresztes Gábor, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 63, 2018. ISBN: 9786155586262

## Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (4)

11. **Juhászné Tóth, R.**, Kiss, D., Csapó, J.: Nutritional Role of Selenium, Production of Selenium Enriched Milk.  
In: One Health and Food Safety Conference Proceedings. Ed.: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn, 92, 2018.
12. **Juhászné Tóth, R.**, Kiss, D., Csapó, J.: Production of selenium enriched cheese.  
In: 9th Central European Congress on Food, Food Science for Well-being : Abstract book. Ed.: L. Gaceu, M. Mironescu, G. Mohan, Lucia Blaga University of Sibiu Press, Sibiu, Romania, 147, 2018. ISBN: 9786061215461
13. **Juhászné Tóth, R.**, Csapó, J.: Production of selenium enriched milk and dairy products.  
In: Abstract Book : FSD 2018 3rd Food Structure & Design Conference. Eds.: University of Debrecen, University of Debrecen, Debrecen, 26-27, 2018. ISBN: 9789634900245
14. **Juhászné Tóth, R.**, Kiss, D., Csapó, J.: Production of selenized milk.  
In: Scientific researches in food production - 3rd meeting of young researchers from V4 countries - Conference Proceedings. Eds.: University of Debrecen, University of Debrecen, Debrecen, 21, 2018.





## **További közlemények**

### Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

15. Kiss, D., **Juhászné Tóth, R.**, Zurbó, Z., Csapó, J.: Élelmiszerek aminosav összetételének meghatározása fotometriás módszerekkel, 1. rész = Determination of amino acid composition of foods by photometric methods, Part 1 : A tirozin, a triptofán és a fenilalanin meghatározása = Determination of tyrosine, tryptophan and phenylalanine.  
*Élelmiszervizsgalati Közlemények*. 66 (3), 3105-3116, 2020. ISSN: 0422-9576.
16. Kiss, D., **Juhászné Tóth, R.**, Zurbó, Z., Csapó, J.: Élelmiszerek aminosav összetételének meghatározása fotometriás módszerekkel, 2. rész - A metionin, a cisztin, a lizin és az arginin meghatározása = Determination of amino acid composition of foods by photometric methods, Part 2 - Determination of methionine, cystine, lysine and arginine.  
*Élelmiszervizsgalati Közlemények*. 66 (4), 3177-3187, 2020. ISSN: 0422-9576.

### Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

17. Rakonczás, N., **Juhászné Tóth, R.**, Soós, Á., Kállai, Z., Kovács, B., Holb, I., Kovács, S.: Could bentonite product choice fit the desired wine style?  
*Mitteilungen Klosterneuburg*. 70, 87-101, 2020. ISSN: 0007-5922.  
IF: 0.571

### Egyéb folyóiratközlemények (1)

18. Kiss, D., **Juhászné Tóth, R.**, Csubák, M.: Parlagfűmag olajtartalmának extrakciója.  
*Magyar Gyomkut. Tech.* 20 (1), 93, 2019. ISSN: 1586-894X.

### Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

19. Kiss, D., **Juhászné Tóth, R.**, Csapó, J.: Élelmiszerek és takarmányok fehérjetartalmának meghatározása fotometriás módszerekkel.  
In: XXIV. Tavasz Szél Konferencia 2021: Tanulmánykötet I.. Szerk.: Molnár Dániel, Molnár Dóra, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 133-143, 2021. ISBN: 9786158199117

### Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (3)

20. Kiss, D., **Juhászné Tóth, R.**, Csapó, J.: Élelmiszerek és takarmányok fehérjetartalmának meghatározása fotometriás módszerekkel.  
In: XXIV. Tavasz Szél Konferencia 2021 : Absztraktkötet. Szerk.: Molnár Dániel, Molnár Dóra, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 80, 2021. ISBN: 9786155586996





21. Kiss, D., **Juhászné Tóth, R.**, Zurbó, Z., Csapó, J.: Élelmiszer alapanyagok fehérjetartalmának és aminosav-összetételének meghatározása fotometriás módszerekkel.

In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság XLIV. Vándorgyűlése programja és az előadások összefoglalói. Szerk.: Antal Emese, Biró Lajos, Gelencsér Éva, Lugasi Andrea, Rurik Imre, Magyar Táplálkozástudományi Társaság, Budapest, 24, 2019. ISBN: 9786155606090

22. Zurbó, Z., **Juhászné Tóth, R.**, Kiss, D., Csapó, J.: Prebiotikumok előállítása di- és trikarbonsavak, valamint a laktóz reakciójával.

In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság XLIV. Vándorgyűlése programja és az előadások összefoglalói. Szerk.: Antal Emese, Biró Lajos, Gelencsér Éva, Lugasi Andrea, Rurik Imre, Magyar Táplálkozástudományi Társaság, Budapest, 60, 2019. ISBN: 9786155606090

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 0,678**

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):  
0,107**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2024.01.22.



## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Elsősorban szeretném köszönetemet kifejezni a Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskolának, vezetőjének, Dr. Komlósi Istvánnak, aki támogatta kutatási témámat.

Köszönöm témavezetőm, Prof. Dr. Csapó János munkáját és segítségét. Tanácsaival és támogatásával segítette a munkámat, a téma kidolgozásától a disszertáció megírásának végéig.

Köszönettel tartozom Prof. Dr. Stündl László Dékán Úrnak, aki még Élelmiszertechnológiai Intézet vezetőjeként segítette az állattartó telepekkel történő kapcsolatfelvételt és rendelkezésemre bocsájtotta az Élelmiszeripari Innovációs Központ tejüzemét a tejtermékek előállításához. Ezúton köszönöm a kollegám Mircz Márk szakmai tanácsait és segítségét a termék-előállítás folyamán. Hálával tartozom Kiss Dóra kolleganőmnek, aki a kutatásom előrehaladásában, a laboratóriumi mérésekben, a termék-előállításban kitartóan és önzetlenül segített.

Köszönöm a Debreceni Egyetem MÉK Élelmiszertudományi Intézet vezetőjének, Prof. Dr. Kovács Bélának, hogy biztosította a műszeres mérések helyszínéül szolgáló laboratóriumot, valamint Nyeste Erika, Dr. Soós Áron segítségét a mérésekben.

Köszönöm Dr. Gáll Józsefnek, a Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Alkalmazott Matematika és Valószínűségszámítás Tanszék egyetemi docensének tanácsait és segítségét a statisztikai analízis elvégzéséhez.

Köszönöm a DE MÉK Halbiológiai Laboratórium munkatársainak a szelényes premix keverésében nyújtott segítségüket.

Köszönettel tartozom a két állattartó telep vezetőjének Dr. Forgács Barnabásnak és Zabos Imrének, hogy lehetővé tették a kísérlet beállítását, valamint az Agrárgazdaság Kft. Bödönháti telepről Gégény Mariann-nak és kollegáinak, illetve a Hajdúböszörményi Béke Mezőgazdasági Kft. részéről Rudi Róbertnek és munkatársainak segítségét az állatok mindennapi premixes etetésében, illetve az egyedenkénti elegytej-mintavételben.

Végül, de nem utolsósorban mérhetetlen hálával és köszönettel tartozom a családomnak: a szüleimnek, akik támogatták, elolvasták, tanácsokkal látták el munkámat, valamint a férjemnek és kislányomnak, akik óriási türelemmel és támogatással kiegyensúlyozott háttérrel biztosították munkám és előrehaladásom biztosítása érdekében.

## NYILATKOZATOK

### NYILATKOZAT

Ezen értekezést a *Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola* keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2023.12.20.

.....  
a jelölt aláírása

### NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy *dr. Juhászné Tóth Réka* doktorjelölt 2016-2024 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2023.12.20.

.....  
a témavezető aláírása