

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

TÓTH SZANDRA

**MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
KAPOSVÁRI CAMPUS
ÉLETTANI ÉS TAKARMÁNYOZÁSTANI INTÉZET**

2021

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
KAPOSVÁRI CAMPUS

Élettani és Takarmányozástani Intézet

A doktori iskola vezetője
PROF. DR. SZABÓ ANDRÁS
az MTA doktora

Témavezető
PROF. DR. KOVÁCS MELINDA
az MTA rendes tagja

Társ-témavezető
PROF. DR. FÉBEL HEDVIG
tudományos tanácsadó, egyetemi magántanár

A FELNEVELÉS SORÁN ETETETT INDÍTÓTÁP
KEMÉNYÍTŐ- ÉS NDF-TARTALMÁNAK, ILLETVE A
MANNÁNOLIGOSZACHARID- ÉS AZ INULIN-
KIEGÉSZÍTÉS HATÁSA AZ ITATÁSOS BORJAK
TELJESÍTMÉNYÉRE ÉS EGYES ÉLETTANI
PARAMÉTEREIRE

Készítette
TÓTH SZANDRA

KAPOSVÁR
2021

TARTALOMJEGYZÉK

1. Rövidítések jegyzéke	6
2. Bevezetés	8
3. Irodalmi áttekintés	11
3.1. Az előgyomrok növekedése és működésük beindulása	11
3.1.1. A bendő mikrobiális kolonizációja	11
3.1.2. A takarmány táplálóanyag-tartalmának hatása a bendő működésére	13
3.2. A prebiotikumok szerepe a borjak takarmányozásában	15
3.2.1. A MOS szerepe a borjak takarmányozásában	17
3.2.1.1. A MOS hatása a borjak növekedésére	18
3.2.1.2. A MOS hatása a borjak emésztőtraktusának egészségi állapotára és a bél mikrobiom összetételére	20
3.2.1.3. A MOS hatása az immunrendszerre	21
3.2.2. Az inulin szerepe a borjak takarmányozásában	23
3.2.2.1. Az inulin hatása a borjak teljesítményére	25
3.2.2.2. Az inulin hatása a borjak emésztőtraktusára, a bél mikrobiom összetételére	26
3.2.2.3. Az inulin hatása egyes biokémiai, illetve immunológia paraméterre	28
3.2.3. A MOS-al és inulinnal foglalkozó kutatások összefoglalása	29
4. A vizsgálatok célkitűzései	30
5. Anyag és módszer	32
5.1. Kísérleti állatok elhelyezése, egészségi állapota	32
5.2. eltérő NDF- és keményítőtartalmú borjútáp etetésének hatása a borjak teljesítményére és élettani paramétereire (1. kísérlet)	33
5.2.1. Kísérleti kezelések és takarmányozás	33
5.2.2. Vizsgált paraméterek	36
5.2.2.1 Testtömeg, testtömeg-gyarapodás	36
5.2.2.2 Takarmányfogyasztás	36
5.2.2.3 Klinikai-kémiai vizsgálatok	36
5.2.2.4 Mikrobiológiai vizsgálatok, illózsírsav- és ammóniamérés	36
5.3. Felnevelés ideje alatt tejpótlóval adagolt MOS- és inulin-kiegészítés hatása (2. kísérlet)	38
5.3.1. Kísérleti kezelések és takarmányozás	38
5.3.2. Vizsgált paraméterek	39
5.3.2.1 Testtömeg, testtömeg-gyarapodás	39
5.3.2.2 Takarmányfogyasztás	39

5.3.2.3 Klinikai-kémiai vizsgálatok	39
5.3.2.4 Mikrobiológiai vizsgálatok	39
5.4. Föcstejjel és tejpótlóval adagolt MOS- és inulin-kiegészítés hatása a borjak teljesítményére, élettani és immunológiai paramétereire (3. kísérlet)	41
5.4.1. Kísérleti kezelések és takarmányozás	41
5.4.2. Vizsgált paraméterek	42
5.4.2.1 Testtömeg, testtömeg-gyarapodás	42
5.4.2.2 Takarmányfogyasztás	42
5.4.2.3 Klinikai-kémiai vizsgálatok	42
5.4.2.4 Immunológiai vizsgálatok	43
5.4.2.5 Mikrobiológiai vizsgálatok	43
5.5. Laboratóriumi vizsgálatok	45
5.5.1. Klinikai-kémiai vizsgálatok	45
5.5.2. Mikrobiológiai vizsgálatok	45
5.5.3. A bendőfolyadék illószénsav koncentrációjának és ammóniatartalmának meghatározása	46
5.5.4. Immunológiai vizsgálatok	46
5.5.4.1. Borjak IgG szintjének változása az életkorral	46
5.5.4.2. Borjak IgG szintjének változása specifikus antigén hatására	47
5.5.4.3. Limfocita stimulációs próba (LST)	47
5.6. Statisztikai analízis	48
6. Eredmények és megbeszélés	50
6.1. Eltérő keményítő- és NDF-tartalmú borjútáp etetésének hatása a borjak teljesítményére és élettani paramétereire (1. kísérlet)	50
6.1.1. A borjak takarmányfelvétele és testtömeg-gyarapodása	50
6.1.2. A bendőfolyadék SCFA és ammónia koncentrációja, valamint mikrobióta összetétele	53
6.1.3. A vérkémiai paraméterek változása	56
6.2. A felnevelés ideje alatt tejpótlóval adagolt MOS- és inulin-kiegészítés hatása a borjak teljesítményére és élettani paramétereire (2. kísérlet)	60
6.2.1 A borjak takarmányfelvétele és testtömeg-gyarapodása	60
6.2.2. A bélsár mikrobióta összetétele	62
6.2.3. A vérkémiai paraméterek változása	65
6.3. Föcstejjel, majd tejpótlóval adagolt MOS-és inulin-kiegészítés hatása a borjak teljesítményére, élettani és immunológiai paramétereire (3. kísérlet)	68
6.3.1. A borjak takarmányfelvétele és	

testtömeg-gyarapodása	68
6.3.2. A bélsár mikrobióta összetétele	72
6.3.3. A vérkémiái paraméterek változása	75
6.3.4. Immunológiai vizsgálatok	78
7. Következtetések, javaslatok	82
8. Új tudományos eredmények	84
9. Összefoglalás	85
10. Summary	88
11. Köszönetnyilvánítás	91
12. Irodalomjegyzék	92
13. A disszertáció témakörében megjelent publikációk	103
14. A disszertáció témakörén kívül megjelent publikációk	104
15. Szakmai önéletrajz	105

1. RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ADF	acid detergent fibre – sav detergens rost
ANOVA	varianciaanalízis
ATP	adenozin-trifoszfát
BVD	bovine viral diarrhoea – szarvasmarha vírusos hasmenése
<i>B. thermophilum</i>	<i>Bifidobacterium thermophilum</i>
<i>B. minimum</i>	<i>Bifidobacterium minimum</i>
<i>B. cuniculi</i>	<i>Bifidobacterium cuniculi</i>
ct	cycle threshold– áttörési ciklusszám
CFU	colony forming unit – telepképző egység
DP	degree of polymerization – polimerizációs fok
DPav	average degree of polymerization – átlagos polimerizációs fok
EDTA	ethylene diamine tetraaceticacid - etilén-diamin-tetraecetsav
ELISA	enzyme-linked immunosorbent assay – enzimhez kapcsolt immunoszorbens vizsgálat
FOS	fruktooligoszacharid
GAC	gut active carbohydrates – bélben aktív szénhidrátok
GOS	galaktooligoszacharid
HF	Holstein fríz
HFTE	Holstein Fríz Tenyésztők Egyesülete
IBR	szarvasmarha fertőző rhinotracheitise
IFN γ	interferon-gamma
IgA	immunglobulin A
IgG	immunglobulin G
IgM	immunglobulin M
IL	interleukin
KI	kezelési index
KSH	Központi Statisztikai Hivatal
<i>L. acidophilus NCFM</i>	<i>Lactobacillus acidophilus NCFM</i>
LST	limfocita stimulációs próba
MOS	mannánoligoszacharid
n	number - elemszám
NDF	neutral detergent fibre –neutrális detergens rost
NDO	non digestible oligosaccharide – nem emészthető szénhidrát
NEm	net energy for maintenance – életfenntartó nettó energia
NEg	net energy for gain –nettó energia súlygyarapodásra
NS	not significant - nem szignifikáns
OF	oligofruktóz
OVA	ovalbumin

PBS	foszfáttal pufferolt sóoldat
PECAM-1	platelet and endothelial celladhesion molecule – vérlemezke-endotél sejtadhéziós molekula
qPCR	quantitative polymerase chain reaction - mennyiségi polimeráz láncreakció
SCFA	short chain fatty acids – illózsírsavak
SD	standard deviation – szórás
SEM	standard error of mean – átlagok standard hibája
TB	tejpótló borjútápszer
TBC	tuberkulózis
TT	teljes tej
TOS	transzgalakto-oligoszacharid

2. BEVEZETÉS

Hazánkban az állattenyésztés termékkibocsátásából a tejtermelés 20%-kal, a húsmarhaágazat 10%-kal részesedik. Ezek a számok azt jelentik, hogy a szarvasmarhaszektor a baromfitermék-előállítás (33%) után a 2. helyen áll az Agrárminisztérium által kiadott, a 2018-as év állattenyésztési termék előállítását összegző listán (Szepesi, 2019). Az Agrárminisztérium jelentése szerint (Szepesi, 2019) Magyarország tejtermelése 2018-ban meghaladta az 1,8 millió tonnát. A tejtermelő tehenészetekben döntően Holstein fríz fajtát találunk. A Holstein Fríz Tenyésztők Egyesületének (HFTE) adatgyűjtése szerint 2015-ben a standard laktációs termelés tehenenként 9154 kg volt, ami 2019-ben 10434 kg-ra nőtt. A HFTE 2020. márciusában megjelent, „A tenyészetek országos rangsora a holstein-fríz egyedek standard laktációs tejtermelése alapján” című kiadványában olvasható, hogy a legjobb tenyészet laktációs tejtermelése 13384 kg, ami jól mutatja a genetikai előrehaladást a tejtermelő ágazatban.

Magyarországon a tehenek átlagos élettartama két laktáció. Ez a születések 50%-os ivararányát (nem szexált sperma esetén) tekintve azt jelenti, hogy egy tehén élete során egy olyan utódot tud produkálni, amely majd a termelésben helyettesíti. A felnevelés során bekövetkező kiesés mértéke a gazdaságban tovább nehezíti a tehén selejtezés mértékéből és a generációs intervallum hosszából adódó problémát. Az első ellés ideje 21-30 hónap közé tehető a felnevelés intenzitásától és az adott telep lehetőségeitől függően. A HFTE által közölt 414 nap két ellés közti idővel számolva a két laktáció együttes ideje 27,2 hónap. Ez közel azonos a felnevelés idejével. A borjú- és üszőnevelés ráadásul a gazdaság költségeinek jelentős hányadát képviseli anélkül, hogy a felnevelés hosszadalmas ideje alatt profitot termelne. Ezen számok függvényében, a tejhasznú telepeken a borjúnevelést kiemelt fontossággal kellene kezelni. A borjúnevelés célja a veszteségek minimalizálása, az állatok egészségének és

ellenálló-képességének biztosítása, a felnevelés idejének csökkentése és ezzel hatékonyságának növelése. A tehén a felnevelésének költségeit a laktációja során „törleszti”, így a befektetés mielőbbi megtérülésének érdekében a magas színvonalú tejtermelést elősegítő felnevelésre kell törekedni. Mivel a borjúkori fejlődés meghatározza az egész üszőnevelés hatékonyságát, és hatással van a tehén tejtermelésére, mindenképpen érdemes figyelmet fordítani minden olyan lehetőségre, amely ebben az időszakban növeli az állategészségügyi biztonságot.

Ezen célok megvalósítását több tényező nehezíti. A tejhasznú tehenészetekben a borjúnevelés mesterségesen történik, általában egyedi elhelyezésben, tejpótló itatásával. A munkaerő és erőforrás optimalizálása miatt a borjak felnevelése részben eltér természetes igényeiktől. A főcstej ellátás minősége, az alkalmazott itató eszköz (vödör, cumi), a tejpótló tápszer emészthetősége és a táplálóanyag-ellátás intenzitása a környezet higiéniájával, mikrobaterhelésével együtt nagy szerepet játszik a borjak egészségügyi státuszának megalapozásában. Az itatásos borjak mortalitási aránya (3,4-8,1%) világszerte alig változott az elmúlt 10 évben, annak ellenére, hogy érzékelhetően sokat fejlődött a technológia, illetve a telepírányítási rendszer. Az elhullások elsősorú oka az első pár élethétben jelentkező emésztőszervi problémák és a passzív immunitás kialakulásának hiánya (*Wilde, 2008*). Az újszülött borjú immunitását a főcstejítatás menedzsmenete (mennyiség, minőség, higiénia) befolyásolja. Az így szerzett maternális immunitás 3 hetes korig csökken, és fokozatosan veszi át helyét a borjú saját védekező képessége. Ez idő alatt az állat fokozottan ki van téve a különféle megbetegedéseknek. Ebben az időszakban döntően az itatásos technológiánál használt folyadék biztosítja a borjú táplálóanyag-szükségletét. A tejpótlóban lévő alapanyagok rosszabb emészthetősége vagy a rosszul megválasztott itatás technológia könnyen emésztési problémákhoz, hasmenéshez és súlyosabb esetben elhulláshoz vezethet. A patogén baktériumok által okozott megbetegedések

csökkentése érdekében 20 éve még elfogadott gyakorlat volt a takarmányban adagolt antibiotikumok preventív célú használata. Az 1831/2003/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet életbe lépése után tilos az antibiotikumokat ilyen célra felhasználni. Különbőféle takarmányadalékok azonban segíthetnek a borjak egészségének megőrzésében. Ilyen anyagok pl. a prebiotikumok, melyek kedvező hatást gyakorolnak a borjú fejlődésére.

A borjúnevelés másik alapvető feladata, hogy megfelelő takarmányozási technológiát alkalmazva segítsük az előgyomrok, elsősorban a bendő kifejlődését. A tejpótló, illetve a szálas- és abraktakarmányok helyes arányának megtalálásával a borjak monogasztrikus állatból hatékonyan áttérnek a kérődzőkre jellemző megfelelő hatékonyságú bendőemésztésre. Az előgyomrok fejlődésének és a megfelelő mikrobiális fermentáció kialakulásának elengedhetetlen feltétele, hogy a borjú mielőbb elkezdjen szilárd takarmányt fogyasztani. A rostforrások nélkülözhetetlenek a bendő egészséges fejlődéséhez és működéséhez, a takarmány kisebb rosttartalma azonban javítja a takarmányértékesítést (*Terré és mtsai, 2013*). Ugyanakkor tekintettel kell lenni arra, hogy a nagyobb mennyiségű könnyen oldódó szénhidrát a bendő pH-t olyan mértékben csökkenti, amely kedvezőtlen a bendőben élő baktériumok számára. Nincs egységes álláspont az indítótápok összetétele, táplálóanyag-tartalma, a rost és a keményítő aránya tekintetében, a tudományos eredmények ellentmondásosak. Elenyésző a száma az olyan komplex vizsgálatoknak, amelyben a különböző szénhidrátforrás (keményítő, hemicellulóz vagy cellulóz) borjúnevelés egészére (takarmányfelvétel, testtömeg-gyarapodás, bendőfejlődés és anyagcsere) gyakorolt hatását tanulmányozták.

A gyakorlat számára ugyanakkor fontosak lennének az olyan tudományos munkák, amelyek elemzik és ismertetik a borjak egészségét támogató takarmányozási technológiákat, így segítve az ágazat gazdaságos működését.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. AZ ELŐGYOMROK NÖVEKEDÉSE ÉS MŰKÖDÉSÜK BEINDULÁSA

Az előgyomrok fejlődése és növekedése, a mikrobiális emésztés kialakulása, a kérődző fajok fiatal állataiban nagyon fontos fiziológiás változás. Az emésztési folyamatok kialakulásának három fontos szakaszát lehet megkülönböztetni:

- anatómiai fejlődés: az előgyomrok méretének és az itt található papillák méretének és számának változása;
- funkcionális fejlődés: a fermentációs kapacitás és a mikrobiális enzimaktivitás kialakulása
- mikrobiális kolonizáció (*Yáñez-Ruiz és mtsai, 2015*)

Ezeket a változásokat alapvetően befolyásolja a szilárd takarmány felvétele és annak összetétele (*Khan és mtsai, 2007*). Az előgyomrok nem megfelelő fejlődése hatással van a táplálóanyagok lebontására és a keletkező metabolitok felszívódására (*Baldwin és mtsai, 2004*). A takarmányozási szempontból monogasztrikusból kérődzővé való átalakulás időszakában (3-8 hetes korban) a bendő abszorpciós felületének (papillák) növekedése és fejlődése ugyancsak elengedhetetlen a rövid szénláncú (illó) zsírsavak felszívódásához.

3.1.1. A bendő mikrobiális kolonizációja

A kérődzők által elfogyasztott takarmány mennyisége és összetétele befolyásolja a bendő mikrobióta-összetételét, valamint a fermentációs folyamatok intenzitását és irányát. Ezek meghatározó jelentőségűek a bendő homeosztázisa és az állat termelése, valamint egészségi állapota szempontjából. Bár már két napos korban is megfigyelhető bakteriális aktivitás a bendőben (*Rey és mtsai, 2012*), az előgyomrok mikrobióta állományának kialakulása és a fermentációs folyamatok beindulása főként a szilárd takarmány fogyasztásának kezdetével hozható összefüggésbe (*Biesheuvel és*

mtsai, 1991). *Yáñez-Ruiz és mtsai* (2010) vizsgálataik során arra az eredményre jutottak, hogy a választás előtt etetett széna és abrak aránya befolyásolja a bendőben kolonizálódó baktérium populációt és hatással van a kifejlett bendő mikrobióta összetételére. Bárányokon végzett tanulmányuk szerint a választást követő 4. hónapban vett bendőtartalom minták mikrobiális flórája eltérő volt annak megfelelően, hogy a bárány milyen takarmányt evett a választás előtti időszakban (széna vs. széna-abrak keverék). Ez arra utal, hogy a kifejlett kérődző bendőmikrobióta összetétele befolyásolható a tejtáplálás időszakában történő takarmányozással. Ezt cáfolja *Malmuthuge és mtsai* (2013) kísérlete, amelyben csak tejpótlóval és szénával, illetve tejpótlóval és indító táppal (27,1% keményítő) is etetett borjak emésztőtraktusának mikróba kolonizációját vizsgálták 49. életnapon. Mivel mindkét csoport fő táplálóanyag forrása a tejpótló volt, a tanulmány nem mutatta ki a csoportok között a baktériumok egyértelmű szegregációját. Ennek ellenére az elmondható, hogy a szilárd takarmányfogyasztás növelte a baktériumfajok számát, a mikroflóra sokszínűségét a bendőben.

Holstein borjakban 3-7 napos életkorban *Proteobacteria* jelenlétét találták meghatározónak, amely a teljes mikrobióta 40-70%-át adta (*Rey és mtsai*, 2013). Ez leginkább az *Escherichia* nemzetség dominanciájának volt köszönhető (*Jiao és mtsai*, 2015). Később ezt fokozatosan felváltották a *Bacteroidetesek*, amelyek aránya a 7. nap után folyamatosan nőtt, a 42. napra elérte a 70%-ot, így ez lett a főflóra meghatározó baktériuma. *Meale és mtsai* (2016) szintén a *Bacteroideteseket* találta fő komponensnek a bendőben, a *Firmicutes* és *Proteobacteria* törzsekkel együtt a mikrobiom 96%-át tették ki. A választás körüli időben viszont a *Bacteroidetesek* csökkenését (66%-ról 42%-ra), míg a másik két említett törzs arányának emelkedését (18%-ról 34%, illetve 10%-ról 20%-ra) tapasztalták. Megállapították, hogy a nagyobb mennyiségű keményítő a *Bacteroidetesek* dominanciájának megtartásához vezet. Ezt bizonyítja *Meale és mtsai* (2017) amikor úgy fogalmaz, hogy a

*Bacteroidetes*ek közé tartozó *Prevotella* baktériumok aránya a bendőben stabilizálódott, amint az állat indító táp felvétele elérte a napi 100 g-ot. Zened és mtsai (2013) szintén a *Firmicutes* és a *Bacteroidetes* törzseket találták meghatározó flóraalkotónak, az összes baktériumszám 50%, illetve 40%-át ezek tették ki, míg a *Proteobacteria* csak 4%-ban volt jelen. A *Firmicutes*eket döntően a *Clostridium*ok (közel 50%) képviselték. Az említett törzseken kívül 1-2 hetes életkorban már megjelennek különböző gombafajok, 2-3 hetes életkorban pedig csillós *Protozoák* is a bendőben. Utóbbi csoport első képviselője általában az *Entodinium*. A *Protozoák* megjelenése már feltételez egy komplex mikrobióta állományt (Steele és mtsai 2016; Meale és mtsai, 2017).

A felnőttkori mikrobióta összetétele szempontjából a születés utáni első 3-4 hét a legkritikusabb (Rey és mtsai, 2013; Guzman és mtsai, 2015). A feltételezések szerint ezt követően a bendőflóra összetétele stabil és nehéz bármilyen módon befolyásolni azt (Li és mtsai, 2012).

3.1.2. A takarmány táplálóanyag-tartalmának hatása a bendő működésére

A koncentrált táplálóanyag-tartalmú takarmány (pl. abrak) etetése a 2.-9. élethéten segíti a bendőhám fejlődését, míg a széna etetés a bendő izomzatára és méretére vannak pozitív hatással (Zitnan és mtsai, 1998). A keményítő fontos és gyorsan hozzáférhető energiaforrásként fontos szerepet játszik a borjak növekedése miatt fokozott energiaszükséglet kielégítésében. A keményítő fizikai formája, fehérjékkel kialakított szerkezete befolyásolja a mikrobák hozzáférhetőségét ezáltal bendőbeli lebonthatóságuk mértékét (Theurer és mtsai, 1999). A kisebb szemcseméretű anyagoknak gyorsabb a bendőbeli lebontásuk, mint a nagyobbaknak. A lassabb lebontás növeli a vékonybélbe jutó táplálóanyag mennyiségét. A vékonybélben emésztett

keményítő akár 42%-kal több energiát képes szolgáltatni, mint a bendőben lebomló, ami az emésztési végtermék (glükóz vs. SCFA) hatékonyabb felhasználhatóságával magyarázható (*Swan és mtsai, 2006*).

Khan és mtsai (2007, 2008) tanulmányozták a különböző gabonafélék (búza, kukorica, zab és árpa) hatását a borjak takarmányfogyasztására, növekedésére, valamint emésztésére és a bendőfejlődésére. Mivel mindegyik gabona eltérő mennyiségű keményítőt tartalmaz (búza ~77%, kukorica ~73%, árpa és zab ~58%), a borjútápok keményítőtartalmát a receptúra készítésekor egységesen 25%-ra állították be azonos rosttartalom mellett. Eredményeik szerint a kukoricát tartalmazó startertápot szívesebben fogyasztották a borjak és ez a növekedésükre is hatással volt. A kísérlet végére (84 napos életkor) a kukoricakeményítőt tartalmazó abrakkeverék fogyasztásával a borjak 22 kg-mal nagyobb testtömeg-gyarapodást értek el, mint árpát fogyasztó társaik (71 kg vs. 48 kg). A napi takarmány-felvétel a választás előtti időszakban 72 g-mal (287 vs. 215), a választás után 426 g-mal (1402 g vs. 976 g) volt több. Az eltérő keményítőforrás különböző hatást gyakorolt az állatok bendőjében lezajló fermentációs folyamatokra. A búzát és a kukoricát fogyasztó borjakban a bendőfolyadék összes illózsírsav-tartalma és pH értéke nagyobb volt, mint a zabot vagy árpát fogyasztó társaiké. Hasonló eltérés volt az előgyomrok méretében, a bendőpapillák számában. *Khan és mtsai* (2007, 2008) szerint ezek a változások egyaránt összefüggnek a nagyobb szárazanyag-felvétellel és a különböző forrásból származó keményítő eltérő emészthetőségével. A kisebb szemű gabonák (búza, zab, árpa) a bendőben gyorsabban fermentálódnak, mint a kukorica. Ezzel csökkentik a bendő pH-t, ami negatívan befolyásolja a takarmányfelvételt ezzel befolyásolva a növekedést.

Meale és mtsai (2017) szerint, annak jobb megértése, hogy a takarmány, a mikroflóra és az emésztőrendszer funkcionális változásai hogyan befolyásolják az állat növekedését és anyagcseréjét, nagy haszonnal járna a tejelő tehenészetek számára. *Yáñez-Ruiz és mtsai* (2015) további kutatásokat

szorgalmaznak az indítótápok összetételének meghatározása érdekében. A korszerű borjúnevelési rendszerekben, a tömeggyarapodás növelésének érdekében mellőzik a széna etetését. Ezért előtérbe kerülnek azok a vizsgálati eredmények, amelyek arra irányulnak, hogy a starter tápnak milyen keményítő és rost aránnyal kell rendelkezni a bendőműködés kialakítása és egyidőben a kellően nagy tömeggyarapodás biztosítása érdekében.

3.2. A PREBIOTIKUMOK SZEREPE A BORJAK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

Az újszülött borjak steril bélsatornával érkeznek a világra, ami már rögtön a születés után különböző mikroorganizmusokkal népesül be. A vastagbélben az állat növekedésével párhuzamosan egy komplex mikrobiális ökoszisztéma alakul ki, hatalmas élő baktériumtömeggel. A legújabb kutatási eredmények szerint, a bélnyálkahártya felszínén élő bélflóra nélkülözhetetlen megannyi élettani funkcióban: takarmány emésztése és a táplálóanyagok felszívódása, a patogén baktériumokkal szembeni küzdelem, méregtelenítés, immunrendszer működése, enzimek, vitaminok és neurotranszmitterek termelése, endokrin rendszerre kifejtett hatás, gyulladáscsökkentő folyamatok mérséklése (*Loveren és mtsai, 2012; Hill és mtsai, 2014; Perlmutter és Loberg, 2017*). A prebiotikumok a takarmány azon nem emészthető alkotói, amelyek szelektíven segítik a vastagbélben élő baktériumok meghatározott, a szervezet számára kedvező fajainak (pl. *Bifidobacterium, Lactobacillus*) növekedését és/vagy aktivitását, ezen keresztül javítják a gazdaszervezet egészségi állapotát (*Gibson és Roberfroid, 1995*). A prebiotikumokhoz sorolt adalékanyagoknak az alábbi három kritériumnak kell megfelelnie:

- A vegyület/készítmény intakt formában jusson el a vastagbélbe, azaz nem hidrolizálódhat vagy abszorbeálódhat a gyomorban és a vékonybélben;
- A vastagbélben élő hasznos baktériumflóra (mint pl. a

bifidobaktériumok) szaporodását segítse, míg a patogén mikroorganizmusok számát ne növelje;

- Az emésztőenzimeknek ellenálló, vastagbélbe jutó részaránya a mikrobiális folyamatok szubsztrátjává váljon, tehát egyes mikroorganizmusok számára felhasználható legyen (*Scantlebury-Manning és Gibson, 2004*).

A prebiotikumok kémiai szempontból főként szénhidrátok, elsősorban nem emészthető oligoszacharidok (NDO, non digestible oligosaccharide). Ez a gyűjtőfogalom sokféle, egymástól fizikai, kémiai jellemzőiben és biológiai tulajdonságaiban eltérő anyagot takar. Többféleképpen csoportosíthatjuk a prebiotikumokat: a felépítő cukor monomerek, vagy az építő egységek száma szerint, a kémiai kötések, illetve a polimer térbeli szerkezete (lineáris, elágazó) alapján, esetleg egyéb molekulákkal való kapcsolatuk szerint. Fontos alkotói az élelmi rostoknak (detergens rost) melyek a definíció szerint a növényi sejtfal azon maradványai, melyek rezisztensek az emésztőrendszer enzimeinek hidrolízisével szemben (*Trowel és Burkitt, 1986*). Számos vegyület tartozik a prebiotikumok, mint nem emészthető oligoszacharidok csoportjába, melyek közül jó néhányat teszteltek gazdasági haszonállatokban. A legfontosabbak: fruktooligoszacharid (FOS, oligofruktóz és inulin), galaktooligoszacharid (GOS), transzgalakto-oligoszacharid (TOS), laktulóz, glükooligoszacharid, laktitol, izomaltooligoszacharid, maltooligoszacharid, sztahióz és raffinóz. A prebiotikumokhoz soroljuk a mannánoligoszacharidot (MOS), amely kémiailag idetartozó, de eltérő a fő hatása, ugyanis nem szubsztrátja a probiotikus baktériumoknak.

A kérődzők esetében a prebiotikumok alkalmazásának jelentősége a még bendőműködéssel nem rendelkező és így emésztés-élettani szempontból monogasztrikus állatnak tekinthető újszülöttekben van. A bél baktérium közösségének molekuláris vizsgálata szerint, a mikrobatömeg dinamikus változáson megy keresztül a borjú életének első 12 hetében (*Uyeno és mtsai,*

2010). Ez az állandóan változó baktériumflóra nehezen alkalmazkodhat a takarmány, mint szubsztrát ugyancsak változó összetételéhez (tejtáplálás, abrak, tömegtakarmány). A patogén, a fakultatív patogén baktériumok (*E. coli*, *Salmonella*) így nagyobb eséllyel megtelepedhetnek, és ennek következtében hasmenés alakulhat ki. Fontos megjegyezni, hogy a prebiotikumok hatását jelentősen befolyásolják a borjak tartási körülményei, a telep higiéniai állapota, az állatok egészségügyi helyzete. Megfigyelték, hogy a prebiotikumok előnyös élettani hatása minimális mértékben érvényesülhet egészséges borjakban, kifogástalan telepi körülmények között (*Heinrichs és mtsai*, 2009).

3.2.1. A MOS szerepe a borjak takarmányozásában

A MOS nem felel meg teljes mértékben a prebiotikumok három kritériumának, mivel nincs közvetlen hatása a vastagbélben élő hasznos flórára. Fő hatásmechanizmusa merőben eltérő a többi oligoszacharidétól, mivel egyes patogén baktériumok bélfalhoz való tapadását és ezzel a kórokozók kolonizációját gátolja. A MOS-készítmények a *Sacharomyces cerevisiae* élesztő sejtfalának derivátumai. A kémiai összetételüket tekintve több komponensből álló, egymástól különböző kivonatok, ezért eltérő lehet az egy csoportba sorolt élesztősejtfal-eredetű MOS-készítmények hatékonysága a különböző biológiai reakciókban. Az élesztősejtfal-eredetű MOS-t a sejtfal más poliszacharidjaihoz (β -glükánok) kapcsolódva a sejtfal külső rétegében található mannan-proteinek összessége adja (*Osumi*, 1998). A *S. cerevisiae* sejtfalának legkülső rétegében található mannán polimerek alaplánca α -(1-6) kötésekkel kapcsolódó mannóz egységekből áll, amelyhez rövid oldalláncok csatlakoznak többnyire α -(1-2), ritkábban α -(1-3) kötésekkel. A másik jellemző szénhidrát az élesztősejtfal mannan-protein rétege alatt helyezkedik el, melyben a β -(1-3)-glükán spirális rugószerű térhálóját kb. 1500

glükózmolekulából álló polimerszálak, β -(1-6) lánc közötti kötésekkel alkotják (Klis és mtsai, 2002; 2006).

A fehérjék az élesztősejtfalban mannánkomplex formájában fordulnak elő. Többségük enzim és nem szerkezetalkotó elem. Az élesztősejtfalstruktúrákból kimutatható zsírok döntően foszfolipidek. Az előbbiekben bemutatott MOS-fehérjekonjugátum és a hidrofil, de nagyon változó „kefeszzerű” szerkezet teszi lehetővé az emésztőrendszerben, illetve a bakteriális membrán felszínén található különböző receptorokhoz való kapcsolódást. A MOS hatékonyan kötődik az olyan patogén baktériumokhoz, mint *Escherichia coli* és *Salmonella enterica*, lehetetlenné téve a bélfalhoz történő tapadásukat és így megelőzve kolonizációjukat (Firon és mtsai, 1983).

3.2.1.1. A MOS hatása a borjak növekedésére

Erre vonatkozóan az első eredményeket Newman és mtsai (1993) publikálták. A napi 2 g mennyiségben etetett MOS növelte a bikaborjak testtömeggyarapodását. Ezt követően, az elmúlt 25 évben számos kísérletet végeztek a MOS borjak növekedésére gyakorolt hatásával kapcsolatban. Hooge (2006) összegző tanulmányában az 1993-2005 között publikált eredményeket elemezte, míg Berge (2016) a 2012-es évekig terjesztette ki metaanalízisét. A kísérletekben átlagosan, egyedenként napi 4 g (2 és 12 g közti szélsőértékkel!) mennyiségben keverték oligoszacharidot a tejpótlóba. Az eredmények szerint a MOS-kiegészítés növelte az itatásos borjak testtömeggyarapodását, akár napi 70 g-mal. Az utóbbi években megjelent közleményekben Król (2011), valamint Ghosh és Mehla (2012) vizsgálatai is igazolták a MOS pozitív hatását a testtömeggyarapodásra. Ellenben más szerzők (Hill és mtsai, 2008; Uzmay és mtsai, 2011; Da Silva és mtsai, 2012; Heinrichs és mtsai, 2013; Kara és mtsai, 2015) csupán javuló tendenciát tapasztaltak a napi testtömeggyarapodásban.

A testtömeg-gyarapodás mellett a MOS takarmány-felvételre gyakorolt hatását is behatóan tanulmányozták. *Hooge* (2006) eredményei szerint 2,2 kg-mal több indítótápot ettek meg a prebiotikumot fogyasztó borjak a felnevelés ideje alatt. Ez jelentősen befolyásolta a borjak választási időpontját. Egy későbbi vizsgálatban *Morrison és mtsai* (2010) igazolták, hogy a MOS hatására az állatok 47%-át tudták hamarabb leválasztani a nagyobb napi indítótáp felvételnek köszönhetően, ami tejpótló- és egyben költség-megtakarítást jelentett az állattartó gazdaságnak.

Uyeno és mtsai (2013) vizsgálatai szerint az etetett celooliigoszacharid hatása jóval jelentősebb volt, amikor a borjak teljes tejben kapták a prebiotikumot. Ezt alátámasztja *Berge* (2016) elemzése, melyben külön értékeli az itatás során alkalmazott folyadék, a MOS-etetés, illetve a napi testtömeg-gyarapodás kapcsolatát. A metaanalízis főbb eredményei az 1. táblázatban láthatóak.

1. táblázat: A borjak napi testtömeg-gyarapodása a MOS-adagolás, valamint az alkalmazott itatási technológia függvényében (Berge, 2016)

Itatási technológia	Kísérlet	Átlagos testtömeg-különbség, g	P
Összes	23	64	<0,01
Tejpótló borjútápszer (TB)	13	55	<0,01
Teljes tej (TT)	8	71	<0,01
TB + TT	2	68	<0,01

Az 1. táblázat adatai szerint a legnagyobb testtömeg-gyarapodás a teljes tejben adagolt MOS esetén érhető el. Ha a MOS-kiegészítést teljes értékű borjútápszerben alkalmazták, szignifikánsan kisebb volt a testtömeg-gyarapodás, mint a teljes tej vagy a teljes tej és tejpótló borjútápszer itatása esetében.

3.2.1.2. A MOS hatása a borjak emésztőtraktusának egészségi állapotára és a bél mikrobiom összetételére

A borjak hasmenéses megbetegedése a korai életkorban komoly problémát jelent, súlyos esetben elhulláshoz vezet (*Gulliksen és mtsai, 2009*). A borjú egészséges fejlődése érdekében minél előbb ki kell alakulnia a megfelelő immun- és emésztőrendszernek. Ez elősegíthető a megfelelő takarmányozási technológia alkalmazásával. A mai hazai gyakorlat szerint egyre nagyobb mennyiségű tejpótlót itatnak a borjak növekedésének fokozása érdekében, amely hígabb konzisztenciájú bélsár ürítését idézheti elő. A MOS a patogén baktériumok bélfalhoz való tapadásának megakadályozásával segíthet megelőzni a hasmenés kialakulását. A MOS lényegében egy kompetitív kötődési lehetőséget nyújt bizonyos Gram-negatív patogén baktériumok számára, így a MOS-baktérium-komplex a bélsárral kiürül, csökkentve a megtapadást, valamint a hasmenést. A MOS-kiegészítés és a hasmenés közötti kapcsolat tanulmányozásakor a legtöbb vizsgálat a borjak bélsarának konzisztenciájában történő változást követte nyomon. Kedvezőbb állagú bélsarat figyeltek meg MOS adagolásakor több vizsgálatban is (*Król, 2011, Da Silva és mtsai, 2012; Ghosh és Mehla, 2012*).

Heinrichs és mtsai (2003) kísérletében a kutatók a MOS-kiegészítés (4 g/nap) hatását antibiotikumokkal (neomycin és oxytetracyclin) hasonlították össze. Megállapították, hogy a MOS az antibiotikumokkal megegyező mértékben csökkentette a hasmenés előfordulási gyakoriságát. Véleményük szerint a borjak felnevelése során a tejtatási időszakban a MOS adagolásával elkerülhető az antibiotikum alkalmazása. A bélsár konzisztenciájában talált kedvező változás kapcsolatban állhat a MOS patogén baktériumokra gyakorolt gátló hatásával, aminek következtében a bélperisztaltikát és szekréciót fokozó és így a hasmenést okozó toxintermelés csökken (*Giannella, 1983*). Ezzel szemben *Hill és mtsai (2008)* valamint *Kara és mtsai (2015)* a bélsár

konzisztenciájának romlását jegyezték föl, míg mások (*Terré és mtsai, 2007; Morrison és mtsai, 2010; Uzmay és mtsai, 2011*) semmilyen változást nem találtak ebben a paraméterben.

A bélsármintából elvégzett mikrobiológiai elemzések segíthetnek megismerni a MOS baktérium-megkötő képességét. Egyes vizsgálatokban a tejpótlóval adagolt MOS csökkentette a bélsár *coliform* számát (*Newman és mtsai, 1993, Ghosh és Mehla, 2012*). Egy másik kísérletben (*Jacques és Newman, 1994*) kisebb *coliform* koncentráció mellett a bélsárral ürített *E. coli* mennyiségében is csökkenést figyeltek meg. *Terré és mtsai (2007)* eredményei szerint a borjak által ürített *Cryptosporidium*-ok száma az egyhetes korban vett bélsármintákban a MOS-al kezelt csoportokban szignifikánsan csökkent, de a későbbi élethelethetekben ez a hatás megszűnt. *Kara és mtsai (2015)* kísérletében a borjak bélsárában jelentősen csökkent a *Lactobacillus* száma, miközben a *Bifidobacterium*, a *C. perfringens* és az *E. coli* számában nem találtak különbséget a csoportok között. A kutatók szerint ezen eredmény háttérében az állhat, hogy a MOS etetésekor megfigyelt kisebb *Lactobacillus* szám következtében nem csökkent a vastagbél pH-ja. A megfelelő számú tejsavtermelő baktérium jelenléte rendkívül fontos, mivel a vastagbél pH-ját csökkentve fontos szerepet játszanak a patogén baktériumok eliminálásában. Véleményük szerint a napi 7 g/borjú MOS-kiegészítés nem elegendő a patogén baktériumok számának csökkentéséhez.

3.2.1.3. A MOS hatása az immunrendszerre

A kutatóknak a mai napig nem sikerült egyértelmű kapcsolatot találni haszonállatokban a MOS és az immunrendszer között. A MOS-kiegészítésnek a borjú immunitására gyakorolt hatását a legtöbb esetben két megközelítésben vizsgálták. Az elvégzett kísérletek egyik részében a vemhesség idején, a tehenek kapták a MOS-kiegészítést, míg más kísérletekben a borjak

takarmányába keverték a készítményt. A továbbiakban ez utóbbi vizsgálatokra térek ki, mivel ez kapcsolódik szorosabban a doktori munkám témájához.

A tehéntejben lévő oligoszacharidokról igazolták, hogy azok erős kötődést mutatnak a borjaktól izolált *Escherichia coli* néhány enteropatogén törzséhez (Martín és mtsai, 2002). Ezen eredmények alapján az a hipotézis alakult ki, hogy a tejmiriggyel kiválasztott oligoszacharidok részei a laktogén immunitásnak és szerepük van az újszülöttek bakteriális fertőzéssel szembeni védelmében. Ez különösen fontos életük első napján, mivel a bél hámrétegében még nem alakult ki az enterocyták közötti szoros kapcsolat. A kolosztrális immunitás jelentőségét erősíti az a tény is, hogy az oligoszacharidok koncentrációja a kolosztrumban kb. tízszer nagyobb, mint a tejben (Nakamura és mtsai, 2003; Tao és mtsai, 2009). Ezt a folyamatot igazolja Short és mtsai (2016) vizsgálata, amelyben a kísérleti állatok naponta 10 g oligoszacharidot kaptak. Megfigyelték, hogy a kontrollcsoportban a telepképző egységek számának egységnyi növekedése szignifikánsan csökkentette a szérum IgG szintjét, valamint az IgG felszívódást. Az oligoszacharid-kiegészítésű kolosztrum itatásakor ilyen negatív hatást nem tapasztaltak. Az eredmények azt jelzik, hogy a MOS megszünteti a kolosztrum bakteriális kontaminációjakor a csírák immunglobulinok felszívódását gátló hatását. Lazarevic és mtsai (2010) a főcstejjel itatták, napi egy alkalommal a MOS-t és ennek az egyszeri kiegészítésnek a borjú immunrendszerére gyakorolt hatását követték nyomon. A borjú a születést követő 2., 12., és 24. órában kapott főcstejet, amelyet összesen 22,5 g/borjú mennyiségben egészítettek ki MOS-sal. Ezt követően a borjak (mind a kontroll, mind a kísérleti csoport) az anyjukkal voltak és *ad libitum* szophattak. A borjaktól vért vettek az ellést követő 6, 12, 24 és 48 órában, valamint a 4., 7., 14. és 21. életnapon. A MOS-kiegészítés hatására minden mintavételi időpontban nagyobb szérum IgG koncentrációt mértek. A MOS-kiegészítést kapott borjak vérében életük első napján 51%-kal nagyobb IgG-szintet mértek ($P < 0,001$). Ez a különbség a 21.

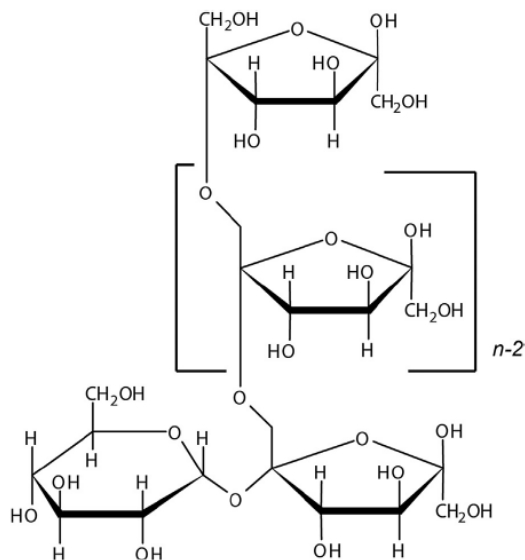
életnapra még mindig 39% volt. *Król* (2011) kísérletében az 56 napos borjak szérum IgG koncentrációja MOS (2, illetve 4 g/nap/állat) etetésekor szignifikánsan nagyobb volt. Korábbi életkorban (2. és 23. nap) ugyanakkor nem találtak különbséget az IgG-szintben.

A MOS kedvezően befolyásolja a bél immunrendszerének egyes paramétereit. Ausztrál kutatók (*Quezada és mtsai*, 2007) a borjak 2-21 napos kora között adagoltak 4 g/állat/nap MOS-t a tejpótlóban. A vérplazma IgG koncentrációja a 2. és 21. nap között szignifikánsan kisebb mértékben csökkent a kísérleti csoportban, mint a kontrollban (kontroll -6,9 mg/ml és kísérleti -2,7 mg/ml). A MOS-t fogyasztó borjak ileumában, a kontrollcsoport egyedeihez képest, az enterocyták bélbolyhainak nagysága nagyobb volt (379,4 mm vs. 313,6 mm). A MOS a Peyer plakkokra is hatott, a jejunumban a T sejtek számát, az ileumban pedig a B sejtek számát növelte.

3.2.2. Az inulin szerepe a borjak takarmányozásában

Az inulin a különböző lánchosszúságú lineáris kötésű fruktánok gyűjtőneve. Nevét az örménygyökér latin neve (*Inula helenium*) után kapta (*Samanta és mtsai*, 2013). Több növényben megtalálható, energiatároló funkciója van és általában a gyökérben vagy a rizómákban halmozódik fel (*Metzler-Zebeli és mtsai*, 2017). A kereskedelmi forgalomban kapható inulint leggyakrabban a cikória növény (*Cichorium intybus*) gyökeréből nyerik, vagy szacharózból szintetikus úton állítják elő (*Niness*, 1999). A cikória gyökere 15-20% inulint és 5-10% egyéb oligofruktózt (OF) tartalmaz. Az inulin típusú fruktánok β (2-1) kötéssel kapcsolódó D-fruktóz egységek, amelyek terminális végén α (1-2) kötésben glükózmolekula található (1. ábra). A bélrendszerben a β (2-1) kötés biztosítja az emésztőenzimekkel szembeni ellenállóképességet (*Nair és mtsai*, 2010). A kapcsolódó fruktózegységek hossza 2-60 monomer között változhat (*Bach és mtsai*, 2015). A fruktánokat 2 mértékegységgel osztályozzák. Az

egyik a DP (Degree of Polymerization) ami a vegyületben szereplő fruktán monomerek hosszúságának tartományát mutatja meg (jelen esetben DP=2-60). A másik a DP_{av}, ami a monomerek hosszának átlagával jellemzi a vegyületet (*Gibson és Roberfroid, 2008*). Az inulin kinyerésének technológiája hasonlós a cukorgyártás folyamatához. A cikóriát a cukorrépához hasonlóan szeletelik, majd mossák. A mosást követően az inulint meleg vizes diffúzió során nyerik ki. Ennek eredményeként DP 2-60 lánchosszúságú vegyület nyerhető (DP_{av} =12). Az extra minőségű inulin gyártásához a rövid láncú molekulákat eltávolítják, így DP_{av} érték 25-re emelkedik, amiben a monomerek hossza 11 és 60 között változik (DP=11-60) (*Niness, 1999, Nair és mtsai, 2010*). A főként rövidebb fruktózláncokat tartalmazó vegyületet (DP=2-10) általában frukto-oligoszacharidnak (FOS) vagy oligofruktóznak (OF) nevezik, bár kémiaiilag inulinnak tekinthető (*Samanta és mtsai, 2013*). DP <10 értékkel rendelkező fruktánok jól oldódnak, gyorsan fermentálhatók és szelektív interakcióra képesek a bél mikroflórával. A hosszabb láncú vegyületek lassabban, a későbbi bélszakaszokban fermentálódnak, ennek következtében kisebb mértékben hatnak a bélflóra összetételére (*Van Loo, 2007*). Az inulin élettani hatásával kapcsolatos eredmények, ahogy az az alábbi fejezetekben olvasható, sokszor ellentmondásosak, aminek háttérében az állhat, hogy eltérő a vizsgált vegyület lánchossza a fruktánok hatását elemző kísérletekben.



1. ábra: Az inulin kémiai szerkezete ($n= 2-60$) (Bach és mtsai, 2015)

A bélcsatornában a szelektív fermentáció és ezzel együtt a bifidogenikus hatás a bifidobaktériumok béta-fruktozidáz enzimének köszönhetően jön létre (Król, 2011). Ez az enzim bontja le az inulinban és az oligofruktózban a β 2-1 glikozid kötések. A bifidobaktériumok fermentációs termékei az illózsírsavak, amelyek hatására csökken a béltartalom pH-ja, ezzel gátolva a patogének szaporodását (Van Loo, 2007; Król, 2011; Adebola és mtsai, 2014). Az inulin a probiotikus baktériumok támogatásán túl még számos jótékony hatással rendelkezik. Hozzájárul az emésztőrendszer egészségéhez, a vér triglicerid-szintjének csökkentésével befolyásolja a zsírmetabolizmust, javítja a kalcium, a magnézium és a vas hasznosulását (Nair és mtsai, 2010).

Ezen kedvező tulajdonságainak köszönhetően a gazdasági haszonállatok takarmányozásában és egészségmegőrzésében is helyet kapott ez a prebiotikum.

3.2.2.1. Az inulin hatása a borjak teljesítményére

Erre vonatkozóan az első eredményt Mul és mtsai (1994) publikálták. A tanulmány szerint napi 2-5 g/kg oligofruktóz javította a borjak testtömeg-

gyarapodását és a takarmányértékesítést, miközben csökkentette a hasmenés előfordulásának gyakoriságát. Jól lehet Olaszországban és Franciaországban jelentősen elterjedt az oligofruktózok használata a borjúhízlásban (*Flickinger és mtsai*, 2003), mégis kevés tudományos közlemény jelent meg a témakörben. Az egyes kísérletekben különböző adagokban alkalmazva javuló takarmányértékesítésről, illetve testtömeg-gyarapodásról számoltak be a kutatók (10 g/kg *Kaufhold és mtsai*, 2000; 20 g/kg *Verdonk és Van Leeuwen*, 2004). Fontos megemlíteni, hogy ezekben a vizsgálatokban kiegészítésként oligofruktózt (OF) használtak. *Verdonk és Van Leeuwen* (2004) az OF mellett inulin-kiegészítést alkalmazva nem talált változást a borjak természetes mutatóiban. Az elmúlt évtizedben megjelent kutatásokban főként inulint (DP>10) alkalmaztak prebiotikumként (*Masanetz és mtsai*, 2010 és 2011; *Król*, 2011). *Król* (2011) két napos kortól 56 napos korig adagolt naponta 3 vagy 6 g inulint, míg *Masanetz és mtsai* (2010, 2011) 22 napos kor fölött alkalmazták a fruktánt a folyamatosan növekvő mennyiségű tejpótló 2%-ának megfelelő mennyiségben (15-64 g/nap) 20 héten át. Sem a kezdeti kisebb dózisonak, sem a későbbi életkorban adott nagyobb dózisonak nem volt hatása a borjak testtömeg-gyarapodására és takarmány-felvételére.

Donovan és mtsai (2002) valamint *Kehoe és Carlson* (2015) az antibiotikumok helyettesítésére több takarmány-adalékanyag (bizonyos probiotikumok és vitaminok mellett inulin típusú fruktánok) együttes hatását vizsgálta. Mindkét kutatócsoport szerint a gyakorlatban ilyen kombinált készítmények alkalmazásával az antibiotikumokéhoz hasonló teljesítménynövekedés érhető el.

3.2.2.2. Az inulin hatása a borjak emésztőtraktusára, a bél mikrobiom összetételére

Az inulin probiotikus baktériumtörzsekre gyakorolt hatását több *in vitro* kutatás tanulmányozta. *McKellar és mtsai* 1993-ban feljegyezték különféle

Bifidobacterium törzsek szaporodási képességét inulinnal ($DP \geq 15$) dúsított közegben és úgy találták, hogy a *B. thermophilum*, *B. minimum* és *B. cuniculi* törzsek növekedésének kedvezett a fruktán-kiegészítés. *Adebola és mtsai* (2014) szintén *in vitro* környezetben mérték az inulin, mint prebiotikum hatását *Lactobacillus* törzsekre. A *L. acidophilus* NCFM számát kis mértékben növelte 0,5-2,5% inulin-kiegészítés. *Huebner és mtsai* (2007) *in vitro* vizsgálataiban megfigyelte, hogy az inulint tartalmazó táptalajon megnőtt a *Lactobacillus paracasei* szaporodása, illetve csökkent az *E. coli*-é. A *Bifidobacterium bifidum* szaporodását nem befolyásolta. Az 1990-es években számtalan vizsgálat bizonyította embereken a napi 5-20 g inulin-kiegészítés jótékony hatását a bifidobaktériumok szaporodására (*Niness*, 1999), azonban borjak esetében kevés ilyen irányú tanulmány született.

$DP < 10$ értékkel rendelkező fruktánok jól oldódnak, gyorsan fermentálhatóak és szelektív interakcióra képesek a bél mikroflórával (*Van Loo*, 2007). Az ennél hosszabb láncú fruktánok lassabban, a későbbi bélszakaszokban fermentálódnak. Ez a tulajdonság fontos meghatározója lehet egy kísérletben kapott eredmény értékelésének. Már *McKellar és mtsai* (1993) közleményében is szerepel, hogy a *Lactobacillus*ok többnyire a bélrendszer proximális részén, míg a *Bifidobacterium*oka vastagbélben kolonizálódnak eredményesebben.

Az előző fejezetben (3.2.2.1.) tárgyalt teljesítményvizsgálatok során érdekes összefüggést vettek észre. Azokban a vizsgálatokban, ahol a bélsár állagában nem tapasztaltak változást az inulin-kiegészítés esetén, ott teljesítményjavulásról sem számoltak be (*Masanetz és mtsai*, 2010, 2011; *Król* 2011; *Kara és mtsai*, 2012). Ahol azonban feljegyeztek pozitív változást, ott a bélsár konzisztenciája is javult, tehát csökkent a hasmenés előfordulása az OF-kiegészítés hatására (*Kaufhold és mtsai*, 2000; *Verdonk és Van Leeuwen*, 2004).

Masanetz és mtsai (2010) leírták, hogy itatásos borjakban a tejpótló 2% inulin-kiegészítésekor csökken az ileumban a bélbolyhok hossza, valamint a mucint

termelő kehelysejtek és a proliferatív sejtek száma.

3.2.2.3. Az inulin hatása egyes biokémiai, illetve immunológiai paraméterre

Król (2011) vizsgálataiban napi 3 és 6 g inulin-kiegészítés hatására csökkent vérben a karbamid- és koleszterin-, és nőtt a haemoglobin koncentráció valamint a fehérvérsejt szám. A nagyobb haemoglobin tartalmat, illetve hematokrit értéket *Masanetz és mtsai* (2011) a borjak jobb vasforgalmával magyarázzák, ami a teljes tejure alapozott borjúnevelésben kiemelkedő jelentőséggel bír a táplálkozás sajátosságából eredően. Idézett szerzők ugyanakkor a kezelt borjakban kisebb trombocita, illetve monocitaszámot is megfigyeltek.

Inulin-kiegészítés hatására a makrofágok számának és aktivitásának fokozódásáról, a bélben az IgA és interleukin koncentráció emelkedéséről számoltak be számos állatfaj (egér, patkány, kutya, sertés és broilercsirke) esetében (*Lomax és Calder, 2009; Huang és mtsai, 2015; Vogt és mtsai, 2015*). *Masanetz és mtsai* (2011) szerint az egészséges bélflóra hatására az emésztőszervek nyálkahártyájában található immunrendszer az immuntolerancia és a kórokozókval szembeni adaptív immunitás kialakulásának kedvez. Az inulin a szervezetbe kerülve kapcsolatba kerül a sejtmembránt alkotó lipidekkel és megkönnyíti a receptorok kapcsolódását, a jelátvitelt (*Vogt és mtsai, 2015*). Ez összefüggésben állhat *Masanetz és mtsai* (2011) megállapításával: 2% inulin-kiegészítés hatására 20 hetes borjakban nagyobb a vastagbél PECAM-1 molekula (Platelet and Endothelial Cell Adhesion Molecule, vérlemezke-endotél sejtadhéziós molekula) előfordulása. Ez az immunglobulin családba tartozó molekula segíti a fehérvérsejt átjutását az intercelluláris térbe. Az SCFA és egyéb fermentációs termékek koncentrációja inulin hatására növekszik, amely gyorsan felszívódva közvetett hatást gyakorol az immunsejtekre azáltal, hogy aktivált G proteinekhez

kapcsolódnak (*Huang és mtsai, 2015; Vogt és mtsai, 2015*).

3.2.3. A MOS-al és inulinnal foglalkozó kutatások összefoglalása

Az idézett szerzők kutatási eredményeiből kitűnik, hogy a MOS és inulin növekedésre és takarmányfelvételre vonatkozó esetleges pozitív, illetve negatív hatását komplexen kell értékelni. A kiegészítés teljesítményfokozó hatása függ a tejtáplálás technológiájától, a szilárd takarmány fajtájától, a környezettől. A sok változó technológiai tényező miatt érdemes minél több, lehetőleg a kor meghatározó borjúnevelési technológiáihoz leginkább illeszkedő környezetben és eltérő dózisokban megvizsgálni a MOS-t és inulint, mint természetes teljesítményfokozót. A hatásmechanizmus hátterének jobb megértéséhez ezeket a vizsgálatokat célszerű más analitikai eljárásokkal (vérvétel, mikrobiológiai vizsgálatok) is kiegészíteni.

A fentiekben ismertetett kísérletek eredményeiből kitűnik, hogy a MOS/inulin-kiegészítés hatása a bélsár konzisztenciájára, valamint a bél baktériumösszetételére eltérő lehet. Ebben szerepet játszhat a kísérletekben etetett prebiotikus kiegészítés különböző dózisa, eredete, minősége, az etetés hossza, valamint az alkalmazott itatásos technológia. Ezért e kérdéskör tisztázásához további kísérletek elvégzése szükséges.

A prebiotikum és az immunrendszer kapcsolatával foglalkozó kutatások nem számolnak be arról, hogy a szervezetben mért változás hatással van-e az előző fejezetekben bemutatott teljesítménymutatókra. Van-e összefüggés az immunrendszer és a bél mikrobiom összetétele között. Hiánypótlónak számítanának a mindhárom területet (teljesítmény, bél mikrobiom, immunrendszer) felölelő komplex hatástanulmányok.

4. A VIZSGÁLATOK CÉLKITŰZÉSEI

Doktori munkámban a borjúnevelés olyan területével foglalkoztam, ami jelentős szerepet játszik az állatok fejlődésében, veszteségmentes felnevelésében, illetve bendőműködésének kialakulásában.

Két kérdéskörben végeztünk vizsgálatokat.

1. A borjak bendőműködésének kialakulását, az állatok fejlődését az abrak összetétele miként befolyásolja (1. kísérlet). Ennek keretében célul tűztük ki annak megválaszolását, hogy:

- a borjú indító takarmánykeverékben az eltérő szénhidrátforrás (keményítő, hemicellulóz) miként hat a borjak növekedésére, egyes élettani, illetve mikrobiológiai paraméterére,
- az itatásos borjúnevelés során a különböző ideig etetett eltérő összetételű abrakkeveréknek van-e teljesítményfokozó hatása a tejtáplálás időszakának egészére nézve.

A kérdések megválaszolása érdekében megvizsgáltuk, hogy az eltérő szénhidrátforrás milyen változásokat indukál:

- a borjak testtömeg-gyarapodásában, takarmányfelvételében;
- a bendőfolyadék ammóniatartalmában, az egyes illó zsírsavak koncentrációjában, valamint a mikrobióta összetételében;
- a vér egyes klinikai-kémiai paramétereiben (albumin, karbamid, glükóz, triglicerid).

2. Doktori munkám további célja a borjakban kevésbé vizsgált inulin, illetve az eltérő hatásmechanizmusú prebiotikum, a MOS komplex vizsgálata volt (2. és 3. kísérlet). Feltételeztük, hogy a tudományos irodalomban fellelhető, a prebiotikum hatékonyságát illető ellentmondások egyik oka az alacsony dózis. Ezért mindkét erre vonatkozó vizsgálatban az ott leírtaktól (2-12 g/nap) nagyobb mértékű (18,7 és 28 g/nap) kiegészítést alkalmaztunk.

Tanulmányozni kívántam, hogy a MOS és az inulin eltérő koncentrációban,

illetve különböző korban (itatasos borjúnevelés alatt [60 nap] és az első 14 életnapban) adagolva miként befolyásolja:

- a borjak testtömeg-gyarapodását, takarmányfelvételét;
- a bélsár mikrobióta összetételét;
- a vér egyes klinikai-kémiai paramétereit (albumin, koleszterin, glükóz, összfehérje, triglicerid, karbamid, bilirubin, kreatinin).

Az első két hétben főcstejjel és tejpótlóval adagolt nagyobb mennyiségű MOS- illetve inulin-kiegészítéskor egyes immunológiai paraméterek változását is terveztük nyomon követni (3. kísérlet). A vizsgálat fókuszában a borjúnevelés azon korai időszaka állt (0-14 nap), amelyben a legnagyobb támogatásra van szükség a megfelelő immunstátusz és bélmikrobiom kialakításához. Ebben a vizsgálatban a cél a vér IgG szintjének mérésén túl annak megállapítása is, hogy a borjakban az ovalbuminnal indukált immunválaszt módosítja-e a MOS- illetve inulin-kiegészítés.

A kísérlet tervezésekor törekedtünk arra, hogy egységes vizsgálati szempontok szerint kapjunk adatokat a kezelések okozta változásról. Éppen ezért minden kísérletben mértük a kezelések szervezetre gyakorolt hatását, valamint a természetes paramétereket, amelyek a borjúnevelés hatékonyságát jelzik. Ezeket az adatokat az ismételt mintavételeknek köszönhetően az életkorral járó fiziológiás változások nyomon követésére és igazolására is felhasználtuk.

5. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokat a Bos-Frucht Agrárszövetkezet kazsoki tehenészeti telepén végeztük. Az állattartó telep működési engedélyének száma: SOI/31/752-2/2014 (Élelmiszerlánc Biztonsági és Állategészségügyi Hivatal). A telep tehénlétszáma a vizsgálatok idején 1700-1800 között változott. Az állatkísérletek elvégzésére szóló engedély száma: SOI/31/00153-2/2018 (Somogy Megyei Kormányhivatal Élelmiszerlánc-biztonsági és Földhivatali Főosztály, Élelmiszerlánc-biztonsági és Állategészségügyi Osztály).

A kísérleti célkitűzések megvalósítása érdekében 3 kísérletet végeztem. Disszertációm e fejezetében a három kísérlet felépítését külön-külön, alfejezetekben ismertetem. Mindegyik alfejezet tárgyalásakor, ábrán is szemléltetem az adott vizsgálat során elvégzett mintavételezések időbeli sorrendjét. Kísérletenként bemutatásra kerülnek a takarmányozási szempontok és az adatgyűjtés módszere is. A fejezet elején ismertetem az állatok elhelyezésére, valamint az elletés és főcstejítetés technológiájára vonatkozó adatokat. A laborban végzett analitikai vizsgálatok menetét, illetve a statisztikai analízist a fejezet végén (5.5 és 5.6. alfejezet) részletezem.

5.1. KÍSÉRLETI ÁLLATOK ELHELYEZÉSE, EGÉSZSÉGI ÁLLAPOTA

Az ellésre váró tehenek csoportos tartásban mélyalmos istállóban kerültek elhelyezésre, és az ellés is itt történt. A borjakat születésük után azonnal elválasztottuk az anyjuktól, majd a testtömeg mérését és a köldökfertőtlenítést követően az elletőben egyedi ketrecbe helyeztük őket. Az ellést követő két órán belül a borjak nyelőcsőszondán keresztül kapták meg az egyszer 3,5 liter főcstejet. A születést követően, 12-24 óra elteltével a borjakat az elletőből a borjúnevelő térbe szállítottuk, ahol egyedi ketrecbe (Calf-Tel, 432 cm × 122 cm) kerültek. A ketrecek aljzata zúzott kő volt, amire a ketrecen belül és kívül egyaránt szalmát terítettünk. A szalmát igény szerint cseréltük, heti 1-2

alkalommal, ezzel biztosítva a száraz almot. A kísérleti csoportok egyedei hármásával váltakozva, egyenletes elosztásban szerepeltek a borjúnevelő területén. Kísérletenként eltérő itatási technológia részletei (tejpótló, mennyiség, időtartam) az egyes vizsgálatok során külön-külön a későbbi fejezetekben kerülnek bemutatásra. A tejpótló itatása minden esetben vödörből történt, 12 órás időközökkel. Borjú indítótáp (7. élelnaptól) és víz (0. élelnaptól) szintén vödörből, ad libitum állt a borjak rendelkezésére. A tejpótlóról való választást követően még 7 napig az egyedi ketrecekben maradtak a borjak, ezzel is csökkentve a választás okozta stresszt.

Vizsgálatainkhoz felhasznált állomány egészségügyi státusza kiváló volt. A szarvasmarha telep igazoltan IBR, Brucellózis, Leukózis és TBC mentes. A vemhes teheneket és üszöket az ellés előtt 3 héttel vakcinázták BVD és Rota vírus ellen. A vizsgálatokba bevont 135 borjúból 3 elhullást regisztráltunk, amelyből kettő 3 hetes kor után, légzőszervi problémák miatt történt. Ezen adatok ismeretében kijelenthető, hogy a telepen a borjak általános jó egészségi állapotban voltak.

5.2. ELTÉRŐ NDF- ÉS KEMÉNYÍTŐTARTALMÚ BORJÚTÁP ETETÉSÉNEK HATÁSA A BORJAK TELJESÍTMÉNYÉRE ÉS ÉLETTANI PARAMÉTEREIRE (1. KÍSÉRLET)

5.2.1. Kísérleti kezelések és takarmányozás

Hatvan Holstein Fríz (HF) üszőborjút születésükkor véletlenszerűen két csoportra osztottunk (n=30/csoport), a borjak átlagos születési testtömege: $40,1 \pm 3,4$ kg volt.

Az itatási protokoll kialakításakor a telepen alkalmazott technológiát vettük alapul. Naponta kétszer (7.00 és 19.00) itattak a 2. táblázatban bemutatott mennyiségek szerint. A borjakkal a születésüket követő 12 órától 21. napig 12,5% arányban hígított Sprayfo Yellow (Sloten Group B.V., Hollandia)

tejpótlót (3. táblázat), majd a 21. naptól teljes tej és tejpótló elegyét (75% tejpótló + 25% pasztőrözött teljes tej) itattak.

2. táblázat: Az 1. kísérletben alkalmazott itatási technológia

Életkor (nap)	Itatott mennyiség (l)	g tejpótló/nap
1-14	2 * 2,5	625
15-21	2 * 3,5	875
22-53	2 * 4,5	750
54-60	1 * 4,5	375

Két, eltérő keményítő- illetve NDF-tartalmú starter tápot ("A", "B") etettünk. Az "A" indítótápban a nagyobb keményítőtartalom mellett kisebb volt az egyes rostfrakciók (NDF, ADF) mennyisége (28,5% keményítő és 16% NDF). A "B" pedig fordítva, kisebb keményítőtartalmú és nagyobb NDF-tartalmú volt (14,2% keményítő és 32,4% NDF). "A" és "B" kísérleti abrakkeverékek összetételét (UBM Feed Ltd., Magyarország) a 4. táblázat mutatja. Az A/B csoportban a borjakat két fázisban takarmányoztuk. Az első fázisban (7-45. nap) "A" borjútápot etettünk, majd a második fázisban (46-70. nap) "B" borjútápot kaptak. A „B” csoport egyfázisú takarmányozásban részesült (7-70. nap)

3. táblázat: Az 1. és 2. kísérletben itatott tejpótló tápszer energia- és táplálóanyag-tartalma (SprayfowYellow, Sloten Group B.V., Hollandia)

Energia- és táplálóanyag-tartalom	
Metabolizálható energia (MJ/kg)	17,7
Száranyag (%)	97,5
Nyersfehérje (%)	21,5
Nyerszsír (%)	17,5
Laktóz (%)	46,0
Nyershamu (%)	9,0
Ca (%)	0,8
P (%)	0,75
Na (%)	0,9

4. táblázat: Az 1. és 2. kísérletben etetett borjú indítótápok ("A" és "B") összetétele és táplálóanyag-tartalma (UBM NyRt., Pilisvörösvár)

Összetevők (%)	„A” táp	„B” táp
Kukoricadara	43,14	7,90
Fullfat szója héjtalanított	9,10	11,60
Extr. szójadara	8,20	-
Extr. napraforgódara	9,70	18,00
Extr. repcedara	18,00	7,30
Dextróz (glükóz)	3,50	1,10
Búza takarmányliszt	-	32,12
CGF ¹	-	5,70
Szárított répaszelet	5,00	13,20
Monokálciumfoszfát	0,45	0,23
Takarmánysó	0,16	0,09
Mészkögritt	1,75	1,76
Premix ²	1,00	1,00
Kémiai összetétel		
Száranyag (%)	88,33	88,81
Nyersfehérje (%)	19,90	20,19
Nyerszsír (%)	4,00	4,49
Nyersrost (%)	7,21	10,40
Nyershamu (%)	5,37	6,44
Cukor (%)	8,01	8,01
Keményítő (%)	28,50	14,22
NDF (%)	15,96	32,41
ADF (%)	9,18	14,26
NE _m (MJ/kg)	7,95	7,43
NE _g (MJ/kg)	4,88	4,84

¹CGF = corn gluten feed, keményítő ipari melléktermék

²1 kg indítótápban: 15,000 IU A vitamin, 3,000 IU D vitamin, 35 mg E vitamin, 1,6 mg B₂ vitamin, 2 mg B₃ vitamin, 0,8 mg pantoténsav; 1,8 g S; 1 mg Co, 10 mg Cu, 2 mg I, 40 mg Mn; 0,3 mg Se; 40 mg Zn.

5.2.2. Vizsgált paraméterek

A kísérlet felépítését és a mintavételezések ütemezését a fejezet végén a 2. ábra összegzi.

5.2.2.1. Testtömeg, testtömeg-gyarapodás

A borjakat egyesével lemértük születésükkor és az egyedi ketrecből való kikerülésükkor (67 napos korban). A teljes felnevelés időszakára ezekből az adatokból számoltunk napi testtömeg-gyarapodást.

5.2.2.2. Takarmányfogyasztás

Az egyedi takarmányfogyasztást naponta értékeltük. A bemért és a megmaradt abrak mennyiségét feljegyeztük. A napi takarmány-felvételt hetente átlagoltuk, majd megadtuk a 7-45 nap közötti, 46-67 nap közötti és a teljes vizsgálati időszakra vonatkozóan.

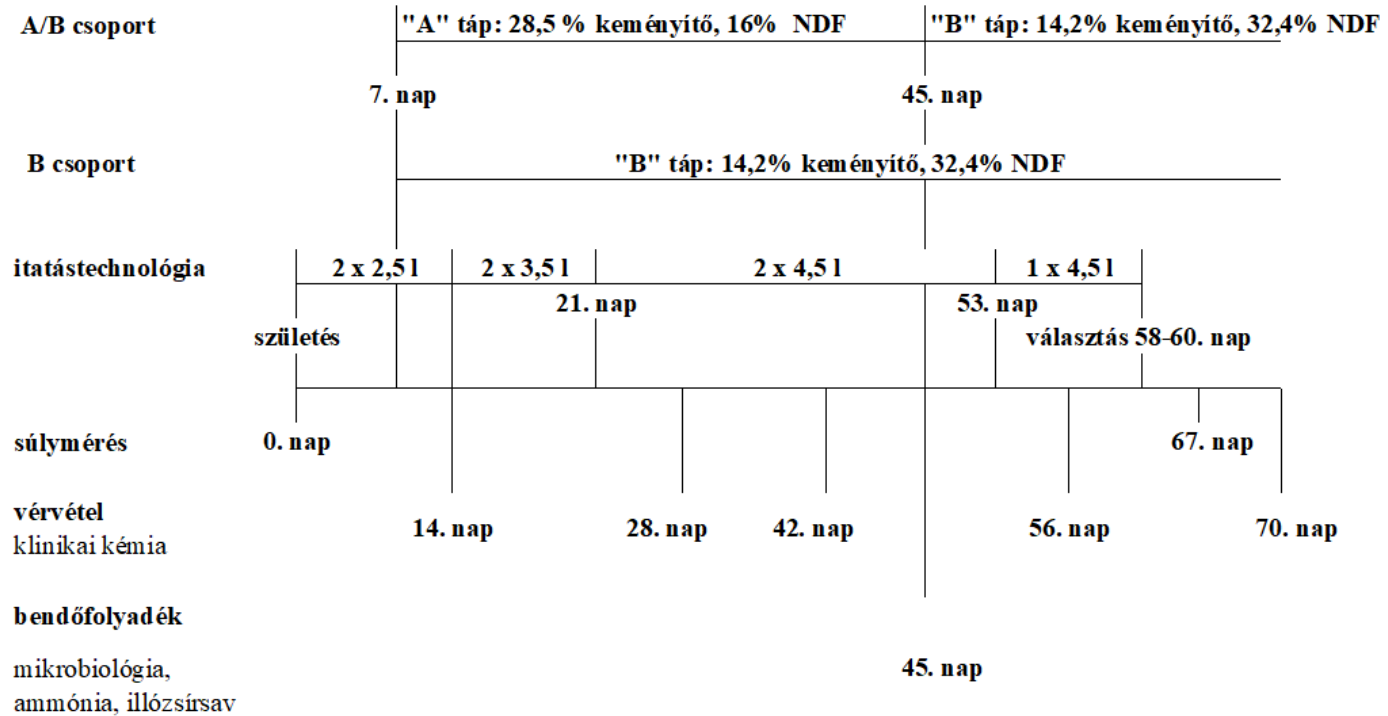
5.2.2.3. Klinikai-kémiai vizsgálatok

Csoportonként 10-10 állatból 4 ml vért vettünk EDTA alvadásgátlót tartalmazó vérvételi csövekbe a vizsgálat 14., 28., 42., 56. és 70. napján. A vérvétel a borjak farkok vénájából, a reggeli itatás után 2-3 órával történt.

5.2.2.4. Mikrobiológiai vizsgálatok, illózsírsav- és ammóniamérés

A 45. napon nyelőcső szonda segítségével 5-10 ml bendőfolyadék-mintát vettünk csoportonként 6-6 állattól, 5-6 órával a reggeli etetést követően. A bendőfolyadékból mikrobiológiai vizsgálatokat végeztünk, valamint meghatároztuk az ammónia és az egyes illózsírsavak koncentrációját.

ELTÉRŐ NDF- ÉS KEMÉNYÍTŐTARTALMÚ BORJÚTÁP ETETÉSÉNEK HATÁSA - 1. KÍSÉRLET



2. ábra: Az 1. kísérlet felépítése és a mintavételezések ütemezése

5.3. FELNEVELÉS IDEJE ALATT TEJPÓTLÓVAL ADAGOLT MOS- ÉS INULIN-KIEGÉSZÍTÉS HATÁSA (2. KÍSÉRLET)

5.3.1. Kísérleti kezelések és takarmányozás

A vizsgálathoz 45 Holstein Fríz üsző borjat állítottunk a kísérletbe (születési testtömeg: $39,2 \pm 3,6$ kg). A borjak felneveléséhez a 3. táblázatban bemutatott Sprayfow Yellow (Sloten Group B.V., Hollandia) tejpótló tápszert alkalmaztunk 145 g/l hígítási arány szerint keverve. A vizsgálatban részt vevő 45 borjat (3x15 állat) a születésük másnapján véletlenszerűen helyeztük a három kísérleti csoport egyikébe (Prebiotikum kiegészítésben nem részesülő kontroll, valamint MOS-kiegészítésben, illetve inulin-kiegészítésben részesülő csoportok). A mannánoligoszacharidot (Agrimos[®], mannán min. 24%, β -glükán 25%, Lallemand Animal Nutrition, Franciaország), illetve az inulint (Frutafit[®]CLR, oligofruktóz/inulin $\geq 85\%$, Sensus, Hollandia) a tejpótlóhoz kevertük. A borjak életkorának és a telepi gyakorlatnak megfelelően változtattuk az itatott tejpótló és ezzel együtt a prebiotikumok mennyiségét az alábbiak szerint (5. táblázat):

5. táblázat: A 2. kísérletben alkalmazott itatási technológia és a prebiotikum kiegészítés mértéke

Életkor (nap)	Itatott mennyiség (l)	g tejpótló/nap	MOS vagy inulin kiegészítés (g/nap)
1-14	2 * 2,5	725	12
15-21	2 * 3,5	1015	12
22-56	2 * 4,5	1305	24
5-63	2 * 2	580	12

A 22. és 56. napos életkor között a prebiotikum adagjának emelését korábbi kísérletek (Diaz és mtsai., 2001; Jasper és Weary, 2002) borjak tejtáplálásával és hasmenésével összefüggő eredményei indokolták. Az említett szerzők

szerint nagy mennyiségű tej vagy tejpótló (>9 l/nap) etetése növelheti a hasmenés előfordulását. Így, annak érdekében, hogy csökkentsük a tejpótló okozta negatív hatásokat, a prebiotikum eredeti adagját (12 g/nap/borjú) duplájára emeltük (24 g/nap/borjú). Ezt követően, ahogy a választási időszak alatt a tejpótló mennyisége csökkent, újból 12 g/nap prebiotikumot biztosítottunk számukra. A fent tárgyalt dózisok alapján a borjak átlagosan 18,7 g MOS-, illetve inulin-kiegészítést kaptak a tejpótlóval történő táplálás teljes ideje alatt. A borjak választására 54 és 63 napos kor között került sor. A starter táp felvételét egyedi méréssel az ezt követő időszakban is nyomon követtük, amíg a borjú el nem került az egyedi ketrecből. Az indító táp megegyezett az 1. kísérletben használt „B” jelű abrakkeverékkel (4. táblázat).

5.3.2. Vizsgált paraméterek

A kísérlet felépítését és a mintavételezések ütemezését a fejezet végén a 3. ábra összegzi.

5.3.2.1. Testtömeg, testtömeg-gyarapodás

Minden borjú testtömegét egyedileg mértük a születéskor, majd a 14., 21. és a 60. napon. Ezekből az adatokból kiszámoltuk az egyedi testtömeg-gyarapodást ezekre az időszakokra.

5.3.2.2. Takarmányfogyasztás

A naponta bemért és a visszamért takarmány adatokból borjanként heti átlag fogyasztást számoltunk.

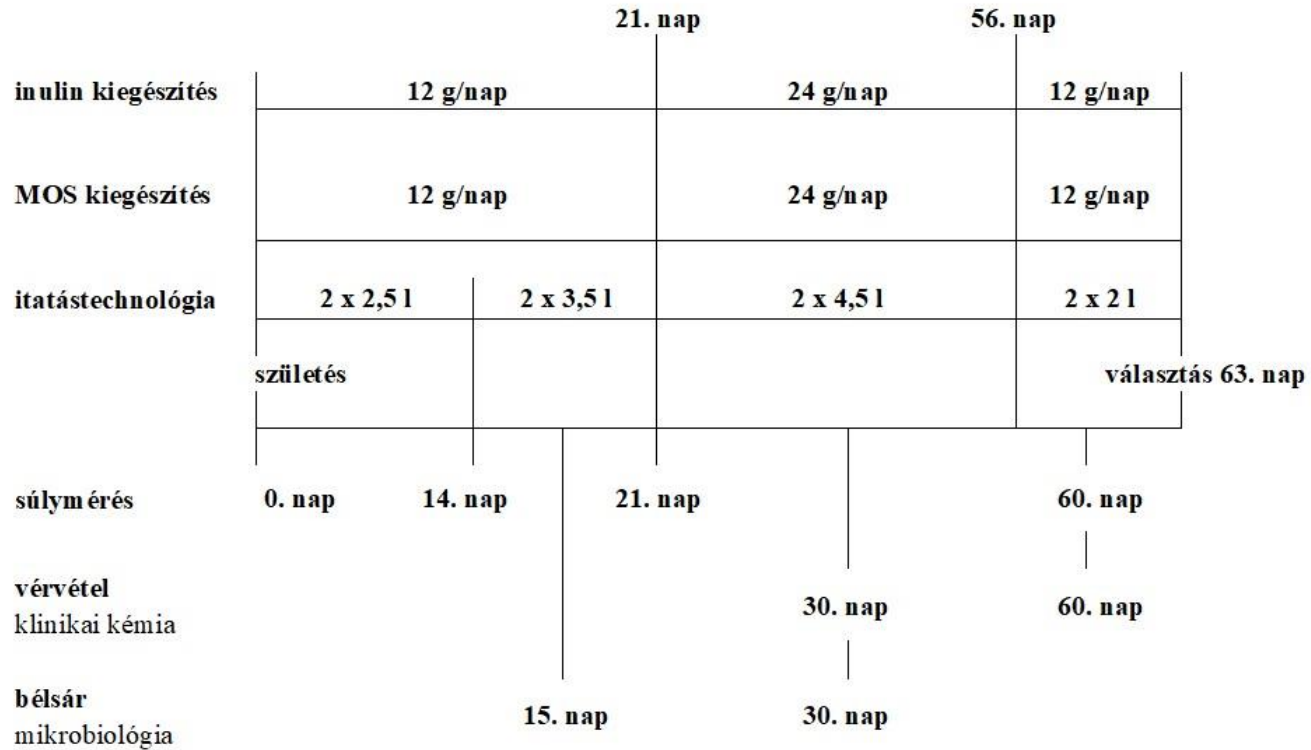
5.3.2.3. Klinikai-kémiai vizsgálatok

Minden kísérleti állatból 4 ml vért vettünk EDTA-val kezelt vérvételi csövekbe a vizsgálat 30. és 60. napján. A vérvétel a borjak fark vénájából, a reggeli itatás után 2-3 órával történt.

5.3.2.4. Mikrobiológiai vizsgálatok

A 15. és 30. napon csoportonként 12-12 állattól, 4 órával a reggeli itatás után friss bélsármintát gyűjtöttünk mikrobiológiai vizsgálatok céljából.

**FELNEVELÉS IDEJE ALATT TEJPÓTLÓVAL ADAGOLT MOS- ÉS INULIN-KIEGÉSZÍTÉS HATÁSA
2. KÍSÉRLET**



3. ábra: A 2. kísérlet felépítése és a mintavételezések ütemezés

5.4. FÖCSZEJEL ÉS TEJPÓTLÓVAL ADAGOLT MOS- ÉS INULIN-KIEGÉSZÍTÉS HATÁSA A BORJAK TELJESÍTMÉNYÉRE, ÉLETTANI ÉS IMMUNOLÓGIAI PARAMÉTEREIRE (3. KÍSÉRLET)

5.4.1. Kísérleti kezelések és takarmányozás

A vizsgálathoz 30 HF üsző borjat (születési testtömeg: $38,5 \pm 3,9$ kg) 3 csoportba soroltunk, csoportonként 10-10 borjúval (prebiotikum kiegészítésben nem részesülő kontroll, valamint MOS-kiegészítésben, illetve inulin-kiegészítésben részesülő csoportok). A prebiotikumokat 0-14 nap között 28 g/nap mennyiségben adagoltuk a tejpótlóval. A borjak az egyszeri főcstej adag után napi kétszer, 12 órás időközönként vödörből kaptak 140 g/l arányban kevert tejpótlót (Nukamel Performer, Nukamel, Weert, Belgium). A borjaknál alkalmazott itatási technológiát, a tejpótló táplálóanyag-tartalmát a 6. és 7. táblázatban adtuk meg. Az indítótáp táplálóanyag és energiatartalmát a 8. táblázat mutatja.

6. táblázat: A 3. kísérletben alkalmazott itatásos technológia

Életkor (nap)	liter/nap/borjú	g tejpótló/nap
1-4	2*3	840
5-48	2*4	1120
49-52	2*3	840
53-56	2*2	560

7. táblázat: A 3. kísérletben használt tejpótló tápszer táplálóanyag-tartalma (NukamelPerformer, Nukamel, Weert, Belgium)

Táplálóanyag tartalom (%)	
Nyersfehérje	27,0
Nyerszsír	17,0
Nyershamu	7,5
Kalcium	0,8
Foszfor	0,6
Nátrium	0,5
Lizin	2,25
Metionin	0,65

8. táblázat: A 3. kísérletben etetett indítótáp táplálóanyag- és energiatartalma (UBM NyRt., Pilisvörösvár)

Paraméter	
Nyersfehérje (%)	21,32
Nyerszsír (%)	2,15
Nyersrost (%)	10,87
Nyershamu (%)	7,93
Kalcium (%)	0,98
Foszfor (%)	0,59
Magnézium (%)	0,24
Nátrium (%)	0,39
Lizin (%)	1,01
Metionin (%)	0,37
NEm (MJ/kg)	6,75
NEg (MJ/kg)	4,42

Az ebben a vizsgálatban használt mannán-oligoszacharidot (ImmunoWall, Trouw Nutrition Hifeed BV, Boxmeer, Hollandia) és inulint (Orafti Sipx, Beneo Animal Nutrition, Tiennen, Belgium) az UBM NyRt. (Pilisvörösvár) biztosította számunkra.

5.4.2. Vizsgált paraméterek

A kísérlet felépítését és a mintavételezések ütemezését a fejezet végén a 4. ábra összegzi.

5.4.2.1. Testtömeg

A borjak tömegét a 0., 14., 28., 42., és 56. napon mértük.

5.4.2.2. Takarmányfogyasztás

A borjak szilárd takarmány felvételét a 7. naptól naponta feljegyeztük, hetente, csoportonként átlagoltuk.

5.4.2.3. Klinikai-kémiai vizsgálatok

A születést követő 12., 24. és 48. órában majd a 4., 14., 24., és 34. napon az összes borjútól 6 ml vért vettünk a *vena jugularis*ból. A vért alvadás után centrifugáltuk (1500 fordulat/perc), és a szérumot további vizsgálatig fagyasztva (-20°C) tároltuk. Mind a hét vérvételi időpontban megvizsgáltuk a

szérum immunglobulin G (IgG) szintjét. Klinikai kémiai vizsgálatot a 4., 14., 24., és a 34. napon vett vérmintákból végeztünk. Elemeztük az albumin, bilirubin, koleszterin, glükóz, kreatinin, összfehérje, triglicerid illetve karbamid koncentrációját.

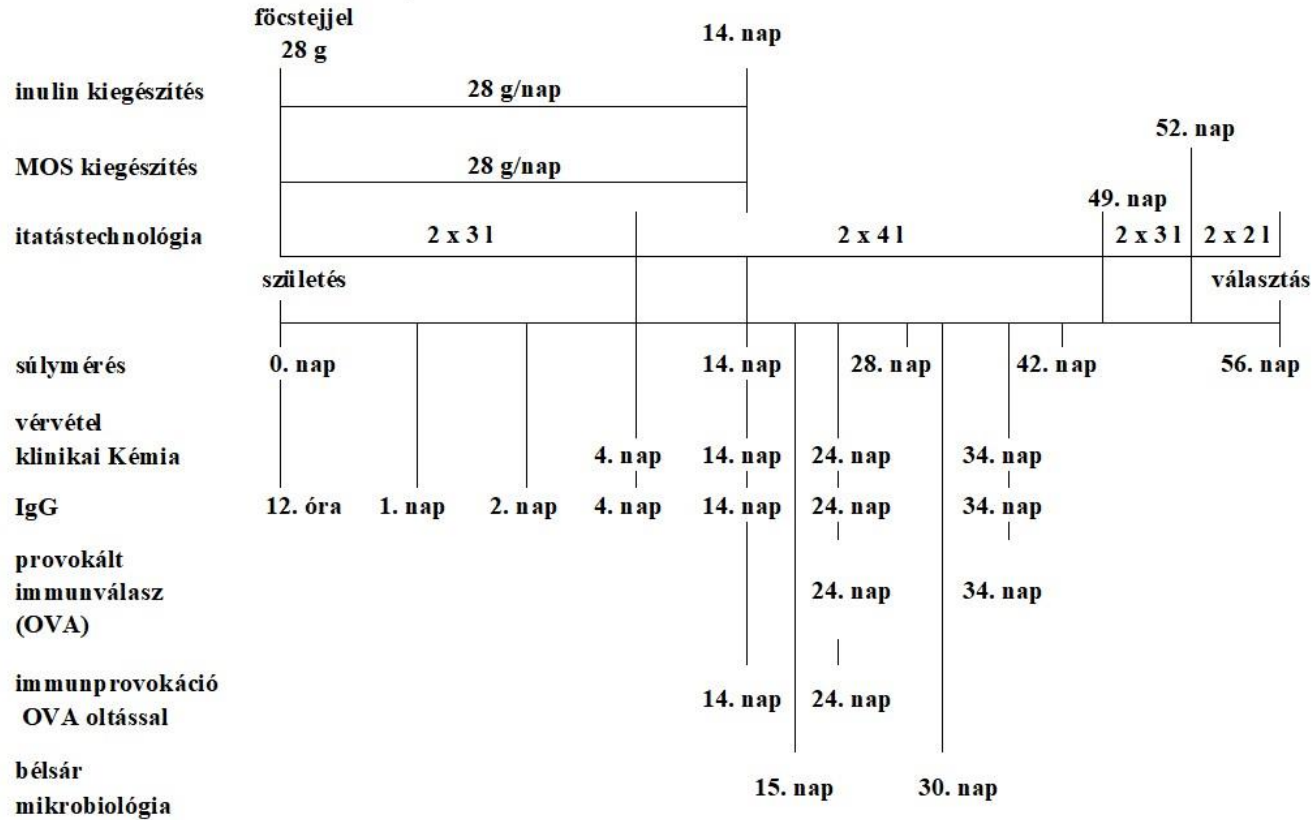
5.4.2.4. Immunológiai vizsgálatok

A kezelés okozta immunválaszt-befolyásoló hatás kimutatására az állatokban immunreakciót provokáltunk. A 14. napon csoportonként 6-6 állatot ovalbuminnal (OVA) *s.c.* oltottunk, amit a 24. napon ismételtünk. Az OVA-ra adott specifikus immunválaszt a 24. és 34. napon vérvétellel ellenőriztünk.

5.4.2.5. Mikrobiológiai vizsgálatok

Minden állat esetében mikrobiológiai vizsgálatokra a 15. illetve a 30. napon a reggeli etetés után 4 órával friss bélsármintát vettünk a rectumból.

FÖCSTEJJELEK ÉS TEJPOTLÓVAL ADAGOLT MOS- ÉS INULIN-KIEGÉSZÍTÉS HATÁSA A BORJAK TELJE SÍTMÉNYÉRE, ÉLETTANI ÉS IMMUNOLÓGIAI PARAMÉTEREIRE - 3. KÍSÉRLET



4. ábra: A 3. kísérlet felépítése és a mintavételezések ütemezése

5.5. LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK

5.5.1. Klinikai-kémiai vizsgálatok

A főbb anyagforgalmi paramétereket (glükóz, triglicerid, karbamid, össz-fehérje, koleszterin, bilirubin, albumin, kreatinin) a Vet-Med Laboratórium (Budapest) vizsgálta Roche Hitachi 912 kémiai analizátorral (Hitachi, Tokio, Japán), kereskedelmi forgalomban lévő reagensek (Diagnosticum ZRt., Budapest) felhasználásával.

5.5.2. Mikrobiológiai vizsgálatok

1 g bendőfolyadék-illetve bélsármintából 0,9% NaCl segítségével sorozatos hígításokat végeztünk közvetlenül a mintavételezés után. A tenyésztéshez szükséges feltételeket a 9. táblázat foglalja össze. Az anaerob körülmények biztosításáról Anaerocult® tenyésztő edények és Anaerocult® A (Merck, Németország) gáztermelő tasakok használatával gondoskodtunk. A minták inkubálása LP 104 típusú termosztátban (LMIM, Hungary) történt. Az inkubációs idő leteltével a telepek számának meghatározásához Acolyte colony counter-t (Aqua-Terra Lab, Magyarország) használtunk. A mikrobaszám kifejezése 10-es alapú logaritmuson történt a nemzetközileg elfogadott "colony forming units (CFU)" mértékegységben, 1 g mintára vetítve.

9. táblázat: Mikrobiológiai vizsgálathoz használt eljárások

Baktérium	Médium	Inkubáció jellemzői
Összes aerob baktérium	véres agar	72 óra, 30°C, aerob
Összes anaerob baktérium	véres agar	48 óra, 37°C, anaerob
<i>E. coli</i>	Chromocult differenciáló közeg ¹	24 óra, 37°C, aerob
<i>Bacteroidetes</i>	Schaedler agar ² kiegészítve esculinnal ¹ , neomycinnel ¹ és vas ammónium citráttal ²	96 óra, 37°C, anaerob
<i>Lactobacillus</i>	MRS agar ¹	72 óra, 37°C, anaerob
<i>Clostridium perfringens</i>	Triptózsulfit-cikloszerin agar ¹	22 óra, 37°C, anaerob

¹Merck, Darmstadt, Németország, ²Sharlan Chemie, Barcelona, Spanyolország

5.5.3. A bendőfolyadék illózsírsav koncentrációjának és ammóniatartalmának meghatározása

Az ammónia koncentrációjának csökkenését megakadályozandó, a mintagyűjtésre szolgáló csöveket bendőfolyadékkal teljesen feltöltve (nincs légréteg) zártuk le és szárazjég közé téve szállítottuk be a laborba. A A bendőfolyadék-mintákat négyrétegű gézen keresztül szűrtük, majd centrifugáltuk (5000 rpm, 15 perc). A felülúszó frakcióból határoztuk meg az illózsírsavak és az ammónia koncentrációját. Az illózsírsavak analízisének előkészítéséhez 2,5 ml szűrt bendőfolyadékhoz 0,5 ml 25% metafoszforsavat adtunk, majd centrifugáltuk és a felülúszót -65°C-on tároltuk. Az egyes illózsírsavak koncentrációját gázkromatográfiás módszerrel (Shimadzu GCMS-QP 2010SE, Japán) elemeztük ZB-WAX plus oszlopot (30 m, 0,25 mm belső átmérő, 0,25 µm filmvastagság; Phenomenex Inc., USA) alkalmazva. Az ammónia koncentrációját fenol-hipoklorit-reagenssel mértük (*Broderick és Kang, 1980*).

5.5.4. Immunológiai vizsgálatok

5.5.4.1. Borjak IgG szintjének változása az életkorral

A borjú IgG ellátottságának ellenőrzésére a 12., 24. és 48. órában, majd a 4., 14., 24., és 34. napon vett vérmintákból meghatároztuk a savó összes IgG szintjét ELISA módszerrel (*Crowther, 2002*). Antigénként nyúlban termeltetett anti-szarvasmarha IgG-t (Sigma) használtunk 1:20000 hígításban, a gyártó utasításainak megfelelően. Negatív kontrollként kutya vérsavó szolgált, a mintákat duplán vizsgáltuk. A lemezekre az egyes állatok vérmintái azok életkorának megfelelő sorrendben lettek bemérve, így egy állat összes mintája egy lemezre került. Az eredményeket kezelési index (KI) használatával adtuk meg, amely arányszám az alábbi képlettel magyarázható:

$$KI = \frac{\text{Minta OD}_{550\text{nm}} \text{ értéke} - \text{negatív kontroll OD}_{550\text{nm}} \text{ értéke}}{\text{Kezdeti minta OD}_{550\text{nm}} \text{ értéke} - \text{negatív kontroll OD}_{550\text{nm}} \text{ értéke}}$$

5.5.4.2. Borjak IgG szintjének változása specifikus antigén hatására

Az 5.4.2.4. pontban leírt provokált immunválasz kiváltásához az oltóanyagot Foote és mtsai (2007) leírása alapján a következőképpen készítettük el: 2 mg OVA-t 1 ml foszfáttal pufferolt sóoldattal (PBS) elegyítettünk, majd 1:1 arányban hígítottunk inkomplett *Freund adjuváns*sal. Borjanként 4 ml oldatot fecskendeztünk bőr alá. Az OVA-specifikus immunválasz vizsgálatának érdekében a már fentebb módon előkészített sérumból IgG specifikus ELISA tesztet végeztünk. Az antigén 1 mg/ml OVA oldat volt. Az ELISA elrendezése és a mérés megegyezett az előzőekben leírtakkal.

5.5.4.3. Limfocita stimulációs próba (LST)

A vizsgálathoz a kísérlet 24. és 34. napján alvadásában gátolt vért vettünk a *vena jugularis*ból, melyhez Fragmin 2500 oldatos injekcióból készítettünk vérvételi csöveket (törzsoldathoz Fragmin 2500 NE oldatból 0,2 ml-t 1:10 hígításban PBS-ben készítettünk; ebből előre 0,6 ml-t mértünk a csövekbe), majd azokat azonnal a laboratóriumba szállítottuk 4°C-on. A szeparált fehérvérsejtekből az immunválasz-készséget limfocita stimulációs próbával (LST) mértük. Az értékelésükhöz a sejtek citokin termelésének növekedését néztük a kódoló génekről átírt mRNS mennyiségének qPCR-rel történő meghatározásával. A szeparált fehérvérsejteket 10% inaktivált magzati eredetű marhasavót (FBS, Gibco), 50 egység/ml penicillint (Sigma), 0,05 mg/ml streptomocint (Sigma) és 29,2 mg/ml L-Glutamint (Sigma) tartalmazó Dulbecco's Minimum Essential Medium (DMEM, Sigma) tápfolyadékban szuszpendáltuk, majd 96 lyukú szövettenyésztő lemezre tettünk lyukanként 200 µl mennyiségben. Az LST során a kezeletlen mintákkal párhuzamosan növényi mitogénnel (31,25 mg/ml lektin, Sigma) kezeltük a fehérvérsejteket. Az így elkészített lemezeket 5% CO₂-t tartalmazó inkubátorban 37°C-on 3

napig inkubáltuk. Ezek után az eredményeket a qPCR során tapasztalt áttörési ciklusszám (ct) érték meghatározásával értük el, amely fordítottan arányos a citokin gén mennyiségével. Negatív kontrollként a nem stimulált sejtek citokingénjeit vettük figyelembe. Ezeknek az eredményeihez képest határoztuk meg a küszöbértéket. A növényi mitogének elsősorban a T-sejtek replikációját befolyásolják, a citokinek közül az IL-1 β (Ito és Kodoma, 1994), valamint az IL-2, IL-6 és az IFN γ (Leutenegger és mtsai., 2000) mennyiségét határoztuk meg.

5.6. STATISZTIKAI ANALÍZIS

A kísérletekben az üszőborjakat véletlenszerű elrendezésben osztottuk a kezeléseknek megfelelően egyenlő csoportba. A prebiotikus kiegészítéseket (2. és 3. kísérlet), illetve az eltérő szénhidrát tartalmú indító tápetetését (1. kísérlet) leszámítva minden egyéb körülmény (pl.: elhelyezés, takarmányozási rendszer) azonos volt az egyes vizsgálatok ideje alatt az összes állat számára.

A statisztikai analízisek elvégzéséhez az R Commander (Version 3.4.1, 1991) program RcmdrPlugin.aRnova csomagját használtuk. Az adott paraméterek esetében a számtani átlagot, a szórást (SD), az átlagok standard hibáját (SEM) minden csoporthoz kiszámítottuk, a program leíró statisztikájának segítségével. Az adatok eloszlásának normalitását Saphiro-Wilk módszerrel ellenőriztük.

A kezelések számának megfelelően az 1. kísérletben a két csoportot az adatok eloszlásától függően kétmintás t-próbával vagy Kruskal-Wallis teszttel, míg a 2. és 3. kísérletben a három csoportot varianciaanalízis segítségével értékeltük. Az illó zsírsavak és a mikrobiom összetétele közti összefüggések vizsgálatához a program korrelációs tesztjét használtuk. A különbségeket statisztikailag igazoltnak tekintettük $P < 0,05$ érték teljesülése esetén.

Egy állat többszöri mérését vagy mintavételezését tartalmazó adathalmazok,

kölcsönhatások elemzésére a program Repeated Measures ANOVA tesztjét alkalmaztuk. Bár más más statisztikai programmal, de *Terré és mtsai* (2007), *Morrison és mtsai* (2010) és *Da Silva és mtsai* (2012) szintén ezt a statisztikai módszert használták hasonló kísérleti elrendezésük és többszöri mintavételük adatainak elemzésére. Ez az eljárás biztosítja, hogy a kezelés hatását ne csak adott mintavételi napon értékeljük, hanem a teljes vizsgálati periódusra. Így alkalmas a kezelés, az idő és a kezelés \times idő kölcsönhatás egyidejű kimutatására. A csoportok közti különbségek meghatározására a varianciaanalízisek elvégzésekor a Tukey-Kramer post hoc tesztet alkalmaztuk, a különbségeket statisztikailag igazoltnak tekintettük $P < 0,05$ szintnél. A Repeated Measures ANOVA során használt statisztikai modell a következő volt:

$$X_{tim} = \mu + F_t + T_i + (F \times T)_{ti} + \text{Borj} \acute{u}_m + \varepsilon_{tim}$$

ahol X_{tim} a függő változó,

μ = átlag

F_t = kezelés faktor, mint fix hatás (t = treatment)

T_i = időtényező, azaz az ismételt mérések száma (i = time)

$\text{Borj} \acute{u}_m$ = a borjú, mint random hatás (m)

ε_{tim} = maradék hiba

Mivel az ismétlődő mérések variancia analízise a teljes kísérleti időszakra vonatkozik, bizonyos esetekben, adott életnapra vonatkozó adatok összehasonlításához ugyanezen programcsomag egy tényezős variancia analízisét (OneWay ANOVA) használtuk. A modell a következő egyenlettel írható le:

$$X_{tm} = \mu + F_t + \varepsilon_{tm}$$

ahol X_{tm} a függő változó,

μ = átlag

F_t = a faktor, mint fix hatás (t = kezelés)

ε_{tm} = maradék hiba

6. EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉS

6.1. ELTÉRŐ KEMÉNYÍTŐ- ÉS NDF-TARTALMÚ BORJÚTÁP ETETÉSÉNEK HATÁSA A BORJAK TELJESÍTMÉNYÉRE ÉS ÉLETTANI PARAMÉTEREIRE (1. KÍSÉRLET)

6.1.1. A borjak takarmányfelvétele és testtömeg-gyarapodása

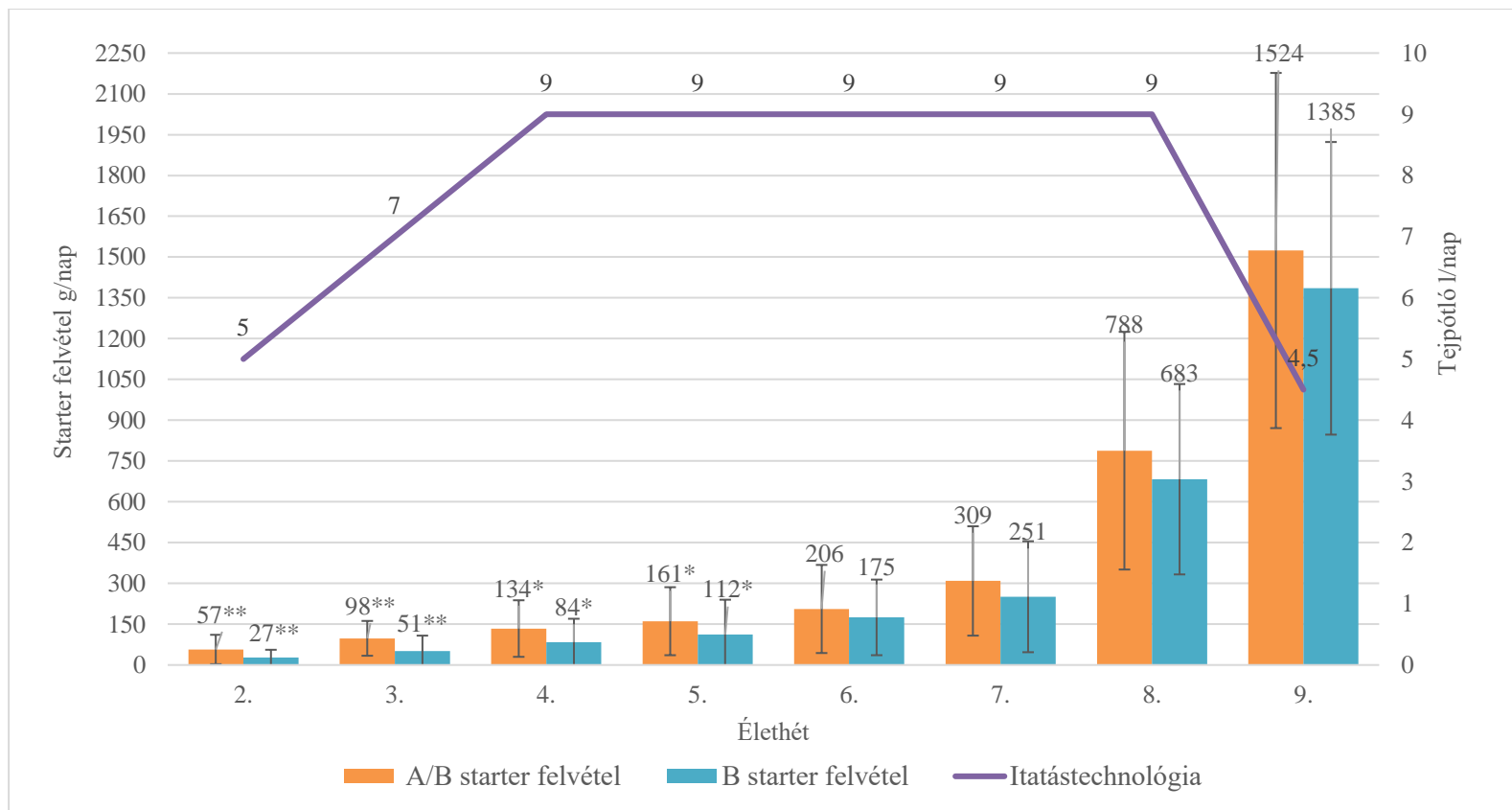
A vizsgálat ideje alatt a borjak tejpótló fogyasztásában nem tapasztaltunk különbséget. A takarmányban található szénhidrátforrás típusa a 2. és 5. élethét között szignifikánsan ($P < 0,05$) befolyásolta a borjak takarmány-felvételét (5. ábra). Ebben az időszakban a borjak a nagyobb keményítő- (28,5%) és kisebb NDF- (16%) tartalmú indítótápból többet ettek meg, mint a kisebb keményítő (14,2%) és nagyobb NDF (32,4 %) tartalmúból. A vizsgálat második felében (45-67 nap) a csoportok között nem volt szignifikáns eltérés a takarmány-felvételben (10. táblázat). A kísérlet végén az állatok abrakfelvétele bőven meghaladta a napi 1 kg-t, az A/B csoportban 1524 g, a B csoportban pedig 1385 g volt. Ezek az adatok azt jelzik, hogy a borjak szárazanyag-felvétele olyan szintet ért el, amikor az állatok törés nélkül elválaszthatók, az itatás befejezhető.

Az első 45 napban mért nagyobb „A” indítótáp-felvétel oka az abrakkeverékben lévő eltérő takarmány-alapanyag lehet. Eredményeinkhez hasonlóan *Khan és mtsai* (2007) szintén úgy találták, hogy a kukorica alapú takarmányt szívesebben fogyasztják a borjak a választás előtti időszakban. E tekintetben az abrakban használt alapanyag szénhidrát forrása és szintje jelentősen befolyásolja a borjak takarmányfelvételét. Ugyanakkor más szerzők (*Terré és mtsai*, 2013), eredményünkkel ellentétben azt tapasztalták, hogy az indítótáp keményítő- és NDF-tartalma nincs hatással a takarmányfelvételre. A tejpótló tápszer korlátozott és *ad libitum* etetésekor korábbi vizsgálatokban különbséget találtak a borjak szilárd takarmány fogyasztásában (*Jasper és Weary*, 2002; *Khan és mtsai*, 2007). Az általunk mért átlagos napi

takarmányfelvétel („A/B” csoport: 455 ± 216 g/nap és “B” csoport: 389 ± 169 g/nap) megfelel *Rey és mtsai* (2012) által közölt adatoknak (424 ± 76 g/nap). Habár idézett szerzők hosszabb itatási időszak alatt végezték vizsgálataikat (83 napos életkor).

Vizsgálatunk első fázisában (7-45 nap) az „A/B” csoport borjainál mért nagyobb takarmányfelvétel nem okozott változást a kumulált takarmányfogyasztásban és a napi testtömeg-gyarapodásban (10. táblázat). Ez vélhetően a borjaknál megfigyelt nagy egyedi eltérés miatt történt (magas szórás értékek). A borjak növekedésével párhuzamosan egyre nagyobb a táplálóanyag-szükségletük is. A borjak nevelése során a 21. naptól nem növeltük a tejpótló adagját, mint egy rákényszerítve az állatot az abrak fogyasztására. A választás előtt a tejpótló drasztikus csökkentésével a borjú éhségérzete növelhető, amire az *ad libitum* rendelkezésre álló indítótápból való többlet felvétellel reagál. Ennek a tejtáplálás csökkentésével előidézett hiperfágikus válasznak tulajdonítható a napi szilárd takarmányfelvétel határozott emelkedése a kísérlet második fázisában, 46 és 67 napos kor között, elérve az 1100 és 1000 g-ot.

Az első 45 napban etetett különböző szénhidrátartalmú indítótáp nem befolyásolta a borjak testtömegét (67. napos életkor), és a felnevelés ideje alatti testtömeg-gyarapodásukat (10. táblázat). A vizsgálat első fázisában megfigyelt nagyobb takarmányfelvétel nem volt hatással a választáskori testtömegre.



5. ábra Az indítótáp eltérő keményítő- és NDF-tartalmának hatása a tápfelvételekre

* P<0,05; **P<0,01

10. táblázat: A borjak testtömege, napi testtömeg-gyarapodása és átlagos napi indítótáp felvétele eltérő táplálóanyag-tartalmú abrakkeverék etetésekor

	Vizsgált időszak (nap)	Csoport		SEM	P
		A/B	B		
Testtömeg (kg)	1	41,3 ± 3,1	38,9 ± 3,2	0,43	NS
	67	75,8 ± 8,9	73,4 ± 8,2	1,10	NS
Testtömeg-gyarapodás (g/nap)	1-67	539 ± 110	537 ± 112	14,25	NS
Indítótáp felvétel (g/nap)	7-45	148 ± 100	106 ± 85	12,18	0,05
Indítótáp felvétel (g/nap)	46-67	1102 ± 444	1002 ± 408	54,93	NS
Indítótáp felvétel (g/nap)	7-67	455 ± 216	389 ± 169	25,20	NS

NS = nem szignifikáns

"A": 28,5% keményítő, 16% neutrális detergens rost (NDF)

"B": 14,2% keményítő, 32,4% NDF

6.1.2. A bendőfolyadék SCFA és ammónia koncentrációja, valamint mikrobióta összetétele

Az indítótáp eltérő NDF-és keményítőtartalma nem befolyásolta a bendőben vizsgált baktériumok mennyiségét (11. táblázat).

11. táblázat: A bendőfolyadékban vizsgált baktériumok száma a 45. napon az eltérő táplálóanyag-tartalmú abrakkeveréket fogyasztó csoportokban (log₁₀ CFU¹/g)

Baktérium	Csoport		SEM	P
	A/B	B		
Aerob baktérium	6,92 ± 0,28	6,86 ± 0,24	0,07	NS
Anaerob baktérium	8,47 ± 2,91	9,57 ± 0,51	0,60	NS
<i>E. coli</i>	3,98 ± 0,64	3,58 ± 1,20	0,27	NS
<i>Bacteroidetes</i>	7,96 ± 0,83	7,32 ± 0,99	0,27	NS
<i>Lactobacillus</i>	6,42 ± 0,56	6,30 ± 0,48	0,14	NS
<i>Clostridium perfringens</i>	3,19 ± 0,37	3,23 ± 0,63	0,14	NS

NS = nem szignifikáns; ¹CFU = colony forming unit = telepképző egység

"A": 28,5% keményítő, 16% neutrális detergens rost (NDF)

"B": 14,2% keményítő, 32,4% NDF

Az eltérő keményítő- és NDF tartalmú abrak nem volt szignifikáns hatással a bendőfolyadékban az ecetsav: propionsav arányára, illetve az összes illózsírsav és az ammónia koncentrációjára (12. táblázat).

12. táblázat: A 45. napos borjakból vett bendőfolyadékban az SCFA moláris aránya és az ammónia koncentrációja eltérő NDF- illetve keményítőtartalmú abrak etetésekor (átlag ± SD)

Paraméter	Csoport		SEM	P
	A/B	B		
Összes illózsírsav (mmol/l)	89,43 ± 35,85	77,65 ± 25,62	8,75	NS
Ecetsav (mol/100 mol)	57,52 ± 10,63	64,80 ± 5,53	2,58	NS
Propionsav (mol/100 mol)	22,85 ± 4,05	20,99 ± 3,94	1,14	NS
Vajsav (mol/100 mol)	14,13 ± 6,94	9,77 ± 1,10	1,52	NS
Izovajsav (mol/100 mol)	0,66 ± 0,52	0,84 ± 0,41	0,13	NS
Valeriánsav (mol/100 mol)	3,91 ± 2,30	2,53 ± 1,20	0,55	NS
Izovaleriánsav (mol/100 mol)	0,94 ± 0,38	1,07 ± 0,43	0,11	NS
Ecetsav: propionsav arány	2,64 ± 0,98	3,21 ± 0,82	0,26	NS
Ammónia (mmol/l)	9,63 ± 3,85	12,40 ± 8,08	1,79	NS

NS = nem szignifikáns

"A": 28,5% keményítő, 16% neutrális detergens rost (NDF)

"B": 14,2% keményítő, 32,4% NDF

A 13. táblázatban látható, hogy a nagyobb keményítőtartalmú ("A") starter etetésekor a bendőfolyadék *E. coli* száma negatív korrelációban áll a vajsav, illetve a valeriánsav moláris arányával. A "B" abrakot fogyasztó borjakban a bendőfolyadék összes SCFA-tartalma, a propionsav, a vajsav, valamint a valeriánsav aránya negatív összefüggést mutat az *E. coli* baktériumok számával, miközben pozitív kapcsolatot találtunk az ecetsav moláris arányával.

Az "A" indítótáp felvételekor a bendőfolyadékban a *Bacteroidetes*ek száma negatív összefüggést mutat az ecetsav és az izovajsav arányával, míg pozitív a vajsav %-os mennyiségével.

13. táblázat: A bendőfolyadékban mérhető egyes baktériumok száma és az SCFA moláris aránya között található összefüggések (R, korrelációs együttható)

Paraméter	Összes SCFA	C2	C3	C4	iC4	C5
<i>E. coli</i>	-0,84 ²	0,90 ²	-0,86 ²	-0,90 ¹	NS	-0,87 ¹
<i>Bacteroidetes</i>	NS	-0,88 ¹	NS	-0,83 ²	-0,93 ¹	-0,89 ²
				0,82 ¹		NS

¹Csoport "A/B", ²Csoport "B", NS = nem szignifikáns

C2=ecetsav, C3=propionsav, C4=vajsav, iC4=izovajsav, C5=valeriánsav

A kérődzők által fogyasztott takarmány mennyisége és összetétele befolyásolja a bendő mikrobióta összetételét, valamint a bendő erjedési folyamatainak intenzitását és irányát (Rey és mtsai, 2013). Ezek döntő jelentőséggel bírnak a bendő homeosztázisában, valamint az állat növekedésében és egészségi állapotában.

Vizsgálatunk eredményei szerint 45 napos korban, a mikrobióta-összetétel a bendőfolyadékban már a felnőtt szarvasmarhára volt jellemző (10. táblázat). Ez alátámasztja Rey és mtsai (2013) azon megállapítását, hogy kéthetes kor felett a mikrobióta összetétele a bendőben már nem változik. Rey és mtsai (2013) molekuláris genetikai vizsgálatokkal igazolták a *Bacteroidetesek* dominanciáját hét napos borjak bendőjében. Vizsgálatukban 42 napos korra ez a törzs tette ki a mikrobióta populáció 70%-át. Az általunk vizsgált mikroorganizmusok közül a bendőfolyadékban szintén a *Bacteroidetesek* valamint a *Clostridiumok* és *Lactobacillusok* jelentek meg a legnagyobb mennyiségben.

A nagyobb keményítőtartalmú takarmány (28,5 vs 14,2%) 45 napig történő etetésének hatására nem találtunk szignifikáns változást a bendőfolyadék baktériumszámában, ami ellentmond Meale és mtsai (2016) megállapításának. Idézett szerzők szerint a borjútáp nagyobb keményítőtartalma hozzájárul a *Bacteroidetesek* dominanciájához. Noha néhány trendszerű változást (nagyobb *E. coli* és *Bacteroidetes* szám, megnövekedett összes illózsírsav-

tartalom és kisebb ecetsav arány, valamint ammóniatartalom) találtunk, de ez nem befolyásolta a borjak növekedését. Megállapításaink részben összefüggnek *Belanche és mtsai* (2012) eredményével, azaz, hogy a nagyobb keményítőtartalom kisebb ecetsav és propionsav koncentrációt, valamint nagyobb vajsav és valeriánsav koncentrációt eredményez. Az ecetsav:propionsav aránya szintén csökkent (2,6 vs 3,2), összhangban *Noziere és mtsai* 2011-ben megjelent összefoglaló tanulmányában közölt eredményekkel. Megvizsgálták a takarmányfelvétel, valamint a takarmány egyes összetevői és a bendőben keletkező illózsírsavak koncentrációja között található összefüggéseket. Arra a megállapításra jutottak, hogy az egyes illózsírsavak koncentrációja illetve az ecetsav:propionsav arány a takarmány NDF-tartamával összefüggésben változik. Az összes illózsírsav koncentrációjának növekedése mellett csökkent az ecetsav moláris aránya és ebből adódóan az ecetsav:propionsav aránya.

6.1.3. A vérkémiiai paraméterek változása

A 14. táblázatban összegeztem a borjak főbb vérkémiiai paramétereit. Az eltérő szénhidrátforrásokat eltérő arányban tartalmazó indítótáp etetése nem befolyásolta a vér glükóz, triglicerid és karbamid koncentrációját. A kezelés és az életkor közötti interakció az albumin esetében figyeltünk meg ($P < 0,01$). A nagyobb keményítőtartalmú indítótápot fogyasztó borjak albuminszintje a 28. napon nagyobb, míg az 56. napon kisebb volt, mint a nagyobb NDF-tartalmú abrakkeveréket fogyasztó társaiké (adatokat külön nem közöltük). Az „A/B” csoportban az albumin koncentrációja a 28. napon érte el a legnagyobb értéket, a „B” csoportban az 56. napon. Jól lehet szignifikáns eltérést találtunk a különböző időpontokban vett minták között, de az értékek változásai nem kapcsolódnak természetes mutatóhoz (étvágy, testtömeg). Valamennyi mintavételi nap ($n=5$) albuminanalízis eredményeit összegezve nem találtunk szignifikáns eltérést a csoportok között, az átlagérték 31,51 g/l, illetve 31,33

g/l volt.

A vizsgált vérparaméterek értékei a borjak életkorával szignifikáns összefüggést mutattak. A glükóz koncentrációja a 48. napig emelkedett, majd a 70. napra lecsökkent. Ugyanez a tendencia mondható el a triglicerid értékeire is. A karbamid koncentrációja ezzel szemben, a 48. napig azonos szinten volt, majd a 70. napig emelkedett.

A klinikai kémiai paraméterekben bekövetkezett változások jelzik az állatok egészségi állapotában és táplálóanyag-ellátottságában végbemenő folyamatokat. A fiziológiás alapértékek tehenekben jól ismertek, de kevés adat található a borjakról, kiváltképp arra az átmenetre vonatkozóan, amikor a monogasztrikus borjú kérődzővé válik. Vizsgálatunkban mért adatok megfelelnek *Klinkon és Ježek* (2012) eredményeinek. Az irodalomban nem találtunk arra vonatkozóan megállapítást, hogy a borjútáp eltérő szénhidrátforrása befolyásolná az itatásos borjak vérszérumának albumin értékeit. A plazma karbamid koncentrációja az első 3 mintavételi időpontban kisebb, míg a 4. időpontban mért érték nagyobb, mint a referenciául szolgáló értékezésben (*Klinkon és Ježek*, 2012) leírtak. A jelen vizsgálat plazma glükóz- és triglicerid-értékek meghaladják a *Lee és mtsai* (2009) valamint *Klinkon és Ježek* (2012) által leírt szinteket. A vér egyes paramétereinek mért értékei egyik esetben sem mutattak patofiziológiai eltérést.

A kisebb glükózszint és a vér nagyobb karbamid-koncentrációja fiziológiai jelenség, amely a bendő funkciójának megváltozásával és a bendőfermentáció megindulásával párhuzamosan alakul ki. Az újszülött borjú esetében a vékonybélből felszívódó glükóz az elsődleges energiaforrás, míg az abrakfelvétel növekedésével a glükóz szerepét a bendőben képződött SCFA veszi át (*Khan és mtsai* 2007, 2008). A nagyobb keményítőtartalmú indítótáp (28,5%, szemben a 14,2%-kal), amelyet a borjak az első 45 napban fogyasztottak, nem okozott jelentős változást az állatok szénhidrát-anyagcseréjében. Feltehetően azért, mert ebben a korban az abrakfelvétel még

elhanyagolható mennyiségű volt (átlagosan 148 g, illetve 106 g, a 7. és a 45. nap között).

Az életkor előrehaladtával a nagyobb mennyiségben felvett abrak bendőbeli mikrobiális bontásának következtében megnőtt a karbamid-koncentráció. Fontos megjegyezni, hogy a búzaféléknek a kukoricaliszthez képest nagyobb fehérjetartalma is előidézhette ezt (*Herrera-Saldana és mtsai, 1990*). Valószínű magyarázat továbbá az is, hogy a baktériumok proteolitikus és fehérjeszintetizáló folyamata kiegyensúlyozottá válik a bendőben, és a fehérjék lebomlásából származó ammóniát a baktériumok megkötik és felhasználják a mikrobiális fehérjeszintézishez. Ezt a 45. napon vett bendőfolyadék-minták ammóniakoncentrációja jelzi. Bár az ammóniakoncentráció a „B” csoportban az „A/B” -nél nagyobb volt (12,4 mmol/l vs. 9,6 mmol/l), de ez nem jelentett szignifikáns eltérést. Fontos megemlíteni, hogy az „A” borjútáp nagyobb keményítőtartalma hozzájárulhatott a bendőfolyadék kisebb ammóniakoncentrációjához. A jól lebomló keményítő gyorsan felhasználható energiaforrás, amely ATP-t biztosít a mikrobiális fehérjeszintézishez.

A vér trigliceridszintjének csökkenése az életkorhoz kapcsolódó változás a tejfogyasztás és a tejsír felszívódásának csökkenése miatt (*Khan és mtsai, 2007*). A változás összhangban áll *Lee és mtsai (2009)* valamint *Schäff és mtsai (2016)* által közölt adatokkal, amelyek szerint a vér triglicerid-koncentrációja az első négy-hét élethétben növekszik, majd lassan csökkenni kezd.

14. táblázat: Borjak egyes vérkémiai paramétereinek változása a kezelés és az életkor hatására

Vérparaméter	Kezelés		Kor (nap)					P		
	A/B	B	14	28	48	56	70	Kezelés	Kor	Kezelés x Kor
Albumin (g/l)	31,51±3,09	31,33±3,21	27,67±2,35 ^a	31,61±3,63 ^b	32,78±1,68 ^{bc}	33,91±1,85 ^c	31,13±1,70 ^b	NS	***	**
Glükóz (mmol/l)	5,77±1,64	5,77±1,85	5,68±1,86 ^a	5,65±0,84 ^a	7,60±1,51 ^b	5,67±1,80 ^a	4,28±0,47 ^c	NS	***	NS
Triglicerid (mmol/l)	0,43±0,19	0,40±0,19	0,37±0,15 ^{ab}	0,50±0,25 ^b	0,51±0,20 ^b	0,34±0,10 ^a	0,34±0,17 ^a	NS	**	NS
Karbamid (mmol/l)	3,81±1,65	4,12±1,76	3,29±0,78 ^a	2,49±0,46 ^a	2,96±0,32 ^a	4,81±1,48 ^b	6,29±1,33 ^c	NS	***	NS

^{a, b, c} A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek a csoportok között P<0,05 szinten

* P<0,05; ** P<0,01, *** P<0,001

"A": 28,5% keményítő, 16% neutrális detergens rost (NDF)

"B": 14,2% keményítő, 32,4% NDF

6.2. A FELNEVELÉS IDEJE ALATT TEJPÓTLÓVAL ADAGOLT MOS- ÉS INULIN-KIEGÉSZÍTÉS HATÁSA A BORJAK TELJESÍTMÉNYÉRE ÉS ÉLETTANI PARAMÉTEREIRE

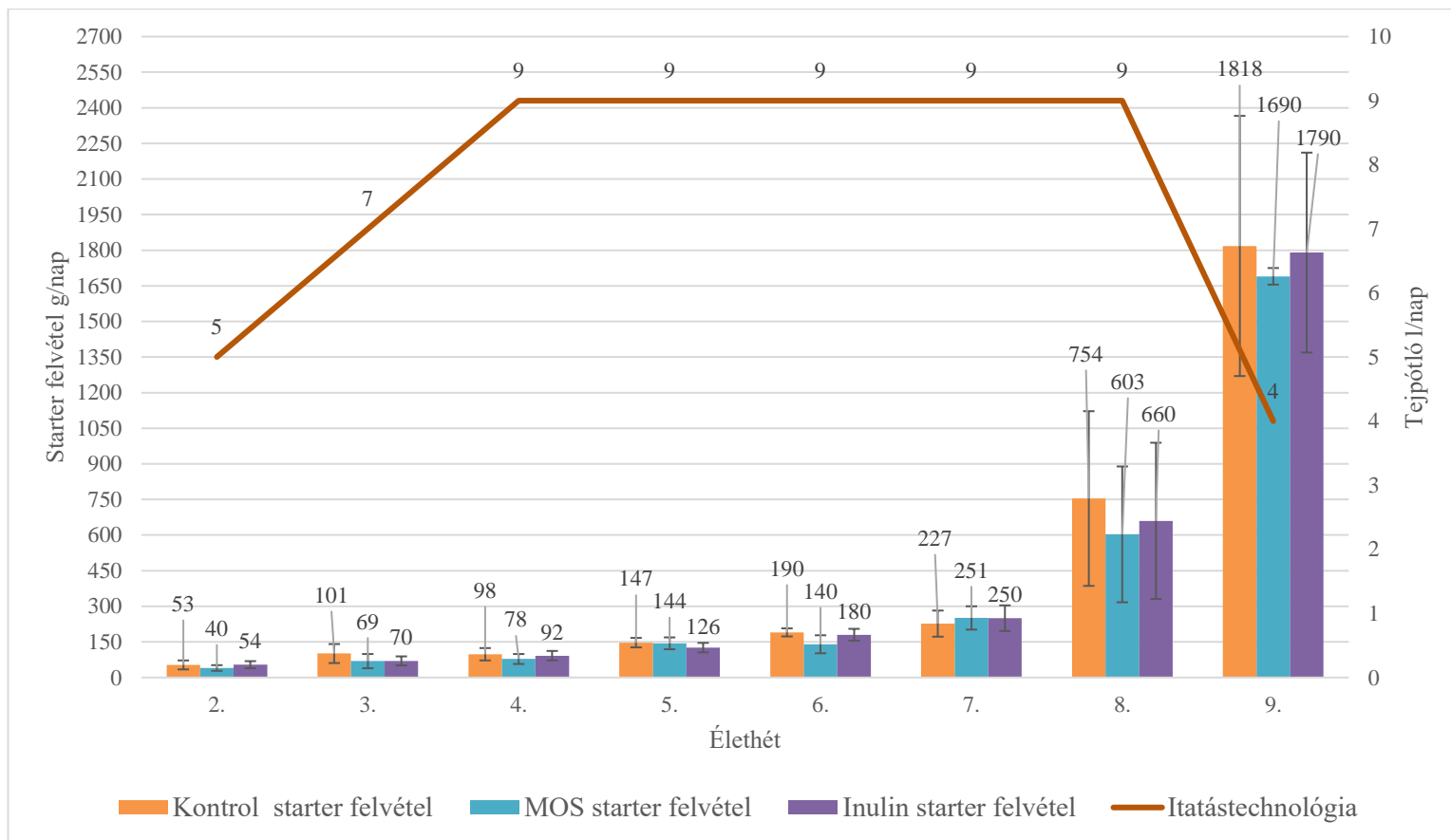
6.2.1 A borjak takarmányfelvétele és testtömeg-gyarapodása

A tejpótló prebiotikummal való kiegészítése nem befolyásolta a borjak szilárd takarmányfelvételét egyik élethéten sem (6. ábra). A választást követő, 9. élethéten a borjak abrakfelvétele mindhárom csoportban 1600 és 2000 g/nap között volt, ami megfelel az NRC (National Research Council, 2001) által ajánlott szárazanyag-felvételnek, amivel a borjú biztosítani tudja a létfenntartás és a növekedés energiaigényét a tejpótló nélkül is. A prebiotikumok etetésekor nem változott a borjak élőtömege és napi testtömeg-gyarapodása egyik adagolt dózis esetében sem (15. táblázat). Tehát sem a vizsgálat elején (0-21) adagolt 12 g prebiotikum, sem a 21. naptól a 24 g/nap prebiotikum nem befolyásolta a borjak fejlődését.

15. táblázat: A testtömeg (kg) és a napi testtömeg-gyarapodás (g/nap) változása a tejpótlóval adagolt MOS- illetve inulin-kiegészítés hatására

Kor (nap)	Kontroll	MOS	Inulin	SEM	P
Testtömeg (kg)					
0	39,5 ± 4,2	39,0 ± 2,7	38,8 ± 3,9	0,53	NS
14	44,9 ± 3,4	43,6 ± 4,4	43,5 ± 2,7	0,53	NS
21	49,3 ± 4,1	49,3 ± 3,6	46,9 ± 4,2	0,65	NS
60	77,0 ± 8,6	77,4 ± 7,1	75,6 ± 3,7	1,02	NS
Testtömeg-gyarapodás (g/nap)					
0-14	380 ± 200	320 ± 210	320 ± 210	28,81	NS
15-21	620 ± 380	600 ± 270	490 ± 330	51,10	NS
22-60	710 ± 180	720 ± 170	730 ± 120	24,22	NS
0-60	620 ± 110	630 ± 120	600 ± 80	16,30	NS

NS = nem szignifikáns



6. ábra Az indítótáp-felvétel (g/nap) változása a tejpótlóval adagolt MOS- illetve inulin-kiegészítés hatására - 2. kísérlet

Morrison és mtsai (2010), *Heinrichs és mtsai* (2013) 10 g/nap, illetve 1 g/nap MOS-kiegészítés esetében nagyobb takarmányfelvételt figyeltek meg, mint az általunk mért adatok. Vizsgálatunkban a csoportok abrakfelvétele nem tért el szignifikáns mértékben egymástól. Fontos megjegyezni, hogy a kísérletünkben mért takarmány-felvétel (0-60 nap) kisebb más szerzők (*Hill és mtsai*, 2008; *Morrison és mtsai*, 2010; *Uzmay és mtsai*, 2011) által mért értékeknél. Ennek oka a borjak tejpótló-ellátásának különbségében keresendő. *Morrison és mtsai* (2010) illetve *Hill és mtsai* (2008) vizsgálatukban naponta 600-680 g 21% fehérje tartalmú tejpótlót biztosítottak a borjaknak, ellentétben a mi vizsgálatunkkal, melyben 725-1305 g 24% fehérjetartalmú tejpótlót vettek fel a borjak.

A kontroll és a kezelt csoportok testtömeg-gyarapodásában nem találtunk szignifikáns különbséget, ami eltér a korábbi irodalmi adatoktól (*Masanetz és mtsai*, 2010; *Gosh és Mehla*, 2011; *Król*, 2011; *Heinrichs és mtsai*, 2013). A felsorolt szerzők eredményei szerint az inulin, illetve a MOS növeli a napi testtömeg-gyarapodást. Az általunk mért és számolt értékek megfelelnek a szakirodalmi adatoknak, amelyek a már említett eltérő itatási technológiákból eredően széles skálán változnak. *Hill és mtsai* (2008), *Uzmay és mtsai* (2011), *Da Silva és mtsai* (2012) valamint *Kara és mtsai* (2015) által mért testtömeg-gyarapodás elmarad a kísérletünkben talált értéktől. Ennek oka lehet a kísérletekben alkalmazott eltérő itatástechnológia és az ebből eredő eltérő táplálóanyag-ellátás.

6.2.2. A bélsár mikrobióta összetétele

A prebiotikumok nem befolyásolták az *E. coli* és *coliformok*, valamint a *Lactobacillusok* számát a bélsárban (16. táblázat). A *Clostridiumok* az inulint fogyasztó borjak bélsárában nagyobb mennyiségben voltak jelen, mint a kontroll és a MOS csoporthoz tartozó borjakéban. Az inulin a MOS-hoz képest

növelte a *Bacteroidetes*ek számát, de az eltérés a kontrollcsoport adataihoz képest nem jelent szignifikáns eltérést. Az inulinnal kiegészített tejpótlót fogyasztó borjak bélsarában az anaerob csíraszám nagyobb volt, mint a MOS-kiegészítésben részesülőké, de egyik csoport sem különbözött a kontrollcsoporttól. Az aerob csíraszám is az inulin etetésekor nőtt a bélsárban a kontrollcsoport értékeihez viszonyítva. A MOS nem volt hatással erre a paraméterre. A borjak életkorát tekintve megállapítható, hogy a 15. naphoz viszonyítva a 30. életnapon szignifikánsan kisebb volt a bélsár *Clostridium* és összes aerob csíraszám. Kezelés-idő interakció egyik vizsgált értékben sem volt megfigyelhető.

Az itatásos borjak felnevelése alatt biztosított 12 és 24 g/nap prebiotikum-kiegészítés befolyásolta a bélmikrobióta-összetételét. A MOS szignifikánsan csökkentette az anaerob baktériumok és a *Bacteroidetes*ek számát az inulinhoz képest, míg az inulin növelte az összes aerob csíraszámot, valamint a *Clostridium* mennyiségét a kontrollcsoportéhoz képest.

A 15. táblázatban összefoglalt változások megfelelnek *Kara és mtsai* (2015) azon észrevételeinek, hogy 7 g/nap MOS-kiegészítésnek nincs hatása a bélsár *Clostridium perfringens*, illetve *E. coli* tartalmára, egyúttal ellentmond *Gosh és Mehla* (2011) megállapításának arról, hogy 4 g/nap MOS csökkenti a bélsárban a *coliformok* számát. A MOS-kiegészítés hatására egyik mikrobióta előfordulásában sem találtunk változást a kontrollcsoportéhoz képest. *Huebner és mtsai* 2007-ben *in vitro* kísérletükben megállapították, hogy az inulin szignifikánsan ($P < 0,05$) növelte a *Lactobacillus paracasei* szaporodását, míg csökkentette az *E. coli*-ét. Nem találtunk irodalmi adatot arra vonatkozóan, hogy az inulin növelné a *Clostridiumok* előfordulását itatásos borjak bélsárában. Vélhetően, a *Clostridium* számában bekövetkezett változás következménye, hogy különbség volt mérhető az összes anaerob csíraszámban is az inulin-kiegészítés esetén. Eredményeink, alátámasztják azt az állítást, hogy a prebiotikumok képesek változtatni a bélmikrobióta összetételén.

16. táblázat: A bélsár mikrobióta összetételének változása a tejpótlóval adagolt MOS, illetve inulin hatására, eltérő vizsgálati időpontban (log-10 CFU¹)

Paraméter	Kezelés			Kor (nap)		P		
	Kontroll	MOS	Inulin	15	30	Kezelés	Kor	Kezelés x Kor
<i>E. coli</i> +coliform	7,00±1,13	7,09±0,83	7,57±0,87	7,27±1,08	7,17±0,88	NS	NS	NS
<i>Clostridium</i>	4,14±1,01 ^a	3,85±1,02 ^a	5,21±1,73 ^b	4,90±1,34 ^a	3,84±1,24 ^b	*	***	NS
<i>Bacteroidetes</i>	8,84±0,65 ^{ab}	8,59±0,70 ^a	9,10±0,56 ^b	8,77±0,66	8,92±0,67	*	NS	NS
<i>Lactobacillus</i>	8,52±0,99	8,52±0,73	9,07±0,58	8,83±0,78	8,56±0,84	NS	NS	NS
Anaerob összcsíra	10,03±0,69 ^{ab}	9,88±0,51 ^a	10,31±0,32 ^b	10,03±0,65	10,13±0,40	*	NS	NS
Aerob összcsíra	7,99±0,93 ^a	8,09±0,62 ^{ab}	8,53±0,75 ^b	8,47±0,86 ^a	7,94±0,66 ^b	*	**	NS

¹CFU = colony forming unit = telepképző egység

^{a, b} A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek a csoportok között P<0,05 szinten

* P<0,05; ** P<0,01, *** P<0,001, NS = nem szignifikáns

Korábbi kutatásokban (*Ishihara és mtsai, 2001; Uyeno és mtsai, 2013; He és mtsai, 2017*) igazolták, hogy borjakban jelentősen változik a bélsár baktérium összetétele az életkorral összefüggésben. Általánosságban elmondható, hogy csökken a *Lactobacillusok* (*Ishihara és mtsai, 2001; Uyeno és mtsai, 2010; Uyeno és mtsai, 2013*), valamint az *E. coli* és a *Bacteroidetesek* száma (*Ishihara és mtsai, 2001; He és mtsai, 2017*). Ezen eredményekkel ellentétben, kísérletünkben az *E. coli*, a *Lactobacillus*, illetve a *Bacteroidetes* számában nem találtunk eltérést a 15. és 30. életnap között. *Ishihara és mtsai (2001)* megállapítása egyezik az általunk mért adatokkal, tehát az itatásos borjú életének első négy hetében a *Clostridium* száma az életkor előrehaladtával csökken. Az általunk mért korral összefüggő összes aerob csíraszám változására nem találtunk irodalmi adatot.

6.2.3. A vérkémiiai paraméterek változása

A borjak 30. és 60. napos életkorában vett vérmintákban mért paraméterek koncentrációját a 17. táblázat tartalmazza. Az inulin-kiegészítés hatására a borjakban kisebb volt az összfehérje koncentrációja, mint a másik két csoportban. A prebiotikumok etetésekor nem változott az albumin, a koleszterin, a glükóz, a triglicerid és a karbamid értéke.

A vér összfehérje és karbamid értékei a 30. napról a 60. napra emelkedtek, míg a glükóz és az albumin koncentrációja csökkent ezen időszak alatt.

Egyik vizsgált értékben sem volt megfigyelhető kezelés - idő interakció.

A kezeléseknak nem volt hatása az állatok vérszérumának glükóz-szintjére, ami megegyezik *Da Silva és mtsai (2012)* eredményeivel: a tejítetés ideje alatt 4 g MOS-kiegészítés nem befolyásolta az állatok glükóz koncentrációját. Ellentmond azonban *Król (2011)* adatainak, miszerint 2 és 4 g/nap MOS etetésekor nőtt a vér glükózszintje, míg ugyanilyen mennyiségű inulin-kiegészítés csökkentette a karbamid koncentrációját. Vizsgálataink során a kezelések hatására csupán a vér összfehérje-tartalmában találtunk szignifikáns

eltérést, amely mindkét mintavételi időpontban az inulint fogyasztó állatokban volt a legkisebb. Inulin etetésekor a malacok fehérjeforgalmában *Brambillascia és mtsai* (2015) csökkent N-retenciót igazoltak, ami arra utal, hogy a felszívódott aminosavakból kevesebb fehérje szintetizálódik a szövetekben és több N ürül. Fontos megjegyezni, hogy az inulinos csoportban a mért, jól lehet kisebb érték, is beleesik az élettani határértékbe, ami 50-70 g/l (*Klinkon és Ježek*, 2012). Így hypoproteinaemiáról nem lehet szó, amit megerősít az a tény, hogy az ebbe a csoportba tartozó borjak testtömeggyarapodása nem tért el a másik két csoporttól.

Az életkorral összefüggő változások megfelelnek az irodalmi adatoknak. A vérszérum glükózsintjének csökkenése és a karbamid koncentrációjának emelkedése az életkornak megfelelően a borjakban élettani folyamatnak tekinthető, ami jelzi a bendőfermentációs folyamatok kialakulását (*Khan és mtsai*, 2007, 2008). A vérszérum összfehérje koncentrációja szintén az életkorral összefüggésben változik, ugyanis a borjak ezen értéke általában kisebb (50-70 g/l), mint a felnőtt állatoké (60-90 g/l) (*Klinkon és Ježek*, 2012).

17. táblázat: A vérklinikai kémiai paramétereinek változása a tejpótlóval adagolt MOS illetve inulin hatására, eltérő vizsgálati időpontban

Vérparaméter	Kezelés			Kor (nap)		P		
	Kontroll	MOS	Inulin	30	60	Kezelés	Kor	Kezelés x Kor
Albumin (g/l)	31,64±1,03	31,73±1,17	31,21±1,48	31,85±1,21 ^a	31,18±1,29 ^b	NS	**	NS
Koleszterin (mmol/l)	2,23±0,67	2,21±0,54	2,12±0,44	2,19±0,54	2,18±0,58	NS	NS	NS
Glükóz (mmol/l)	4,48±0,86	4,36±0,97	4,46±1,05	5,12±0,78 ^a	3,76±0,51 ^b	NS	***	NS
Összfehérje (g/l)	66,08±6,59 ^a	65,66±6,69 ^a	61,55±4,34 ^b	60,37±3,77 ^a	68,32±5,61 ^b	***	***	NS
Triglicerid (mmol/l)	0,39±0,14	0,48±0,22	0,40±0,20	0,48±0,24	0,39±0,12	NS	NS	NS
Karbamid (mmol/l)	4,65±2,28	4,80±2,74	4,64±2,39	2,39±0,38 ^a	6,98±1,00 ^b	NS	***	NS

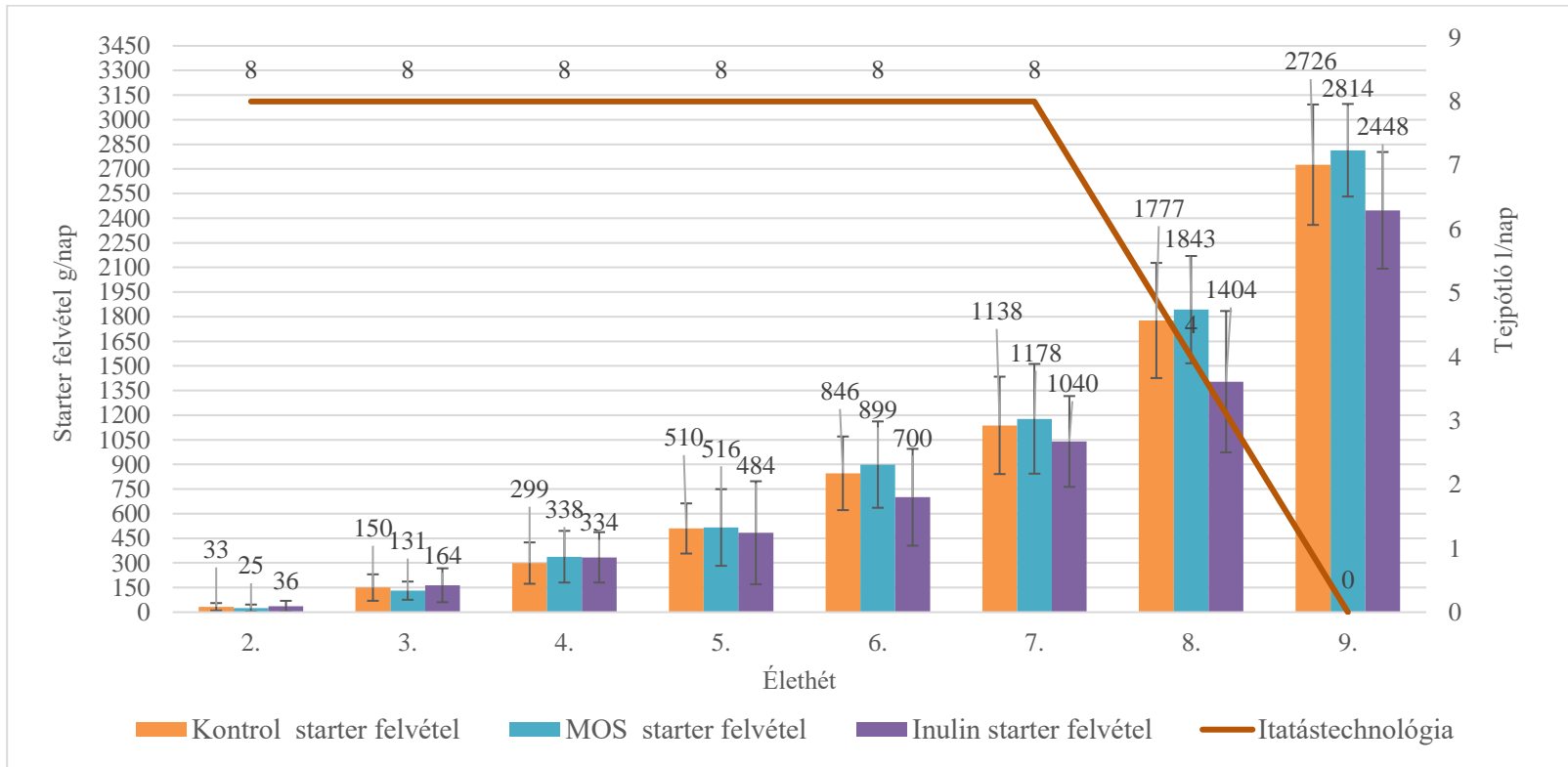
^{a, b} A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek a csoportok között P<0,05 szinten

** P<0,01; *** P<0,001; NS = nem szignifikáns

6.3. FÖCSTEJJEL, MAJD TEJPÓTLÓVAL ADAGOLT MOS-ÉS INULIN-KIEGÉSZÍTÉS HATÁSA A BORJAK TELJESÍTMÉNYÉRE, ÉLETTANI ÉS IMMUNOLÓGIAI PARAMÉTEREIRE (3. KÍSÉRLET)

6.3.1. A borjak takarmányfelvétele és testtömeg-gyarapodása

Egyik kezelés hatására sem találtunk változást az állatok abrak-felvételében (7. ábra). A teljes felnevelés ideje alatt (0-56 napos kor) a borjak átlagos napi indítótáp-felvétele a következőképpen alakult: Kontroll csoport 680 ± 142 g/nap, MOS-kiegészítés 660 ± 163 g/nap, inulin-kiegészítés 570 ± 185 g/nap. A borjak tejpótlóról való leválasztásának megkezdése előtt (7. élethét), a szilárd takarmány felvétel mindhárom csoportban meghaladta a napi 1 kg-ot, és a tejpótló elhagyása után (9. élethét) meghaladta a 2,4 kg-ot.



7. ábra A borjak indítótáp felvételének (g/nap) alakulása a főcstejjel, majd tejpotlóval adagolt MOS- illetve inulin-kiegészítéskor

Az élőtömegben nem találtunk szignifikáns különbséget a csoportok között egyik mérési időpontban sem (18. táblázat). Ugyanakkor az átlagos testtömeg-gyarapodásban az első két élethétben, a 28.-42. nap között, valamint a borjúnevelés teljes időszakában (0-56. nap) szignifikáns eltérést találtunk. A 0-14 nap közötti időszakban az inulin etetések szignifikánsan kisebb volt a borjak testtömeg-gyarapodása ($P < 0,05$) a kontrollcsoportéhoz képest. A növekedésben való lemaradásukat a borjak a későbbiekben már nem tudták kompenzálni. A vizsgálat teljes időszakát (0-56 nap) tekintve, az inulinos csoport borjainak napi testtömeg-gyarapodása 647 g volt, szemben a kontrollcsoport 776 g értékével ($P < 0,05$). A gyengébb növekedési eredmények köszönhetően a csoportok közül az inulinnal kezelt borjak testtömegének átlaga volt a legkisebb, jól lehet ez az eltérés nem jelentett szignifikáns különbséget egyik vizsgált életnapon sem. A MOS-kiegészítés a borjak növekedését nem befolyásolta, az értékek nem mutattak szignifikáns eltérést a kontrollcsoportéhoz viszonyítva.

Heinrichs és mtsai (2003), Terré és mtsai (2007), Morrison és mtsai (2010), Król (2011) valamint Ghosh és Mehla (2012) megállapításával szemben, azaz, hogy a 4-10 g MOS-kiegészítés kedvezően befolyásolja a borjak szilárd takarmány felvételét, a kísérletünkben alkalmazott 28 g/nap prebiotikum-kiegészítéskor nem találtunk változást. Eredményünk ugyanakkor megegyezik DaSilva és mtsai (2012) és Heinrichs és mtsai (2013) MOS-ra, valamint Masanetz és mtsai (2010) és Król (2011) inulinra vonatkozó adataival.

18. táblázat: A testtömeg (kg) és a napi testtömeg-gyarapodás (g/nap) változása a főcstejjel, majd tejpótlóval adagolt MOS- illetve inulin-kiegészítés hatására

Kor (nap)	Kontroll	MOS	Inulin	SEM	P
Élőtömeg (kg)					
0	36,22±4,32	39,00±3,40	39,11±3,26	0,71	NS
14	42,11±5,47	42,80±6,30	41,11±3,79	0,98	NS
28	50,33±5,15	51,70±4,64	50,22±4,24	0,86	NS
42	63,11±6,95	66,00±5,42	60,33±4,69	1,14	NS
56	79,56±8,53	81,90±6,36	75,56±6,60	1,40	NS
Átlagos testtömeg-gyarapodás (g/nap)					
0-14	421±297 ^a	383±193 ^{ab}	140±198 ^b	49,68	*
14-28	574±181	606±224	665±146	34,94	NS
28-42	936±243 ^{ab}	1014±230 ^a	738±192 ^b	46,38	*
42-56	1182±209	1121±221	1063±203	39,54	NS
0-56	776±129 ^a	761±69 ^{ab}	647±106 ^b	21,70	*

^{a, b} A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek a csoportok között P<0,05 szinten

* P<0,05;

NS = nem szignifikáns

Kaufhold és mtsai (2000) valamint *Verdonk és van Leeuwen* (2004) az inulin testtömeg-gyarapodást növelő hatásáról számoltak be. *Nargeskhani és mtsai* (2010), *Król* (2011), *Ghosh és Mehla* (2012) *Heinrichs és mtsai* (2013) ugyanezt a hatást a tejpótló MOS kiegészítésével érték el. Az előbbiekkal ellentétben kísérletünkben nem jelentkezett a 28 g/nap prebiotikum-kiegészítés testtömeg-gyarapodást fokozó hatása. Sőt, a napi 28 g inulin-kiegészítés esetén szignifikánsan kisebb volt a borjak testtömeg-gyarapodása. Korábbi kísérletek eredményeit áttekintve nem találtunk olyan adatot, mely szerint az inulin negatívan befolyásolja a borjak fejlődését. Mivel a vizsgálatainkat 0-14 napos életkor között végeztük, amikor a borjú még takarmányozási szempontból monogasztrikus állatnak tekinthető, érdekes lehet a megfigyelt hatást sertésekkel elvégzett vizsgálatok eredményeivel összehasonlítani. *Brambillascia és mtsai* (2015) 3% inulin-kiegészítés hatására csökkenő N retencióról számoltak be malacokkal végzett kutatásaikban. Ugyan a testtömeg-gyarapodásban nem találtak különbséget a csoportok között, a fehérjeemésztés hatékonyságának csökkenése magyarázat lehet arra

a növekedésben tapasztalt visszamaradásra, amit vizsgálatunkban az inulin-kiegészítés hatására a borjaknál tapasztaltunk. Mivel esetünkben a szokásostól jóval nagyobb dózisban kapták az állatok a kiegészítést, elgondolkodtató lehet *Adebola és mtsai* (2014), valamint *Metzler-Zebeli és mtsai* (2017) megfigyelése. A kutatók adatai szerint a nagy mennyiségű inulin olyan mértékben csökkenti a béltartalom pH-ját, amely már nem kedvez a bélben élő, eubiózisra jellemző főflórát alkotó baktériumok szaporodásának. Bár a kisebb mértékű testtömeg-gyarapodást magyarázhatná az előző állítás, azonban a 19. táblázatban feltüntetett, a bélsár mikrobióta tartalmát mutató eredményeink ellentmondanak ennek. Vizsgálatunkban a 15. napon az inulinnal kezelt állatok bélsárának *Bacteroidetes* és *Lactobacillus* száma nem marad el a többi csoportétól. Lehetséges, hogy az inulinnal kezelt borjak kisebb testtömeg-gyarapodását a gyengébb immunológiai státusz okozhatta, amelyet a 6.3.5. fejezetben részletesen elemzünk.

6.3.2. A bélsár mikrobióta összetétele

A 14 napos korig adagolt 28 g/nap MOS- illetve inulin-kiegészítés nem befolyásolta a bélsár *Clostridium*, *Bacteroidetes*, *Lactobacillus* számát, valamint az összes anaerob és összes aerob csíraszámot (19. táblázat). A bélsár *E. coli*, valamint *coliform* száma a MOS-kiegészítéssel itatott borjakban szignifikánsan nagyobb volt a kontroll és az inulinnal kezelt csoport értékeihez képest ($P < 0,05$).

Az életkor változásával összefüggésben növekedés figyelhető meg a *Bacteroidetesek* számában, míg az *E. coli*, *coliformok*, *Clostridium*, *Lactobacillusok* és az aerob csíraszám csökken a bélsárban.

A szakirodalmi adatok ellentmondásosak a tekintetben, hogy a borjakban a MOS és az inulin milyen módon befolyásolja a bélflóra összetételét. A több mint két évtizede végzett vizsgálatokban a tejpótlóval adagolt MOS csökkentette a bélsár *coliform* számát (*Newman és mtsai*, 1993). Egy másik

kísérletben (*Jacques és Newman, 1994*) kisebb *coliform* szám mellett a bélsárral ürített *E. coli* mennyiségében is csökkenést figyeltek meg. Ezzel egyezők *Ghosh és Mehla (2012)* kísérleti eredményei is naponta 4 g MOS-kiegészítés alkalmazása esetén. *Terré és mtsai (2007)* vizsgálatában az 1 hetes borjak bélsarában kisebb *Cryptosporidium* számot találtak a MOS etetés hatására. Ezzel szemben *Kara és mtsai (2015)* szerint a 7 g/nap MOS-kiegészítés nem elegendő a patogén baktériumok számának csökkentéséhez. Kísérletünkben az előző szerzők vizsgálatában alkalmazott mennyiségnél jóval nagyobb MOS-kiegészítés (28 g/nap) sem csökkentette a bélsárban az *E. coli* számot a kontrollhoz képest. A fenti állításokkal szemben, kísérletünkben a MOS-kiegészítéssel itatott állatok bélsarában mértük a nagyobb *E. coli* és *coliform* számot a kontroll és az inulinnal kezelt csoporthoz képest. Más paraméterekben nem tapasztaltunk eltérést a csoportok között, így nem tudjuk igazolni *Kara és mtsai (2015)* azon állítását, hogy a MOS-kiegészítés hatással lenne a *Lactobacillusok* számára a vastagbélben. Meg kell jegyezni, hogy a szakirodalomban nem találtunk olyan kísérleti metodikát, ahol egyrészt a prebiotikumot már a főcstejjel együtt adagolták volna, másrészt pedig nyomon követték volna a bélben élő mikrobióta változását. Jól lehet a prebiotikumok újszülött állatokban való alkalmazása fontos elem lehetne a borjak bélfloájának kialakításában. *Adebola és mtsai (2014)* véleménye szerint a prebiotikumok hatásának kulcsa az a pH csökkentő mechanizmus, amit a szacharolitikus bontás következtében felszabaduló illózsírsavak idéznek elő. Ez azonban egy kényes egyensúly, mert bizonyos mennyiség fölött olyan mértékben csökken a pH, amely már sem a patogének, sem a probiotikus baktériumok szaporodásának nem kedvez.

19. táblázat: A bélsár mikrobióta összetételének változása a főcstejjel és 14 napos korig adagolt MOS- illetve inulin-kiegészítés hatására (log₁₀ CFU¹/g)

Paraméter	Kezelés			Kor (nap)		P		
	Kontroll	MOS	Inulin	15	30	Kezelés	Kor	Kezelés x Kor
<i>E. coli</i>	6,82±1,07 ^a	7,66±1,04 ^b	6,92±0,97 ^a	7,50±1,01 ^a	6,76±1,00 ^b	**	*	NS
<i>E. coli</i> +coliform	6,84±1,06 ^a	7,70±1,00 ^b	7,02±0,96 ^a	7,55±0,99 ^a	6,83±1,02 ^b	**	**	NS
<i>Clostridium</i>	5,94±1,52	6,47±1,78	5,95±1,75	7,40±1,18 ^a	4,84±0,97 ^b	NS	***	NS
<i>Bacteroidetes</i>	8,80±0,67	8,71±0,85	8,56±0,82	8,28±0,87 ^a	9,10±0,35 ^b	NS	***	NS
<i>Lactobacillus</i>	8,94±0,95	8,99±0,68	9,08±0,99	9,60±0,55 ^a	8,40±0,71 ^b	NS	***	NS
Anaerob baktérium	10,32±0,25	10,26±0,17	10,32±0,24	10,29±0,26	10,31±0,17	NS	NS	NS
Aerob baktérium	8,53±1,04	8,73±0,98	8,76±1,21	9,43±0,76 ^a	7,92±0,76 ^b	NS	***	NS

¹CFU = colony forming unit = telepképző egység

^{a, b} A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek a csoportok között P<0,05 szinten

* P<0,05; ** P<0,01, *** P<0,001, NS = nem szignifikáns

6.3.3. Vérekémiai paraméterek változása

A vér albumin, koleszterin, összfehérje, triglicerid és karbamid koncentrációjában egyik kezelés sem eredményezett szignifikáns eltérést (20. táblázat). A borjak glükózsintje a MOS-kiegészítésű csoportban meghaladta az inulinnal kezeltékét, de egyik sem különbözik a kontrollcsoport állatainak értékeitől. A kreatinin koncentrációja mindkét prebiotikummal kiegészített csoportban szignifikánsan nagyobb a kontrollcsoportéhoz képest.

Az életkorral párhuzamosan minden vizsgált paraméter változott. A 4. napos korban vett mintákban mért értékekhez képest, függetlenül a kezeléstől, idősebb állatokban szignifikánsan nagyobb albumin-, koleszterin- és karbamid-koncentrációt mértünk. A többi vizsgált vérparaméter (bilirubin, glükóz, kreatinin, összfehérje, triglicerid) értékei csökkentek az életkor előrehaladtával, 4. és 34. napos kor között.

Az életkorral párhuzamosan csökkenő glükózsint a vérben fiziológiás jelenség, ami a bendő működésének változásával, a bendőfermentáció beindulásával függ össze. Az újszülött állatban a tejcukor bontásából származó és a vékonybélből felszívódó glükóz az elsődleges energiaforrás, míg a szilárd takarmány fogyasztásának növekedésével a bendőben keletkező illózsírsavak veszik át a glükóz szerepét (*Khan és mtsai, 2007, 2008*). Inulin hatására a MOS-hoz képest kisebb glükózsint feltehetően a fermentációra való gyorsabb átállásnak volt köszönhető.

Hízóbikákban az inulin-kiegészítés megváltoztatta a keletkező illózsírsavak arányát, több propionsav, vajsav és izovajsav keletkezett (*Tian és mtsai, 2019*). Az inulin, mint prebiotikum szelektíven gátolja, illetve serkenti a bendő mikrobióta összetevőnek szaporodását, illetve aktivitását, így befolyásolva a fermentáció mértékét és irányát.

A vér kreatinin szintjének csökkenése az életkorral, fiziológiás változást jelent. Ez részben a veseműködés javulásával, részben az izomtömeg növekedésével

függ össze (Mohri és mtsai, 2007). A vér kreatinin koncentrációját mindkét kiegészítés (MOS és inulin) szignifikánsan növelte a kontrollhoz képest, az értékek a fiziológiás határértékeken belül változtak (Klinkon és Ježek, 2012). Humán vizsgálatokban Baxmann és mtsai (2008) úgy találták, hogy pozitív korreláció van az egyén izomtömege és a szérum kreatinin értéke között. Esetünkben a kiegészítések okozta esetleges nagyobb izomnövekedés nem realizálódott nagyobb testtömeg-gyarapodásban, sőt, inulin-kiegészítés hatására a borjak növekedése szignifikánsan elmaradt a kontroll állatokétól. A vér bilirubin koncentrációja az újszülött borjakban jóval nagyobb mint 24. vagy 34. napos korban. Ennek oka a magzati vörösvérsejtek intenzív lebontása, illetve a májsejtekbe történő transzportot segítő ligandin alacsony koncentrációja. A bilirubinszint csökkenése a kor előrehaladtával élettani változásnak tekinthető (Probo és mtsai, 2019). A 4. napon a bilirubin szintje az inulinnal kezelt csoportban szignifikánsan kisebb volt a MOS-hoz képest. Emberben pre- és probiotikum együttes alkalmazásának (*Lactobacillus sporogenes* és inulin) hatására szignifikánsan kisebb vér bilirubin-koncentrációt mutattak ki. A pontos hatásmechanizmust még nem tárták fel, egyes proinflammatorikus citokinek mediátor szerepét feltételezik (Asemi és mtsai, 2017).

20. táblázat: A borjak klinikai kémiai vérparamétereinek változása a főcstejjel és 14 napos korrig adagolt MOS- illetve inulin-kiegészítés hatására

Vérparaméter	Kezelés			Életkor (nap)				P		
	Kontroll	MOS	Inulin	4.	14.	24.	34.	Kezelés	Kor	Kezelés x Kor
Albumin (g/l)	29,64±2,71	30,65±2,66	29,77±2,69	27,50±1,59 ^a	28,89±2,15 ^b	31,47±1,94 ^c	32,21±2,00 ^c	NS	***	NS
Bilirubin (mmol/l)	3,32±3,14	3,63±3,43	2,77±2,22	6,94±3,22 ^a	2,42±1,35 ^b	1,95±1,10 ^b	1,67±1,92 ^b	NS	***	*
Koleszterin (mmol/l)	1,92±0,60	1,80±0,65	1,66±0,55	1,27±0,22 ^a	1,39±0,41 ^a	2,17±0,44 ^b	2,35±0,41 ^b	NS	***	NS
Glükóz (mmol/l)	4,02±1,76 ^{ab}	4,28±1,79 ^a	3,35±2,01 ^b	5,31±1,60 ^a	3,94±1,89 ^b	3,52±1,79 ^{bc}	2,76±1,29 ^c	**	***	NS
Kreatinin (mmol/l)	58,55±11,23 ^a	69,64±13,01 ^b	65,83±14,92 ^b	69,21±14,64 ^a	63,93±15,43 ^{ab}	65,90±12,02 ^{ab}	58,97±11,41 ^b	*	**	NS
Összfehérje (g/l)	59,31±6,77	56,83±4,23	56,36±4,93	61,09±6,57 ^a	55,43±5,52 ^b	56,59±4,30 ^b	56,98±4,03 ^b	NS	***	NS
Triglicerid (mmol/l)	0,40±0,18	0,37±0,17	0,44±0,26	0,51±0,23 ^a	0,42±0,25 ^{ab}	0,36±0,17 ^b	0,32±0,13 ^b	NS	**	NS
Karbamid (mmol/l)	3,07±0,96	3,41±1,17	2,99±1,10	2,17±0,52 ^a	2,74±1,02 ^b	3,77±0,78 ^c	3,93±0,85 ^c	NS	***	NS

^{a, b, c} A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek a csoportok között P<0,05 szinten

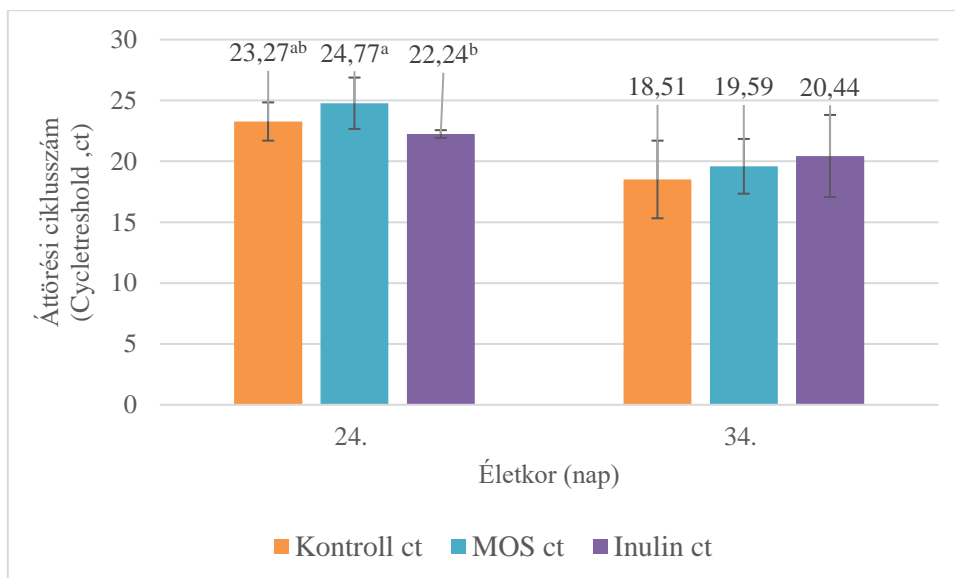
* P<0,05; ** P<0,01, *** P<0,001, NS = nem szignifikáns

6.3.4. Immunológiai vizsgálatok

Az inulinnal kezelt borjak IgG ellátottsága gyengébbnek bizonyult, mint a kontroll vagy MOS-sal kezelt borjaké (21. táblázat).

Az életkor szerint vizsgálva az értékeket a 21. táblázat adataiból látható, hogy a 2. napon mért IgG-szint nagyobb ($P < 0,05$) a 24. és a 34. napon mértnél.

A 14. illetve a 24. napon az OVA-val indukált immunválaszra kapott eredményeket a 22. táblázat foglalja össze. Az inulinnal kezelt borjak IL-6 citokin termelése elmarad a kontroll és MOS-al kezelt állatok citokin termelésétől ($P < 0,05$). Az OVA-specifikus IgG, az IL-1 β , IL-2 és IFN- γ citokinek nem mutattak kezeléstől függő változást.



8. ábra: MOS- illetve inulin-kiegészítés hatása a borjak IL-1 β citokin-termelésére*provokált immunválasz esetén

^{a, b} A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek a csoportok között $P < 0,05$ szinten

* Az interleukin szintet áttörési ciklusszámként (ct) adtuk meg. A kisebb ct érték nagyobb interleukin képzést jelent.

Bár nem volt megfigyelhető az immunológiai paramétereknél szignifikáns interakció a kezelés és idő összefüggésében, az inulin az első OVA oltást követően a 24. npra szignifikánsan növelte az IL-1 β termelést a MOS-hoz képest (8. ábra).

A 24. napon megismételt ovalbuminnal történő oltás hatására a 2. vérvétel időpontjára (34. nap) minden vizsgált paraméter növekedett.

A mikrobióta stabilitása az immuntolerancia felé mozdítja el a bélnyálkahártyán a védekezést. Ezt elsősorban a bélrendszerben az IgA-szint vizsgálatával lehet követni. Fiziológias körülmények között a vérben az IgA-szint alacsony, de a periférián az IgG-szint az IgA-val együtt változik. A borjak vérében az összes IgG-tartalom az életkor és a kezelés hatására is szignifikáns változást mutatott.

A borjak IgG-szintjének az életkorral összefüggő élettani változását az általunk mért értékek is igazolták. Ez az érték az ellést követően a maternális immunitás kimerülésével fokozatosan csökken, majd a 3. élethétől, ahogy erősödik az állat saját immunválasz készsége, újra növekedésnek indul (*Chase és mtsai*, 2008). Az átmeneti, kritikus időszakban a vérplazma IgG koncentrációja növelhető kis dózisú bélben aktív szénhidrátok (GAC, gut active carbohydrates), úgy, mint a MOS születés utáni bevitelével. *Hengartner* (2005) malacokban igazolta, hogy 48 órával a születést követően szájon át bevitt GAC hatására nőtt az IgG-szint. A feltételezések szerint a GAC segíti a kolosztrális IgG felszívódását a vékonybélben újszülött borjakban is (*Lazarevic és mtsai*, 2010). Az előbbi megfigyeléseket kísérleti eredményeink nem igazolták. A MOS-kiegészítés nem befolyásolta az IgG szintjét, az inulinos csoportban pedig kisebb immunglobulin-tartalmat találtunk a kontrollhoz és a MOS-hoz képest. Immunológiai vizsgálataink tervezésekor, *Lazarevic és mtsai* (2010) kísérletét vettük alapul, melyben 0,6 g/ttkg egyszeri, főcstejjel történt inulin-kiegészítést alkalmaztak. Ez az adag növelte a borjak vérében mérhető IgG értékét. Vizsgálatunkban hasonló dózisban (0,7 g/ttkg)

de 14 életnapig tartó kezelést alkalmaztunk, és nem tudtuk igazolni az inulin immunrendszert támogató hatását.

Az immunrendszer OVA-val történő provokálását követően az OVA specifikus IgG nem, a vizsgált citokinek közül pedig csak az IL-6 kifejező gén mutatott kezeléshatást, szintje kisebb volt az inulinnal kezelt csoportban.

Az interleukinek az immunválasz és sejtek közti kommunikáció fontos részét képező molekulák. Az IL-1, IL-2, IL-6 és IFN- γ nagy mennyiségben a gyulladásos folyamatok mediátorai is. Az IL-6 mind proinflammatorikus, mind gyulladásgátló citokinként egyaránt működhet. Makrofágok segítségével választódik ki és intracelluláris jelátviteli kaszkádokat indukálhat, amelyek gyulladásos citokinek termelését eredményezik. Az inulin adagolásakor az IL-6 termelésének hátterében állhat, hogy ez a prebiotikum csökkentette a kórokozó baktériumok számát (a MOS-hoz képest szignifikánsan csökkent az *E. coli* és a *coliformok* száma), és ennek eredményeként csökkenhetnek a gyulladásos folyamatok.

21. táblázat: Az összes IgG-tartalom változása a főcstejjel, majd tejpótlóval adagolt MOS- illetve inulin-kiegészítés hatására, eltérő vizsgálati időpontokban

Paraméter	Kezelés			Életkor (nap)						P		
	Kontroll	MOS	Inulin	1	2	4	14	24	34	Kezelés	Kor	Kezelés x Kor
Összes IgG	0,98±0,17 ^a	0,99±0,24 ^a	0,90±0,14 ^b	0,99±0,21 ^{ab}	1,04±0,16 ^a	0,99±0,21 ^{ab}	0,90±0,15 ^{ab}	0,88±0,16 ^b	0,92±0,21 ^b	*	*	NS

^{a, b} A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek a csoportok között P<0,05 szinten

* P<0,05; NS = Nem szignifikáns

22. táblázat: A 14. illetve 24. napon bőr alá adott ovalbuminnal kiváltott immunreakciót követően 24. és 34. napon mért paraméterek értékei

Paraméter	Kezelés			Életkor (nap)		P		
	Kontroll	MOS	Inulin	24.	34.	Kezelés	Kor	Kezelés x Kor
IgG	1,66±0,53	1,71±0,53	1,90±0,57	1,46±0,50	2,05±0,40	NS	***	NS
IL-1β ¹	20,89±3,45	22,18±3,41	21,26±2,71	23,49±1,82	19,42±2,97	NS	***	NS
IL-2 ¹	22,76±2,90	20,82±3,26	21,46±2,18	23,54±2,28	19,82±2,06	NS	***	NS
IL-6 ¹	13,96±2,85 ^a	14,05±3,09 ^a	16,84±2,78 ^b	16,57±1,73	13,34±3,42	*	***	NS
IFN-γ ¹	21,21±4,56	19,80±3,26	20,82±3,38	22,83±2,56	18,38±3,37	NS	***	NS

^{a, b} A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek a csoportok között P<0,05 szinten

* P<0,05; *** P<0,001, NS = Nem szignifikáns

¹Az eredmények kifejezési egysége áttörési ciklusszám (ct=cycle threshold)

7. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A borjak szilárd takarmányfelvételének növekedésére, vizsgálati eredményeink szerint, nagyobb hatást gyakorol a takarmánykeverék keményítő- illetve NDF-tartalma, mint a folyékony takarmánnyal itatott MOS- vagy az inulin-kiegészítés. A tejpótló tápszerrel különböző mennyiségben (18,7 vagy 28 g/nap) és ideig (60 nap vagy 14 nap) adagolt prebiotikumok (MOS, inulin) nem befolyásolják a takarmányfelvételt, testtömeg-gyarapodást, illetve a takarmányértékesítést. Nem sikerült igazolni a prebiotikumok, irodalomból ismert, a természetes mutatókra gyakorolt kedvező, hozamfokozó hatását az ott leírtaktól nagyobb dózisu alkalmazásuk esetén. A kísérleti eredményeink, valamint az irodalmi adatok alapján feltételezhető, hogy a prebiotikumok hozamfokozó hatását a napi adagon túl más tényezők is befolyásolják. Úgy vélem, hogy ha a kontrollcsoport termelési eredményei (testtömeg-gyarapodás, takarmányfelvétel) megfelelnek az alkalmazott takarmányozási technológia szerint elvárhatónak, a prebiotikum nem képes tovább növelni a teljesítményt. Ugyanakkor tekintettel kell lenni arra, hogy a MOS és az inulin a bélflóra stabilizálásával hozzájárulnak a borjak fejlődését negatívan befolyásoló környezeti tényezők okozta, a szervezet vitalitását csökkentő károk mérsékléséhez, illetve azok megelőzéséhez. Utóbbi miatt indokolt a prebiotikumok preventív célú adagolása.

A prebiotikumokkal folytatott kísérleteink bélsár mikrobióta összetételének vizsgálata során azt az összefüggést találtuk, hogy amíg a felnevelés teljes ideje alatt (60 nap) alkalmazott prebiotikumok esetén csupán a *Clostridium*, illetve az aerob baktériumok száma változott az életkor előrehaladtával, addig a 14. napig történő etetéskor az anaerob összes csíraszám kivételével minden egyéb vizsgált mikrobiológiai paraméter értéke változott az egyes mintavételi időpontokban. Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy a

prebiotikumok teljes itatási időszakra kiterjedő adagolásával mérsékelhetőek az életkorral, a bél mikrobióta összetételében bekövetkező változások.

A MOS bélsár mikrobiom összetételére és számára gyakorolt hatásának értékelésekor nem lehet kizárni, hogy a kapott eredmények háttérében a MOS adszorpciós tulajdonsága áll. A bélsár vizsgálatokor nem lehet elkülöníteni, hogy ténylegesen megnőtt a bél nyálkahártyán megtapadt és ott kolonizálódó patogén baktériumok száma, vagy a patogének ürítése azért fokozódott, mert a MOS nagyobb mértékben megkötötte azokat. Az állatok antigénterhelését tekintve súlyosabb problémát jelent az előbbi, a patogén baktériumok nagyobb mértékű kolonizációja. Erre vonatkozó vizsgálati módszerek összehasonlító elemzése segíthet pontosabban megismerni ezt a folyamatot.

Az eredmények felhasználhatóságára az alábbi javaslatok tehetők:

- Az élet első 5 hetében, a borjak indítótáp felvételének növelését elősegítendő a nagyobb keményítő- (28,5%) tartalom melletti kisebb NDF- (15,9%) tartalmú indítótáp alkalmazása javasolt.
- A borjak első két élethetében a napi 28 g inulin-kiegészítés alkalmazása, a testtömeg-gyarapodásra gyakorolt depresszív hatása miatt nem javasolt.
- A MOS, illetve az inulin hosszabb távú, a tejtítás teljes idejére kiterjedő alkalmazását (18,7 g/nap), a bél mikrobióta összetételének és számának kedvező változása indokolhatja.

8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A borjak életének első öt hetében a szilárd takarmányfelvételt befolyásolja a takarmánykeverékek keményítő- és NDF-tartalma. A nagyobb elérhető takarmányfogyasztás érdekében, ebben az időszakban előnyösebb, ha az indítótáp több keményítőt (28,5%) és kevesebb NDF-et (15,9%) tartalmaz.

2. A 60 napos, itatásos felnevelés során a tejpótló 18,7 g/nap MOS- illetve inulin-kiegészítése nem volt hatással a borjak testtömeg-gyarapodására, takarmányfelvételére, a bélsárban a *Lactobacillus*, az *E. coli + coliform*, illetve a *Bacteroidetes* számára, valamint a vizsgált klinikai kémiai vérparaméterekre.

3. A 60 napos életkorig a tejpótlóba kevert, napi 18,7 g inulin-kiegészítés a kontrollhoz viszonyítva szignifikánsan növelte a bélsárban a *Clostridium*, illetve az aerob baktériumok számát.

4. A borjak életének első két hetében a főcstej, illetve a tejpótló, napi 28 g inulinnal történő kiegészítése a kontrollhoz viszonyítva szignifikánsan csökkentette, a napi 28 g MOS-kiegészítés nem befolyásolta a borjak teljes felnevelési időszakára (1-56. nap) vonatkoztatott testtömeg-gyarapodását. A borjak takarmányfelvételére a teljes felnevelés időszakában egyik prebiotikum sem volt szignifikáns hatással.

5. A borjak életének első két hetében a főcstej, illetve a tejpótló, napi 28 g inulinnal történő kiegészítése esetén kisebb volt a borjak vérszérumában az összes IgG mennyisége. A 14. és 24. napon ovalbuminnal (OVA) provokált immunválaszkor a kontrollcsoporthoz viszonyítva sem az inulin sem a MOS nem befolyásolta az OVA specifikus IgG, valamint az IL-1 β , IL-2, illetve az IFN γ képződését. Az inulinnal kezelt csoport állataiban ugyanakkor az IL-6 kifejező gén mutatott kezeléshatást.

9. ÖSSZEFOGLALÁS

A három kísérletből álló doktori munka a borjúnevelés olyan területével foglalkozik, ami jelentős szerepet játszik az állatok fejlődésében, veszteségmentes felnevelésében, illetve bendőműködésének kialakulásában. Az itatásos borjúnevelés két kérdéskörére fókuszálva a borjú indítótáp eltérő szénhidrátforrásának, illetve a MOS és inulin prebiotikum hatását vizsgálták azonos szempontok szerint a borjak teljesítményén, az emésztőrendszer mikroflóra összetételén és vérkémiai paraméteren keresztül. A vizsgálatok mindegyikét a Bos-Frucht Agrárszövetkezet kazsoki tejelő tehenészetében, telepi körülmények között végezték.

Az 1. kísérletben hatvan Holstein Fríz (HF) üszőborjúval két, eltérő keményítő- illetve NDF-tartalmú starter tápot ("A", "B") etettek 45. napos korig. Az "A" indítótápban a nagyobb keményítőtartalom mellett kisebb volt az egyes rostfrakciók (NDF, ADF) mennyisége (28,5% keményítő és 16% NDF). A "B" pedig fordítva, kisebb keményítő tartalmú és nagyobb NDF-tartalmú volt (14,2% keményítő és 32,4% NDF). 46. naptól mind a két csoport a "B" (kisebb keményítő, nagyobb NDF) indítótápot fogyasztotta. Az 5. élethétig a nagyobb keményítő- (28,5%) és kisebb NDF- (16%) tartalmú ("A") starterből többet ettek meg, mint a kisebb keményítő (14,2%) és nagyobb NDF (32,4 %) tartalmúból. A vizsgálat első fázisában (7-45 nap) az „A/B” csoport borjainál mért nagyobb takarmányfelvétel nem okozott változást a kumulált takarmányfogyasztásban és a napi testtömeg-gyarapodásban. Az indítótáp eltérő NDF- és keményítőtartalma nem befolyásolta a 45. napon vett bendőfolyadék-mintákban a mikrobióta összetételét, a baktériumok mennyiségét, valamint nem volt hatással a bendőfolyadékban az ecetsav:propionsav arányára, illetve az összes SCFA és az ammónia koncentrációjára.

A 2. és 3. kísérletben 45, illetve 30 HF üszőborjúval eltérő mennyiségben (18,7 és 28 g/nap) és különböző ideig (itatásos borjúnevelés alatt [60 nap] és az első

14 életnapban) tejpótlóval adagolt MOS- illetve inulin-kiegészítés hatását tanulmányozták.

Arra keresték a választ, hogy a MOS, illetve az inulin eltérő koncentrációban, illetve különböző korban adagolva miként befolyásolja:

- a borjak testtömeg-gyarapodását, szilárd takarmányfelvételt;
- a bélsár mikrobióta összetételét;
- a vérkémiiai paramétereit (albumin, koleszterin, glükóz, összfehérje, triglicerid, karbamid, bilirubin, kreatinin).

Az első két életheten főcstejjel és tejpótlóval adagolt nagyobb mennyiségű (28 g/nap) MOS- illetve inulin-kiegészítéskor immunológiai paraméterek (IgG, OVA-val provokált immunválasz) változását is nyomon követték.

A MOS egyik alkalmazott mennyiségben sem befolyásolta a borjak szilárd takarmány felvételét, növekedését, vérkémiiai paramétereit. Az 1-14 napos életkor között napi 28 g MOS-kiegészítés hatására megnőtt a bélsár *E. coli* és *coliform* száma, valamint a borjak vérszérumának kreatinin értéke. 18,7 g/nap inulin-kiegészítés esetén nőtt a bélsárban a *Clostridium* és az aerob baktériumok száma, valamint csökkent a vérszérum összfehérjetartalma. 14 napos korig adagolt 28 g/nap inulin a kontrollcsoporthoz viszonyítva nem volt hatással a bélsár mikrobióta tartalmára. A felnevelés ideje alatt átlagosan 18,7 g/nap inulin-kiegészítés nem befolyásolta a szilárd takarmány felvételt, valamint a testtömeg-gyarapodást. Ugyanakkor az 1-14 nap között a nagyobb mennyiségben (28 g/nap) adott inulin csökkentette a borjak testtömeg-gyarapodását.

Az összes IgG-tartalom ugyancsak kisebb volt 28 g/nap inulin-kiegészítés esetén. A 14. és 24. napon ovalbuminnal (OVA) provokált immunválaszként az OVA specifikus IgG nem változott, a vizsgált citokinek közül (IL-1 β , IL-2, IL-6, IFN- γ) pedig az IL-6 kifejező gén mutatott kezelés hatást, szintje az inulinnal kezelt csoportban kisebb volt.

Az eredmények felhasználhatóságára az alábbi javaslatok tehetők:

- Az élet első 5 hetében, a borjak indítótáp felvételének növelését elősegítendő a nagyobb keményítő- (28,5%) tartalom melletti kisebb NDF- (15,9%) tartalmú indítótáp alkalmazása javasolt.
- A borjak első két élethetében a napi 28 g inulin-kiegészítés alkalmazása, a testtömeg-gyarapodásra gyakorolt depresszív hatása miatt nem javasolt.
- A MOS, illetve az inulin hosszabb távú, a tejitatás teljes idejére kiterjedő alkalmazását (18,7 g/nap), a bél mikrobiota összetételének és számának kedvező változása indokolhatja.

10. SUMMARY

In the doctoral thesis consisting of three experiments, the efficiency of feeding methods, which play a significant role in the growth and lossess in rearing of calves, and in the development of rumen function, was investigated. Focusing on two issues of calf rearing, the effect of different carbohydrate sources in calf starter diet and effects of prebiotics (MOS and inulin) were studied according to the same experimental design on calf performance, ruminal and intestinal microflora and some clinical chemical parameters. All studies were performed on the dairy farm of Bos-Frucht Agricultural company on Kzsok under field conditions.

In Experiment 1, 60 HF heifer calves were fed two type of starter diet („A”, „B”) with different starch and NDF contents until day 45. In the diet „A” there were bigger starch and lower fiber (NDF, ADF) content (starch 28.5%, NDF 16%). Conversely, "B" had a lower starch content and a higher NDF content (starch 14.2%, NDF 32.4%). From day 46 both groups consumed the “B” (less starch, more NDF) diet. By 5 weeks of age, calves were prefer to eat the diet with a higher starch (28.5%) and lower NDF (16%) content ("A") than the lower starch (14,2%) and higher NDF (32,4 %) diet. Higher feed intake measured during the first period (7-45 day) in group A/B had no effect on body weight at weaning. The different NDF and starch contents of the starter diet did not affect the composition of the microbiota, bacteria number in the rumen fluid samples taken on day 45, nor did it affect the molar ratio of volatile fatty acids or the concentration of total volatile fatty acids and ammonia.

In Experiments 2 and 3, the effects of MOS and inulin supplementation with different doses (18.7 and 28 g/day) and different time (during liquid feeding period [60 days] and the first 14 days of life) of 45 and 30 HF heifers were studied.

They sought to answer how MOS and inulin, when administered at different concentrations and at different ages, affect the:

- daily weight gain, starter feed intake;
- the composition of the microbiota of the faeces;
- some clinical chemical parameters of blood (albumin, cholesterol, glucose, total protein, triglyceride, urea, bilirubin, creatinine).

During the first two weeks of life, changes in immunological parameters (IgG, OVA-provoked immune response) were also monitored during higher doses (28 g/day) of MOS and inulin supplementation with colostrum and milk replacer.

MOS had no effect on feed intake, daily gain or clinical chemical parameters of the calves in any of the applied amounts. Between 1 and 14 days of age, 28 g/day of MOS supplementation increased the faecal *E. coli* and *coliform* counts and the serum creatinine of calves.

18.7 g/day of inulin supplementation resulted in an increase in the number of *Clostridium* and aerobic bacteria in the faeces and a decrease in serum total protein. A dose of 28 g/day of inulin administered up to 14 days of age had no effect on faecal microbiota content compared to control. An average of 18.7 g/day of inulin supplementation during rearing did not affect feed intake or weight gain. However, inulin given in larger amounts (28 g/day) between 1–14 days reduced the weight gain of calves.

Total IgG levels were also lower at 28 g/day inulin supplementation. OVA-specific IgG did not change as an immune response provoked by ovalbumin (OVA) on days 14 and 24, and among the cytokines tested (IL-1 β , IL-2, IL-6, IFN- γ) level of the IL-6-expressing gene was lower in the inulin-treated group.

The following suggestions can be made for the usability of the results:

- In the first 5 weeks of life, in order to increase the feed intake of calves, it is recommended to use a diet with a lower NDF content (15.9%) in addition to a higher starch (28.5%) content.

- The use of 28 g of inulin supplementation per day for the first two weeks of life in calves is not recommended due to its depressive effect on body weight gain.
- Longer-term use of MOS or inulin over the entire dairy period (18.7 g/day) may be justified by a favourable change in the composition and number of intestinal microbiotas.

11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőimnek, Prof. Dr. Kovács Melinda akadémikus Asszonynak és Prof. Dr. Fébel Hedvignek munkáját, akik a vizsgálataimmal kapcsolatban rendkívül sok és hasznos javaslattal, értékes tanáccsal láttak el. Segítették az eredményeim közlését, nemzetközi folyóiratban való publikálását, valamint a disszertáció elkészítését.

Köszönöm a segítséget a Kaposvári Egyetem Mikotoxinok az Élelmiszerláncban Kutatócsoport összes dolgozójának, különösen Bóta Brigittának a mikrobiológia vizsgálatok során végzett precíz munkáját.

Szeretném megköszönni Dr. Kövér Györgynek a statisztikai kérdések megértésében és megválaszolásában nyújtott segítségét.

Köszönöm a Bos-Frucht Agrárszövetkezet kasszoki dolgozóinak és vezetőinek, kiváltképp Bakos Gábornak és Gyebnár Zsoltnak a szakmai támogatást, illetve a kísérletek elvégzéséhez való hozzájárulást, a munkaerő, az állatállomány és az eszközök biztosítását.

Köszönöm az UBM Kft-nek a takarmányozásban és a prebiotikumok biztosításában nyújtott támogatását.

Köszönettel tartozom családomnak az inspirálásért, szeretetteli biztatásukért és türelmükért.

A disszertáció elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

12. IRODALOMJEGYZÉK

1. Adebola O. O., Corcoran O., Morgan W. A. (2014) Synbiotics: the impact of potential prebiotics inulin, lactulose and lactobionic acid on the survival and growth of lactobacilli probiotics. *Journal of Functional Foods* 10. 75–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.05.010>
2. Asemi Z., Aarabi M. H., Hajijafari M., Alizadeh S. A., Razzaghi R., Mazoochi M., Esmailzadeh A. (2017) Effects of synbiotic food consumption on serum minerals, liver enzymes and blood pressure in patients with type 2 diabetes: a double blind randomized cross-over controlled clinical trial. *International Journal of Preventive Medicine* 8. 43. DOI: https://doi.org/10.4103/ijpvm.ijpvm_257_16
3. Bach V., Clausen M. R., Edelenbos M. (2015) Production of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) and impact on inulin and phenolic compounds. *Processing and Impact on Active Components in Food* 97–102. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00012-3>
4. Baldwin R. L., Vi McLeod K. R., Klotz J. L., Heitmann R. N. (2004) Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *Journal of Dairy Science* 87. 55–65. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70061-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70061-2)
5. Baxmann A. C., Ahmed M. S., Marques N. C., Menon V. B., Pereira A. B., Kirsztajn G. M., Heilberg I. P. (2008) Influence of muscle mass and physical activity on serum and urinary creatinine and serum cystatin C. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology* 3. 2. 348–354. DOI: <https://doi.org/10.2215/cjn.02870707>
6. Belanche A., de la Fuente G., Pinloche E., Newbold C. J., Balcells J. (2012) Effect of diet and absence of protozoa on the rumen microbial community and on the representativeness of bacterial fractions used in the determination of microbial protein synthesis. *Journal of Animal Science* 90. 3924–3936. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4802>
7. Berge A. C. (2016) A meta-analysis of the inclusion of Bio-Mos® in milk or milkreplacer fed to dairy calves on daily weight gain in the pre-weaning period. *Journal of Animal Research and Nutrition* 1. 20. DOI: <https://doi.org/10.21767/2572-5459.100020>
8. Biesheuvel M. H., Biiker P. G. H., Urlings H. A. P. (1991) Some aspects of the gastrointestinal microflora of veal calves fed different rations - a pilot study. *The Veterinary Quarterly* 13. 97–104. DOI: <https://doi.org/10.1080/01652176.1991.9694291>
9. Brambillasca S., Zunino P., Cajarville C. (2015) Addition of inulin, alfalfa and citruspulp in diets for piglets: influence on nutritional and faecal parameters, intestinal organs, and colonic fermentation and bacterial populations. *Livestock Science* 178. 243–250. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.06.003>

10. Broderick G. A., Kang J. H. (1980) Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science* 63. 64–75. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(80\)82888-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(80)82888-8)
11. Chase C. C., Hurley D. J., Reber A. J. (2008) Neonatal immune development in the calf and its impact on vaccine response. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 24. 1. 87–04. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.11.001>
12. Crowther J. R. (2002) *The ELISA Guide book Methods in Molecular Biology in: Human Press*
13. Da Silva J. T., Bittar C. M., Ferreira L. S. (2012) Evaluation of mannan-oligosaccharides offered in milkreplacers or calf starters and their effect on performance and rumen development of dairy calves. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41. 746–752. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1516-35982012000300038>
14. Diaz M. C., Van Amburgh M. E., Smith J. M., Kelsey J. M., Hutten E. L. (2001) Composition of growth of Holstein calves fed milkreplacer from birth to 105-kilogram body weight. *Journal of Dairy Science* 84. 830–842. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(01\)74541-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(01)74541-9)
15. Donovan D. C., Franklin S. T., Chase C. C. L., Hippen A. R. (2002) Growth and health of holstein calves fed milkreplacers supplemented with antibiotics or enteroguard. *Journal of Dairy Science* 85. 4. 947–950. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(02\)74153-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(02)74153-2)
16. Firon N., Ofek I., Sharon N. (1983) Carbohydrate specificity of the surface lectins of *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia* and *Salmonella typhimurium*. *Carbohydrate Research* 120. 235–249. DOI: [https://doi.org/10.1016/0008-6215\(83\)88019-7](https://doi.org/10.1016/0008-6215(83)88019-7)
17. Flickinger E. A., Van Loo J., JrFahey G. C. (2003) Nutritional responses to the presence of inulin and oligofructose in the diets of domesticated animals: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 43.1. 19–60. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408690390826446>
18. Foote M. R., Nonnecke B. J., Beitz D. C., Waters W. R. (2007) High growth rate fails to enhance adaptive immune responses of neonatal calves and is associated with reduced lymphocyte viability. *Journal of Dairy Science* 90. 404–417. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72641-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72641-3)
19. Ghosh S., Mehla R. K. (2012) Influence of dietary supplementation of prebiotics (mannanoligosaccharide) on the performance of crossbred calves. *Tropical Animal Health and Production* 44. 617–622. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9944-8>
20. Giannella R. A. (1983) *Escherichia coli* heat stable enterotoxin: Biochemical and physiological effects in the intestine. *Progress in Food and Nutrient Science* 7. 147–153.

21. Gibson C. R., Roberfroid M. B. (1995) Dietary modulation of human colonic microflora: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition* 125. 6. 401. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>
22. Gibson C. R., Roberfroid M. B. (2008) *Handbook of Prebiotics*. CRC Press.
23. Gulliksen S. M., Lie K. I., Løken T., Østerås O. (2009) Calf mortality in Norwegian dairy herds. *Journal of Dairy Science* 92. 2782–2795. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1807>
24. Guzman C. E., Bereza-Malcolm L. T., De Groef B., Franks A. E. (2015) Presence of selected methanogens, fibrolytic bacteria, and proteobacteria in the gastrointestinal tract of neonatal dairy calves from birth to 72 hours, *PLoS ONE* 10. 7 e0133048
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133048>
25. He Z. X., Ferlisi B., Eckert E., Brown H. E., Aguilar A., Steele M. A. (2017) Supplementing a yeast probiotic to preweaning Holstein calves: feed intake, growth and fecal biomarkers of gut health. *Animal Feed Science and Technology* 226. 81–87.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.02.010>
26. Heinrichs A. J., Jones C. M., Heinrichs B. S. (2003) Effects of mannanoligosaccharide or antibiotics in neonatal diets on health and growth of dairy calves. *Journal of Dairy Science* 86. 4064– 4069. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(03\)74018-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(03)74018-1)
27. Heinrichs A. J., Jones C. M., Elizondo-Salazar J. A., Terrill S. J. (2009) Effects of a prebiotic supplement on health of neonatal dairy calves. *Livestock Science* 125. 149–154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.04.003>
28. Heinrichs A. J., Jones C. M., Heinrichs B. S. (2013) Fecal and saliva IgA secretion when feeding a concentrated mannanoligosaccharide to neonatal dairy calves. *The Professional Animal Scientist* 29. 457–462. DOI: [https://doi.org/10.15232/s1080-7446\(15\)30266-7](https://doi.org/10.15232/s1080-7446(15)30266-7)
29. Hengartner M. (2005) Cellbiology: divide and conquer. *Nature* 433. 7027. 692–694. DOI: <https://doi.org/10.1038/433692a>
30. Herrera-Saldana R. E., Hubert J. T., Poore M. H. (1990) Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. *Journal of Dairy Science* 73. 2386–2393. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(90\)78922-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(90)78922-9)
31. Hill T. M., Bateman H. G., Aldrich J. M., Schlotterbeck R. L. (2008) Oligosaccharides for dairy calves. *The Professional Animal Scientist* 24. 460–464. DOI: [https://doi.org/10.15232/s1080-7446\(15\)30881-0](https://doi.org/10.15232/s1080-7446(15)30881-0)
32. Hill C., Guarner F., Reid G., Gibson R. G., Merenstein J. D., Pot B., Morelli L., Canani R. B., Flint H. J., Slminen S., Calder P. C., Sanders M. E. (2014) The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the

- term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology* 11. 8. 506–514. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
33. Holstein Fríz Tenyésztők Egyesülete, Laktációs termelések 2019-ig: <https://www.holstein.hu/teb/orsz/lakt.pdf>
 34. Hooge D. M. (2006) MOS may boost calf gain. *Feedstuffs* 79. 19.
 35. Huebner J., Wehling R. L., Hutkins R. W. (2007) Functional activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal* 17. 770–775. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.10.006>
 36. Huang Q., Wei Y. L. V. Y., Wang Y., Hu T. (2015) Effect of dietary inulin supplements on growth performance and intestinal immunological parameters of broiler chickens. *Livestock Science* 180. 172–176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.07.015>
 37. Ishihara N., Chu D. C., Akachi S., Juneja L. R. (2001) Improvement of intestinal microflora balance and prevention of a digestive and respiratory organ disease in calves by green tea extracts. *Livestock Production Science* 68. 217–229. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(00\)00233-5](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(00)00233-5)
 38. Ito T., Kodama M. (1994) Detection of bovine interleukin 1 alpha and interleukin 1 beta gene expression by reverse transcription-polymerase chain reaction. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 40. 93–103.
 39. Jacques K. A., Newman K. E. (1994) Effect of oligosaccharide supplements to milkreplacer on calf performance and health preweaning. *Journal of Animal Science* 72. 295.
 40. Jasper J., Weary D. M. (2002) Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. *Journal of Dairy Science* 85. 3054–3058. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(02\)74391-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(02)74391-9)
 41. Jiao J., Huang J., Zhou C., Tan Z. (2015) Taxonomic identification of ruminal epithelial bacterial diversity during rumen development in goats. *Applied and Environmental Microbiology* 81. 10. 3502–3509. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.00203-15>.
 42. Kara C., Orman A., Gencoglu H., Kovanlıkaya A., Meral Y., Cetin I., Yıbar A., Kasap S., Turkmen I., Deniz G. (2012) Effects of inulin supplementation on selected faecal characteristics and health of neonatal Saanenkids sucking milk from their dams. *Animal* 6. 12. 1947–1954. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1751731112000900>
 43. Kara C., Cihan H., Temizel M., Catik S., Meral Y., Orman A., Yıbar A., Gencoglu H. (2015) Effects of supplemental mannanoligosaccharides on growth performance, faecal characteristics and health in dairy calves. *Asian-australasian Journal of Animal Science* 28. 1599–1605. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0124>
 44. Kaufhold J., Hammon H. M., Blum J. W. (2000) Fructooligosaccharide supplementation: effects on metabolic, endocrine and hematological

- traits in veal calves. *Journal of Veterinary Medicine Series A*. 47. 17–29. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2000.00257.x>
45. Kehoe S. I., Carlson D. B. (2015) Influence of non medicated additives as alternatives to antibiotics on calves growth and health. *The Professional Animal Scientist* 31. 516–522. DOI: <https://doi.org/10.15232/pas.2015-01416>
 46. Khan M. A., Lee H. J., Lee W. S., Kim H. S., Kim S. B., Ki K. S., Park S. J., Ha J. K., Choi Y. J. (2007) Starch source evaluation in calf starter: I. Feed consumption, body weight gain, structural growth, and blood metabolites in Holstein calves. *Journal of Dairy Science* 90. 5259–5268. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0338>
 47. Khan M. A., Lee H. J., Lee W. S., Kim H. S., Kim S. B., Park S. B., Baek K. S., Ha J. K., Choi Y. J. (2008) Starch source evaluation in calf starter: II. Ruminal parameters, rumen development, nutrients digestibilities and nitrogen utilization in Holstein calves. *Journal of Dairy Science* 91. 1140–1149. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0337>
 48. Klinkon M., Ježek J. (2012) Values of blood variables in calves. In: *A bird's-eyeview of veterinary medicine*, Perez-Marin C.C. (Ed). In Tech Europe, Rijeka, Croatia, 301–320. DOI: <https://doi.org/10.5772/32100>
 49. Klis F. M., Mol P., Hellingwerf K., Brul S. (2002) Dynamics of cellwall structure in *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS Microbiology Reviews* 26. 239–256. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2002.tb00613.x>
 50. Klis F. M., Boorsma A., Piet W. J., De Groot. (2006) Cellwall construction in *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast* 23. 185–202 www.interscience.wiley.com.
 51. Központi Statisztikai Hivatal <https://www.ksh.hu/mezogazdasag>
 52. Król B. (2011) Effect of mannanoligosaccharides, inulin and yeast nucleotides added to calf milkreplacers on rumen microflora, level of serum immunoglobulin and health condition of calves. *Electrical Journal of Polish Agricultural Universities* 2. 14.
 53. Lazarevic M., Spring P., Shabanovic M., Tokic V., Tucker L. A. (2010) Effect of gut active carbohydrates on plasma IgG concentrations in piglets and calves. *Animal* 4. 938–943. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1751731110000194>
 54. Lee H. J., Khan M. A., Lee W. S., Yang S. H., Kim S. B., Ki K. S., Kim H. S., Ha J. K., Choi Y. J. (2009) Influence of equalizing the gross composition of milkreplacer to that of whole milk on the performance of Holstein calves. *Journal of Animal Science* 87. 1129–1137 DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1110>
 55. Leutenegger C. M., Alluwaimi A. M., Smith W. L., Perani L., Cullor J. S. (2000) Quantitation of bovine cytokine mRNA in milk cells of healthy cattle by real-time TaqMan polymerase chain reaction. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 77. 275-287.

56. Li R. W., Connor E. E., Li C., Baldwin R. L., Sparks M. E. (2012) Characterization of the rumen microbiota of preruminant calves using metagenomic tools. *Environmental Microbiology* 14. 1. 129–139. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2011.02543.x>
57. Lomax A. R., Calder P. C. (2009) Prebiotics, immune function, infection and inflammation: A review of the evidence. *British Journal of Nutrition* 101. 633–658. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0007114508055608>
58. Loveren H., Sanz Y., Salminen S. (2012) Health claims in Europe: probiotics and prebiotics as case examples. *Annual Review of Food Science and Technology* 3. 1. 247–261. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101206>
59. Malmuthuge N., Li M., Goonewardene L. A., Oba M., Guan L. L. (2013) Effect of calf starter feeding on gut microbial diversity and expression of genes involved in host immune responses and tight junctions in dairy calves during weaning transition. *Journal of Dairy Science* 96. 3189–3200 DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6200>
60. Martín M. J., Martín-Sosa S., Hueso P. (2002) Binding of milk oligosaccharides by several enterotoxigenic *Escherichia coli* strains isolated from calves. *Glycoconjugate Journal* 19. 5–11. DOI: [10.1023/a:1022572628891](https://doi.org/10.1023/a:1022572628891)
61. Masanetz S., Wimmer N., Pletzner C., Limbeck E., Preißinger W., Pfaffl M. W. (2010) Effects of inulin and lactulose on the intestinal morphology of calves. *Animal* 4. 5. 739–744. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1751731109991728>
62. Masanetz S., Preißinger W., Meyer H. H. D., Pfaffl M. W. (2011) Effects of the prebiotics inulin and lactulose on intestinal immunology and hematology of preruminant calves. *Animal* 5. 1099–1106. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1751731110002521>
63. McKellar R. C., Modler H. W., Mullin J. (1993) Characterization of growth and inulin as reproduction by *Bifidobacterium spp.* on fructooligosaccharides. *Bifidobacteria Microflora* 12. 75–86. DOI: https://doi.org/10.12938/bifidus1982.12.2_75
64. Meale S. J., Li S., Azevedo P., Derakhshani H., Plaizier J. C., Khafipour E., Steele M. A. (2016) Development of ruminal and fecal microbiomes are affected by weaning but not weaning strategy in dairy calves. *Frontiers in Microbiology* 7. 582. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00582>
65. Meale S. J., Chaucheyras-Durand F., Berends H., Guan L. L., Steele M. A. (2017) From pre- to postweaning: Transformation of the young calf's gastrointestinal tract. *Journal of Dairy Science* 100. 5984–5995 DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12474>
66. Metzler-Zebeli B. U., Trevisi P., Prates J. A. M., Tanghe S., Bosi P., Canibe N., Montagne L., Freire J., Zebeli Q. (2017) Assessing the effect of

- dietary inulin supplementation on gastrointestinal fermentation, digestibility and growth in pig: A meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology* 233. 120–132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.05.010>
67. Mohri M., Sharifi K., Eidi S. (2007) Hematology and serum biochemistry of Holstein dairy calves: age related changes and comparison with blood composition in adults. *Research in Veterinary Science* 83. 1. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2006.10.017>
 68. Morrison S. J., Dawson S., Carson A. F. (2010) The effects of mannanoligosaccharide and *Streptococcus faecium* addition to milkreplacer on calf health and performance. *Livestock Science* 131. 292–296. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.04.002>
 69. Mul A. J., Perry F. G. (1994) The role of fructo-oligosaccharides in animal nutrition. In: Garnsworthy P. C., Cole D. J. A. (Eds.) *Recent Advances in Animal Nutrition* 57–79. Nottingham, UK: Nottingham University Press.
 70. Nair K. K., Kharb S., Thompkinson D. K., (2010) Inulin dietary fiber with functional and health attributes—a review. *Food Reviews International* 26. 189–203. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559121003590664>
 71. Nakamura T., Kawase H., Kimura K., Watanabe Y., Ohtani M., Arai I., Urashima T. (2003) Concentrations of sialyl oligosaccharides in bovine colostrum and milk during the prepartum and early lactation. *Journal of Dairy Science* 86. 1315–1320. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(03\)73715-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(03)73715-1)
 72. Nargeskhani A., Dabiri N., Esmaeilkhanian S., Alipour M. Mohammad, Bojarpour M. (2010) Effects of mannanoligosaccharide- β glucan or antibiotics on health and performance of dairy calves. *Animal Nutrition and Feed Technology* 10. 1. 29–36.
 73. Newman K. E. Jacques K., Buede R. P. (1993) Effect of mannanoligosaccharide supplementation of milk replacer on grain, performance and fecal bacteria of Holstein calves. *Journal of Animal Science* 71. 271.
 74. Niness K. R. (1999) Inulin and oligofructose: What are they? *Journal of Nutrition* 129. 1402–1406. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/129.7.1402s>
 75. Nozière P., Glasser F., Sauvant D. (2011) *In vivo* production and molar percentages of volatile fatty acids in the rumen: a quantitative review by an empirical approach. *Animal* 5. 403–414. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1751731110002016>
 76. Osumi M. (1998) The ultra structure of yeast: cellwall structure and formation. *Micron* 29. 207–233. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0968-4328\(97\)00072-3](https://doi.org/10.1016/s0968-4328(97)00072-3)
 77. Perlmutter D., Loberg K. (2017) *Hogyan gyógyítja és védi agyunkat az egészséges bélflóra egy életen át.* Kossuth Kiadó, Budapest.

78. Probo M., Giordano A., Moretti P., Opsomer G., Fiems L., Paltrinieri S., Veronesi M. C. (2019) Serum biochemical profile in Holstein Friesian and Belgian blue calves in the first 48 hours of life. *Italian Journal of Animal Science* 18. 1. 657–662.
DOI: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1551073>
79. Quezada V. C., Babatunde B. B., Frankel T. L. (2007) Effect of mannan-oligosaccharides on the mucosal immune system of dairy calves. *Journal of Animal Science* 85. 211.
80. Rey M., Enjalbert F., Monteils V. (2012) Establishment of ruminal enzyme activities and fermentation capacity in dairy calves from birth through weaning. *Journal of Dairy Science* 95. 1500–1512. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4902>
81. Rey M., Enjalbert F., Combes S., Cauquil L., Bouchez O., Monteils V. (2013) Establishment of ruminal bacterial community in dairy calves from birth to weaning is sequential. *Journal of Applied Microbiology* 116. 2. 245–257. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.12405>
82. Samanta A. K., Jayapal N., Senani S., Kolte A. P., Sridhar M. (2013) Prebiotic inulin: useful dietary adjuncts to manipulate the livestock gut microflora. *Brazilian Journal of Microbiology* 44. 1–14.
83. Scantlebury-Manning T., Gibson G. R. (2004) Prebiotics. *Best Practice & Research In Clinical Gastroenterology* 18. 287–298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2003.10.008>
84. Schäff C. T., Gruse J., Maciej J., Mielenz M., Wirthgen E., Hoeflich A. (2016) Effects of feeding milkreplacer *ad libitum* or in restricted amounts for the first five weeks of life on the growth, metabolic adaptation and immune status of newborn calves. *PLoS ONE*. 11. 12. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0168974>
85. Short D. M., Moore D. A., Sisco W. M. (2016) A randomized clinical trial evaluating the effects of oligosaccharides on transfer of passive immunity in neonatal dairy calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 30. 1381–1389. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvim.13949>
86. Soberon F., Van Amburgh M. E. (2013) The effect of nutrient intake from milk or milkreplacer of preweaned dairy calves on lactation milk yield as adults: a meta analysis of current data. *Journal of Animal Science* 91. 706–712. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5834>
87. Steele M. A., Penner G. B., Chaucheyras-Durand F., Guan L. L. (2016) Development and physiology of the rumen and the lower gut: Targets for improving gut health. *Journal of Dairy Science* 99. 4955–4966 DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10351>
88. Swan C. G., Bowman J. G. P., Martin J. M., Giroux M. J. (2006) Increased puroindoline levels slow ruminal digestion of wheat (*Triticum aestivum*

- L.) starch by cattle. *Journal of Animal Science* 84. 641-650 DOI: <https://doi.org/10.2527/2006.843641x>
89. Szepesi Á., (2019) Korszerű megoldások a tejelő szarvasmarha tartásban – A tejelőágazat aktuális helyzete hazánkban. Agrárminisztérium, Piacszervezési Főosztály, Gödöllő.
 90. Tao N., DePeters E. J., German J. B., Grimm R., Lebrilla C. B. (2009) Variations in bovine milk oligosaccharides during early and middle lactation stages analyzed by high performance liquid chromatography-chip/ mass spectrometry. *Journal of Dairy Science* 92. 2991–3001. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1642>
 91. Terré M., Calvo M. A., Adelantado C., Kocher A., Bach A. (2007) Effects of mannanoligosaccharides on performance and microorganism fecal counts of calves following an enhanced-growth feeding program. *Animal Feed Science and Technology* 137. 115–125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.11.009>
 92. Terré M., Pedrals E., Dalmau A., Bach A. (2013) What do preweaned and weaned calves need in the diet: A high fiber content or a forage source? *Journal of Dairy Science* 96. 5217–5225. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6304>
 93. Theurer C. B., Lozano O., Alio A., Delgado-Elorduy A., Sadik M., Huber J. T., Zinn R. A. (1999) Steam-processed corn and sorghum grain flaked at different densities alter ruminal, small intestinal, and total tract digestibility of starch by steers. *Journal of Animal Science* 77. 2824-2831 DOI: [10.2527/1999.77102824x](https://doi.org/10.2527/1999.77102824x)
 94. Tian X., Yu Z., Feng P., Ye Z., Li R., Liu J., H, J., Kakade A., Liu P., Li X. (2019) *Lactobacillus plantarum* TW1-1 alleviates diethyl hexyl phthalate-induced testicular damage in mice by modulating gut microbiota and decreasing inflammation. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* 9. 221. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2019.00221>
 95. Trowel H., Burkitt D. (1986) Physiological role of dietary fiber: a ten year review. *Boletín de la Asociación Médica de Puerto Rico* 78. 12. 541-544.
 96. Uyeno Y., Sekiguchi Y., Kamagata Y. (2010) rRNA-based analysis to monitor succession of faecal bacterial communities in holstein calves. *Letters in Applied Microbiology* 51. 5. 570–577. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765x>.
 97. Uyeno Y., Kawashima K., Hasunuma T., Wakimoto W., Noda M., Nagashima S., Akiyama K., Tabata M., Kushibiki S. (2013) Effects of cellooligosaccharide or a combination of cellooligosaccharide and live *Clostridium butyricum* culture on performance and intestinal ecology in Holstein calves fed milk or milkreplacer. *Livestock Science* 153. 88–93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci>.

98. Uzmay C., Kilic A., Kaya I., Özkul H., Önenc S. S., Polat M. (2011) Effect of mannanoligosaccharide addition to whole milk on growth and health of holstein calves. *Archives of Animal Breeding* 54. 127–136. DOI: <https://doi.org/10.5194/aab-54-127-2011>
99. Van Loo J. (2007) How chicory fructans contribute to zootechnical performance and well-being in livestock and companion animals. *The journal of nutrition: Inulin and oligofructose: health benefits and claims. A critical review.* 5th Orafiti research conference. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/137.11.2594s>
100. Verdonk J. M. A. J., van Leeuwen P. (2004) The application of inulin-type fructans in diets for veal calves and broilers. *Inulin and oligofructose feel good factors for health and well-being.* 4th Orafiti Research Conference, Paris, 50–51.
101. Vogt L., Meyer D., Pullens G., Faas M., Smelt M. (2015) Immunological properties of inulin-type fructans. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55. 3. 414–436. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.656772>
102. Wilde D. (2009) Nutrition and immunity in the newborn calf: new advances from yeast based technologies. *Revue de Médecine Vétérinaire* 160. 425–428.
103. Yáñez-Ruiz D. R., Macías B., Pinloche E., Newbold C. J. (2010) The persistence of bacterial and methanogenic archaeal communities residing in the rumen of young lambs. *Federation of European Microbiological Societies* 72. 272-278. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00852.x>
104. Yáñez-Ruiz D. R., Abecia L., Newbold C. J. (2015) Manipulating rumen microbiome and fermentation through interventions during early life: a review. *Frontiers in Microbiology* 6. 1133. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01133>
105. Zened A., Combes S., Cauquil L., Mariette J., Klopp C., Bouchez O., Troegeler-Meynadier A., Enjalbert F. (2013) Mycrobial ecology of the rumen evaluated by 454 GS FLX pyrosequencing is affected by starch and oil supplementation of diets. *Federation of European Microbiological Societies* 83. 504–514. DOI: <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12011>
106. Zitnan R., Voigt J., Schönhusen U., Wegner J., Kokardová M., Hagemeister H., Levkut M., Kuhla S., Sommer A. (1998) Influence of dietary concentrate to forage ratio on the development of rumen mucosa in calves. *Archiv für Tierernaehrung* 51. 4. 29–291. DOI: <https://doi.org/10.1080/17450399809381926>
107. Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 1831/2003/EK rendelete (2003. szeptember 22.) a takarmányozási célra felhasznált adalékanyagokról

(EGT vonatkozású szöveg) (HL L 268., 2003.10.18., 29-43.)
<http://data.europa.eu/eli/reg/2003/1831/oj> Celex: 32003R1831

13. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Lektorált idegen nyelvű folyóiratban megjelent közlemény:

Tóth Sz., Kovács M., Bóta B., Szabó-Fodor J., Bakos G., Fébel H. (2019) Effect of the composition of starter diet fed in the rearing phase on the performance and certain physiological parameters of Holstein calves. Czech Journal of Animal Science 64. 9. 367-376. DOI: <https://doi.org/10.17221/34/2019-cjas>

Tóth Sz., Kovács M., Bóta B., Szabó-Fodor J., Bakos G., Fébel H. (2020) Effect of mannanoligosaccharide (MOS) and inulin supplementation on the performance and certain physiological parameters of calves reared on milk replacer. Journal of Applied Animal Research 48. 1. 228-234. DOI: <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1770096>

Lektorált folyóiratban magyarul megjelent közlemény:

Tóth Sz., Kovács M., Fébel H. (2018) A mannán-oligoszacharid (MOS) hatása a borjak növekedésére, a bélflóra összetételére, az immunrendszerre, szerepe az enterális megbetegedések csökkentésében. Irodalmi összefoglaló. Állattenyésztés és Takarmányozás 67.2. 63-77.

Tóth Sz. (2018) A pre- és probiotikumok használatának szabályozása az Európai Unióban és a világ más országaiban. Acta Agraria Kaposváriensis 22. 2. 46-62 DOI: <https://doi.org/10.31914/aak.2278>

Tóth Sz., Kovács M., Fébel H. (2020) Az inulin szerepe és jelentősége a gazdasági haszonállatok takarmányozásában. Acta Agraria Kaposváriensis 24. 1. 55-66. DOI: <https://doi.org/10.31914/aak.2372>

Proceedingben teljes terjedelemben, idegen nyelven megjelent közlemény:

Tóth Sz. (2019) The effect of the quantity and quality of milkreplacer intake on starter feed intake in Holstein calves. BiologiyaTvaryn / Animal Biology

21. 2. 70-72. DOI: <https://doi.org/10.15407/animbiol21.02.070>

Tóth Sz. (2019) Effect of mannanoligosaccharide (mos) and inulin supplementation on the performance of calves reared on milkreplacer. Review on Agricultural and Rural Development 8. 1-2. 81-84.

14. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Előadások idegen nyelven:

Tóth Sz. (2018) Effect of nutrient supply on the mortality rate of calves. 16th Wellmann International Scientific Conference, Hódmezővásárhely 2018.05.07

Előadások magyar nyelven:

Tóth Sz. (2018) Gyakorlati kérdések és tapasztalatok az intenzív borjúnevelés alkalmazásával kapcsolatban. Panadditív Kft és Interagrár Kft Szarvasmarhás Szakmai Nap, Ráckeve, 2018.04.13.

Tóth Sz. (2019) Táplálóanyag ellátás hatása a borjak teljesítményére. Panadditív Kft és Interagrár Kft Szarvasmarhás Szakmai Nap, Ráckeve, 2019.03.07.

Tóth Sz. (2019) Összefüggés az itatásos borjak folyékony táplálóanyag ellátása és szilárd takarmány felvétele között. Magyar Buiatrikusok Társaságának XXIX. Nemzetközi Kongresszusa, Hévíz, 2019.11.13-16.

15. SZAKMAI ÖNÉLETRAJZ

1988.10.16-án születtem Kecskeméten. 2007-ben érettségiztem a kiskunhalasi Bibó István Gimnáziumban és abban az évben középfokú „C” típusú nyelvvizsgát tettem angol nyelvből.

2007-ben felvételt nyertem a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karára, ahol 2010-ben Állattenyésztő mérnök BSc, majd 2013-ban Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök MSc diplomát szereztem. Egyetemi tanulmányaim idején a 2009/2010-es és a 2011/2012-es tanévben is köztársasági ösztöndíjat szereztem.

Mindeközben 2011 februárjától fél évig az ANABEST Kft boldogasszonyfai lúd szülőpár telepén telepvezető helyettes beosztásban dolgoztam.

2012 és 2018 között a Bos-Frucht Agrárszövetkezet kasszoki tehenészeti telepén borjú- és növendéknevelési vezetőként tevékenykedtem.

2014 és 2017 között a Kaposvári Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola nappali tagozatos hallgatója voltam.

2018 óta egyéni vállalkozóként tejelő tehenészeteknek nyújtok segítséget a hatékony elletői és borjúnevelői menedzsment kialakításában.

2018 júniusa és 2020 decembere között a Kaposvári Egyetem Mikotoxinok az Élelmiszeláncban Kutatócsoport majd az Embrióátültető Központ munkájában vettem részt, mint tudományos segédmunkatárs.

2019 októberében sikeres szigorlati vizsgát tettem amelyet 2020 novemberében eredményes munkahelyi vita követett.

2021 januárjától a tápióbicskei székhelyű Szabó és Társa Szarvasmarhatenyésztési Kft. tulajdonosváltási folyamatát készítettem elő aminek eredményeként 2021 novemberétől mint ügyvezető irányítom a kis létszámú tehenészet működését és fejlődését.