DIPLOMADOLGOZAT

Terényi Helga

2023

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Élettani és Takarmányozástani Intézet

Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök mesterképzési szak

ASZÁLY HATÁSA A TAKARMÁNYOK AFLATOXIN SZENNYEZETTSÉGÉRE, HOLSTEIN FRÍZ TEHENEK KOLOSZTRUMÁNAK MINŐSÉGÉRE ÉS A BORJAK IMMUNRENDSZERÉRE

Belső konzulens:	Dr. Mézes Miklós egyetemi tanár
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Élettani és Takarmányozási Intézet Takarmánybiztonsági Tanszék
Külső konzulens:	Dr. Orosz Szilvia címzetes egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Takarmánybiztonsági Tanszék
Készítette:	**Terényi Helga**

Gödöllő

2023

Tartalom

1. Bevezetés ... 4

2. Rövidítések jegyzéke ... 5

3. Célkitűzés ... 6

4. Szakirodalmi áttekintés ... 7

4.1. Tejelő szarvasmarha állomány jelenleg Magyarországon ... 7

4.2. Az ellés előtti előkészítés ... 7

4.3. A kolosztrum jellemzői ... 8

4.4. A Brix-index ... 10

4.5. A mikotoxinok előfordulása, jelentősége és hatásmechanizmusa ... 11

4.7. A mikotoxin kötők ... 17

5. Anyag és módszer ... 19

5.1. Kísérleti állatok és csoportosításuk ... 19

5.2. Takarmány mintavétel ... 20

5.3. Kolosztrum mintavétel és annak vizsgálata ... 20

5.4. Borjak születési súlyának vizsgálata ... 21

5.5. Laboratóriumi módszerek ... 22

5.5.1. A takarmányalapanyagok aflatoxin B_1 szennyezettségének vizsgálata ... 22

5.5.2. A TMR-minták aflatoxin B_1 szennyezettségének vizsgálata ... 22

5.5.3. A TMR-minták táplálóanyag-tartalmának vizsgálata ... 23

6. Eredmények ... 25

6.1. A takarmányvizsgálatok eredményei ... 25

6.2. A kolosztrum vizsgálatának eredményei ... 29

6.3. A vizsgálat során született borjak születési súlya csoportonként ... 32

7. Megbeszélés ... 33

8. Következtetések és javaslatok ... 37

9. Köszönetnyilvánítás ... 39

10. Irodalomjegyzék ... 40

11. Nyilatkozat ... 45

1. Bevezetés

A 2021. és a 2022. év nyara extrém aszályos és hőstresszel terhelt volt, aminek következtében számos tömegtakarmány esetében a terméshozam elmaradt a sokéves átlagtól (2022. évi silókukorica betakarítás: 17 tonna/ha, AKI). A betakarított tömegtakarmány mennyisége mellett annak minőség is gondot okozott mind a növénytermesztőknek, mind az állattenyésztőknek, mert jelentős aflatoxinterheltség volt kimutatható országosan. Ezt megerősítette az ÁT Kft., mivel jelentős aflatoxinszennyezettséget talált számos kukoricaszilázs-mintában (Orosz, 2022a).

A nyerstej aflatoxin (aflatoxin M_1) tartalma a kiemelt humán egészségügyi kockázatok miatt az EU-ban rendeletileg szabályozott, az nem haladhatja meg az 50 ppt (0,05 µg/kg) határértéket (Európai Biztosság 1881/2006/EK). Ennek alapján a takarmányozásra szánt növényi alapanyagok és keveréktakarmányok aflatoxin B_1 tartalma is szabályozott. A tejelő tehenek takarmányainak aflatoxin B_1 tartalma nem haladhatja meg az 0,005 mg/kg értéket (Európai Bizottság 574/2011/EK rendelet). A szigorú rendelkezések miatt a termelők és tejfeldolgozók elsősorban az árutej aflatoxin M_1 tartalmát mérik és megkísérlik azt a határérték alá csökkenteni a termelő csoport takarmányadagjába kevert mikotoxinkötő adalékanyagok segítségével. Arra vonatkozóan azonban kevés információ áll rendelkezésre, hogy az előkészítő csoportokban (késő vemhes tehenek az ellés előtt 0-3 héttel) milyen az aflatoxinterheltség a TMR-ben és ez miként hat a kolosztrum minőségére (IgG-tartalom) és mennyiségére azon csoportokban, ahol költségmegtakarítási célzattal nem kevernek a takarmányba mikotoxinkötő adalékanyagot. Továbbá kérdésként merül fel, hogy az előkészítő csoportban előforduló aflatoxinterhelés milyen hatással van a borjakra.

Ennek alapján célkitűzésként fogalmaztam meg, hogy megvizsgáljam az előkészítő csoport takarmányadagjának mért aflatoxinterhelése hogyan hat a képződő kolosztrum mennyiségére és annak minőségére (Brix-index), továbbá a kolosztrum aflatoxin M_1 tartalmára és a borjú születéskori súlyára. Vizsgálatom célkitűzése volt továbbá, hogy a gyakorlat számára hasznos összefüggésre világítsak rá, a jelenlegi – és vélhetően a további években is fennálló – aflatoxinterheltség hatására vonatkozóan. Fontos a következő üszőnemzedékeket megfelelő immunitással indítani, amely később a termelő állat gazdasági hatékonyságára hatással van. Vizsgálatom gyakorlati keretek között valósult meg, amelyhez a Berek-Farm Kft. tulajdonosai és dolgozói voltak segítségemre.

2. Rövidítések jegyzéke

AFB1 – aflatoxin B1

AFB2 – aflatoxin B2

AFBO – AFB1-exo-8,9-epoxid

AFG1 – aflatoxin G1

AFG2 – aflatoxin G2

AFM1 – alfatoxin M1

AFM2 – aflatoxin M2

Brix% – Refraktométerrel mért Brix-index az oldatok cukortartalmának hagyományos mértékegysége, mely szoros korrelációt mutat a kolosztrum IgG koncentrációja

EFSA – European Food Safety Authority

FDA – Food and Drug Administration

IgA – immunglobulin A

IgG – immunoglobulin G

IgM – immunglobulin M

TDI – kockázatbecslés szempontjából nem állított fel tolerálható értéket

3. Célkitűzés

A vizsgálataim során az alábbi kérdésekre kerestem választ:

1. Milyen az aflatoxin B1-terheltség az előkészítő csoportok takarmányában egy tejelő tehenészetben.
2. Az előkészítő csoportban fogyasztott, aflatoxinnal szennyezett, de mikotoxinkötőt tartalmazó takarmányadag hogyan befolyásolja a kolosztrum immunglobulin tartalmát.
3. Az előkészítő csoportban fogyasztott, aflatoxinnal szennyezett, de mikotoxinkötőt tartalmazó takarmányadag hogyan befolyásolja az ellés után első fejéssel nyert kolosztrum mennyiségét.
4. Az előkészítő csoportban fogyasztott, aflatoxinnal szennyezett, de mikotoxinkötőt tartalmazó takarmányadag miképp befolyásolja a borjak születési súlyát.

4. Szakirodalmi áttekintés

4.1. Tejelő szarvasmarha állomány jelenleg Magyarországon

Magyarországon jelenleg a termelés-ellenőrzött tenyészetekben a tehénlétszám kb. 174 350 egyed, ebből a fejt tehenek száma kb. 144 150 egyed (ÁT Kft. 2023). Ezekből az adatokból kiindulva a szárazon álló tehenek száma körülbelül 30 ezer. Ez azt jelenti, hogy a várható ellés előtt 6-8 héttel elkülönített csoport egyedeinek száma ötöde a fejt tehén létszámának. Ezt a számítást a dolgozat szempontjából azért tartom fontosnak, mert ez mutatja annak jelentőségét, hogy mekkora azon állatlétszám, amelynek takarmánya nem áll rendszeres ellenőrzés alatt mikotoxin-szennyezettség szempontjából.

4.2. Az ellés előtti előkészítés

A szárazonállás időszakát az előző laktáció végétől az ellésig számítjuk (átlagosan 60 nap). Ebbe az időszakba tartozik az előkészítő szakasz, amely a várható ellés előtti 0-3 hét. A szárazonállás időszakának egyik fő célja a tőgymirigyek involúciója. Ezen idő alatt a tőgymirigyek regenerálódnak, így kiemelt jelentőségű a tehén következő laktációjára nézve. A rövid ideig tartó szárazonállás vagy ennek esetleges elhagyása esetén a tőgymirigy szekréciós sejtjeinek száma csökken, amely a laktáció során alacsonyabb tejtermelést eredményezhet. Kutatások igazolták, hogy a 60 napos szárazon állás tekinthető ideálisnak az állat számára, mivel a 40 napos időszakhoz képest az állatok 1,2 – 1,3 kg/ nap/ tehén többlet tejtermelést értek el (Heinrichs és mtsai, 1996).

A vehem az előkészítő időszak alatt számottevően gyarapszik, így kiemelt jelentőséggel bír a megfelelő takarmányozás. Az anyaállat energiaszükséglete megkétszereződik az életfenntartó hányadon felül a vemhesség utolsó 20 napjában (Babinszky, 2019).

Az előkészítő időszak alatt a bendő mikroorganizmusait és a bendőpapillákat adaptáljuk az ellést követően etetett, jelentős abrakhányadot tartalmazó, tejelő takarmányadaghoz. Ebben az időszakban növeljük az abrak mennyiségét. Ez a vehem fejlődéséhez szükséges energiaigény kielégítését is szolgálja. Így elkerülhető az anyaállat kondícióvesztése, vagyis a holstein-fríz szarvasmarhára jellemző „önfeláldozás”.

4.3. A kolosztrum jellemzői

A kolosztrum az ellés után termelt első tej, amelynek táplálóanyagai nélkülözhetetlenek az újszülött borjú számára. A vemhesség kései szakaszában kezdődik a szekretoros immunglobulinok, így például az IgG, átjutása a kolosztrumba. Ennek a koncentrációja azonban már a laktáció korai időszakában csökkenni kezd. Az IgG transzport és a laktáció közötti fordított összefüggés arra utal, hogy az alveoláris sejtek differenciálódásáért felelős hormonok – glükokortikoidok – elnyomhatják a kolosztrogenezist és az immunglobulin transzfert. Ez eredményezi a kolosztrumtermelés csökkenését, illetve annak megszűnését. (Akers & R.Michael, 2002) A kolosztrum termelése negatív hatással van a tehén antioxidáns védelmi rendszerére is, mert oxidatív stresszt indukálhat. (Goff és Horst, 1997, Abuelo és mtsai, 2016).

A kérődzők synepitheliochorialis méhlepényén keresztül az immunglobulinok csak kismértékben képesek átjutni a fejlődő magzatba, így születéskor az újszülött állat a passzív immunitáshoz szükséges immunanyagokat a kolosztrumon keresztül szerzi meg. Ez a passzív immunitás viszonylag rövid ideig, általában négy hétig áll fenn, ezt követően aktiválódik az állat saját immunrendszere és kialakul a védelem a környezeti patogénekkel szemben.

Újszülött borjak passzív immunitásának kialakulása szempontjából tehát kiemelt jelentőségű a megfelelő mennyiségű (4 liter, de minimum 1,5 liter), jó minőségű, magas immunglobulin - (minimum 50 mg IgG /ml), valamint antioxidáns tartalmú kolosztrum itatása. Ez védi az újszülött állatot az oxidatív stressz ellen. Fontos szempont továbbá, hogy csíraszegény, azaz patogén baktériumoktól mentes legyen (Blum és mtsai, 1997, Morin és mtsai 1997). A borjút születés után lehetőleg egy-két, de maximum 6 órán belül szükséges jó minőségű kolosztrummal megitatni. Ennél később a kolosztrum IgG szintje már csökken, valamint az immunglobulinok csak az ellést követő 24 órában képesek a borjú bélhámsejtjein keresztül felszívódni és a véráramba jutni. A 24 órát követően fokozatosan megszűnik ez a folyamat. A vékonybélből felszívódott IgG a vérpályán keresztül részben ismét a bél lumenébe kerül, ahol az IgG1 hozzájárul a bélrendszer immunvédelméhez (Newby és Bourne, 1976 a, Besser et al, 1988b). A nem megfelelő kolosztrum ellátottság fokozza például az E. coli-val szembeni érzékenységet. (Szenci, 2017) A bakteriális eredetű megbetegedések kialakulásának gyakori tényezője borjakban a nem megfelelő minőségű kolosztrum, annak alacsonymaternális IgG szérum szintje (Van Donkersgoed és mtsai, 1993, Walder és Rosengren 2009, Leslie, 2012).

A kolosztrum és a teljes tej összetételében lévő különbségeket az 1. táblázatban mutatom be. A kolosztrum az újszülött borjú elsődleges táplálóanyag-forrása, ezért ennek összetétele koncentráltabb a később termelt tejnél. A kolosztrum szárazanyag-tartalma akár kétszerese is lehet a normál árutejnek. Zsírtartalma 6-7% között mozog, míg a teljes tej zsírtartalma holstein-fríz teheneknél ritkán éri el a 4 %-ot. Jelentős különbség van a fehérjetartalomban is, a kolosztrum fehérjetartalma ugyanis háromszoros az árutejének.

A jó minőségű kolosztrum IgG tartalma minimum 60 mg/ml, míg a normál tejé nem éri el az 1 mg/ml-t. Az IgG1 a kolosztrum immunglobulintartalmának körülbelül 90%-át teszi ki, a fennmaradó 10% IgM és IgA valamint IgG2 (João és Stilwell, 2021). A kolosztrum itatást követően a borjú vérszérumának IgG koncentrációja minimum 10 mg/ml.

A dolgozat szempontjából fontosnak tartom megemlíteni a kazein koncentrációját. A hidrofil karakterű AFM_1 főképp a részben hidrofil karakterű kazein molekulához kapcsolódik. Mivel a kolosztrum kazeintartalma meghaladja a normál tej kazeintartalmát, ennek következtében feltételezhető, hogy a kolosztrumba átjutó AFM_1 koncentrációja nagyobb az árutejhez képest.

1. táblázat A kolosztrum és az áru tej összetétele

	Kolosztrum	**Teljes tej**
Szárazanyag (%)	23,0 – 28,0	13,0
Összes fehérje (%)	14,0 – 16,0	3,1 – 3,2
Kazein (%)	4,8	2,5 – 2,6
Albumin (%)	6,0	0,4 – 0,5
Immunglobulinok (mg/mL)	42 - 90	0,4 – 0,9
IgG1 (g/L)	34,0 – 87,0	0,31 – 0,40
IgG2 (g/L)	1,6 – 6,0	0,03 - 0,08
IgA (g/L)	3,2 – 6,2	0,04 – 0,06
IgM (g/L)	3,7 – 6,1	0,03 – 0,06
Zsír (%)	6 - 7	3,6 – 4,0
Laktóz (%)	2 - 3	4,7 – 5,0
Ásványi anyagok (%)	1,0	0,74

(Playford és Weiser, 2021)

A kolosztrum minőségét és összetételét számos tényező befolyásolhatja. Az első fejés, vagyis a kolosztrum mennyisége hatással van annak immunglobulin koncentrációjára. Egy ír

tanulmány arról számolt be, hogy kolosztrum mennyiségének 1 kg növekedése 1,7 mg/ml-rel csökkenti annak IgG koncentrációját. (Conneely és mtsai, 2013). A kolosztrumban a fertőző ágensek elleni specifikus antitestek is megtalálhatók, amelyek összetétele függ a külső környezeti tényezőktől. Ezt az állítást igazolja az a tény, hogy mivel az idősebb tehenek életük során számos patogénnel érintkeznek, azok kolosztruma több specifikus ellenanyagot tartalmaz. Ez tehát nagyobb védettséget jelent a borjak számára. A megállapítást megfordítva: annak tehénnek, amely kevésbé kitett a környezeti patogéneknek, kisebb lesz az ellenanyagok koncentrációja a kolosztrumban.

Több kutatás számolt be arról, hogy a többször ellett tehenek kolosztrumának minősége jobb, mint az első borjas állatoké. A megállapítás az IgG koncentrációt vizsgálva igaz. A tőgygyulladásban szenvedő tehenek kolosztrumának minősége rosszabb és ebben az esetben azt nem szabad felhasználni, mert ezzel megakadályozható a fertőző ágensek átvitele az újszülött borjúba. Befolyásolja továbbá a kolosztrum minőségét az állat kondíciója, a nem megfelelő minőségű takarmány etetése és a hiányos mikro- és makroelem, valamint vitaminellátottság. A korábban már említett fejési szám is ronthatja kolosztrum minőségét. Közvetlenül az ellés után fejt kolosztrum IgG koncentrációja a legnagyobb (Conneely et al, 2013), ami már 7 óra elteltével is közel 20 %-kal csökken (Moore és mtsai, 2005).

Mivel a borjú elsődleges immunitásának védvonalát, valamint a kolosztrumból felvehető immunanyagok mennyiségét számos tényező csökkentheti, ajánlott a gazdaságoknak kolosztrumbankot létrehozni. Ebben az esetben kikerülhetjük a vészhelyzetből adódó kolosztrumhiányt, illetve itathatunk a saját anyjától származó rosszabb minőségű föcstej helyett jó minőségű kolosztrumot a borjúval (ismert IgG tartalommal). Segítség lehet továbbá az ellető istállóban dolgozóknak a már bevizsgált, pasztőrözött kolosztrumot az ellés megindulásakor óvatosan felolvasztani (20 perces kíméletes olvasztóprogram) és közvetlenül a születés után azt itatni a borjúval.

4.4. A Brix-index

A jó minőségű kolosztrum itatásának elsődleges lépése az IgG koncentráció meghatározása. Erre telepi körülmények között a kolosztrumban található oldott anyagok koncentrációját mérő eszköz (Korosue et al., 2012), a refraktométer használata a legalkalmasabb. A refraktométer egyszerű használatának segítségével a telepen dolgozók is képesek megvizsgálni a kolosztrum minőségét, így eldönthetik itatásának lehetőségét. A kolosztrum IgG tartalma, valamint a Brix % közötti pozitív korrelációt (r=0,98) számos kutatás

bizonyította (Bielmann és mtsai., 2010). Jó minőségűnek, tehát optimális IgG koncentrációjúnak tekinthetünk egy kolosztrumot, amelynek Brix – index értéke legalább, 22 Brix % (50 mg IgG / ml) (Bielmann és mtsai, 2010). Az oldott anyagokat nagy mennyiségben oldott anyagokat tartalmazó kolosztrumminta nagyfokú fényszóródást okoz, amely nagyobb Brix %-ot jelzi. A Brix-index, valamint az IgG koncentráció közötti összefüggését, valamint annak minősítését a 2. táblázatban összesítettem.

A Brix – index meghatározásához egy csepp (0,5 – 1 ml) kolosztrumot helyezünk a prizmára, amelyet a fényáteresztő fedél lehajtásával egyenletes rétegben szétkenünk. A refraktométert fényforrás felé helyezve leolvassuk a fénytörés mértékét, amely az eredményt %-ban adja meg.

2. táblázat: Brix index, IgG koncentráció és a kolosztrum minősége közötti összefüggés

Minősítés	**Brix-index (%)**	**IgG koncentráció (g/l)**
Kiváló	30 <	80 <
Jó	20 – 30	50 – 80
Elfogadhat ó	15 – 20	28 – 50
Gyenge	15 >	0 – 28

4.5. A mikotoxinok előfordulása, jelentősége és hatásmechanizmusa

A mikotoxin napjaink egyik kiemelt globális takarmány- és élelmiszerbiztonsági problémája. „Köszönhető” ez annak, hogy a növénytermesztésben, az állattenyésztésben és ezáltal az élelmiszeriparban is súlyos gazdasági károkat okoz. A mikotoxinok okozta gazdasági veszteségek mellett nem szabad elfeledkezni arról a tényről, hogy súlyos állat– és humánegészségügyi kockázatot jelentenek, mert a mikotoxinnal szennyezett élelmiszerrel vagy takarmánnyal felvett méreganyag a szervezetbe jutva károsodásokat okozhat gerincesekben (Kovács, 2019).

A penészgombák szaporodását és toxintermelését több környezeti tényező is befolyásolja. A most zajló klímaváltozásnak nem ismert hatásai is lehetnek. A globális felmelegedés, valamint a vele járó szélsőséges időjárási körülmények várhatóan rontani fogják a

szálastakarmányok minőségét, mennyiségét és táplálóértékét (Babinszky et al, 2011b). Az eddigi kutatások azt igazolják, hogy az éghajlat változásával a mikotoxinok száma, valamint a növények szennyezettsége növekedhet. Megváltozik emellett az eddig ismert toxintermelés profilja, más mikotoxinok kerülnek előtérbe vagy éppen szorulnak vissza, ezáltal új multitoxikus hatás jön létre (Kovács, 2019).

A penészgombák másodlagos anyagcseréjük során mikotoxinokat termelnek, amelyek ma ismert száma több ezer, de a kutatások nem zárják ki ennek a számnak a növekedését. Ezen mikotoxinok közül közel száznak bizonyították a káros hatásait. Kiemelt figyelmet kell fordítani arra a 15-20 mikotoxinra, amelyek komoly humán-és állategészségügyi kockázatot jelentenek. A mikotoxin-terhelés során a sejtekben, más hatásaik mellett, oxidatív stresszt indukálhatnak, ezzel sejtkárosodást, nekrotikus vagy apoptótikus sejthalált idézve elő (Rafai, 2003; Mézes, 2020)

Amint arra korábban utaltam a mikotoxinok a penészgombák másodlagos anyagcseretermékei. Másodlagos anyagcseretermékeknek nevezzük azt a metabolitot, amelyet a képződés és a pusztulás egyensúlyba kerülése után állít elő a gomba (Kovács, 2019). Termelődésüket a gombát ért környezeti stresszhatás indukálja (Schmidt-Heydt és mtsai., 2008). Benett (1987) használta először a mikotoxin kifejezést: „a mikotoxinok a gombák természetes termékei, amelyek mérgező hatást váltanak ki magasabb rendű gerincesekben vagy más állatokban, amennyiben azokat természetes úton (táplálékkal, bőrkontaktussal vagy, - belégzéssel) felveszik". (Mézes és mtsai, 2003). A mikotoxinok fiziológiai és patológiai hatása erős, az embert és haszonállatainkat általában emésztőtraktuson keresztül károsítják (Bata et al, 1990). Ismertek azonban olyan mikotoxinok is, amelyek kontakt dermatotoxikus hatásúak, továbbá ismertek olyanok is, amelyek inhalálás – belélegzés – útján is képesek a szervezetbe kerülni és azt megbetegíteni. (Rafai, 2003). A szervezetben – legyen az ember vagy állati – kifejtett toxikus hatásuk függ az adott toxin szerkezetétől, annak koncentrációjától az expozíciós időtől, továbbá a szervezet ellenállóképességétől, az ivartól és az életkortól. (Kovács, 2019)

A mikotoxinok lehetnek rákkeltő, immunszupresszív, mutagén, ösztrogén-mimetikus vagy teratogén hatásúak, akár már igen kis koncentrációban is. Gátolják továbbá fehérjeszintézist, károsítják az idegrendszert és pranchymás szerveket (Rafai, 2003).

A takarmánnyal felvett mikotoxinok ellenállók az emésztési folyamatokkal. így például a gyomorsavval szemben. A vékonybélből felszívódnak majd a portális keringéssel a májba kerülnek. Egy részük változatlan formában az epével ürül és visszakerül a vékonybélbe, másik részük pedig a májból a test egyéb szerveibe vándorol. (Kovács, 2019;

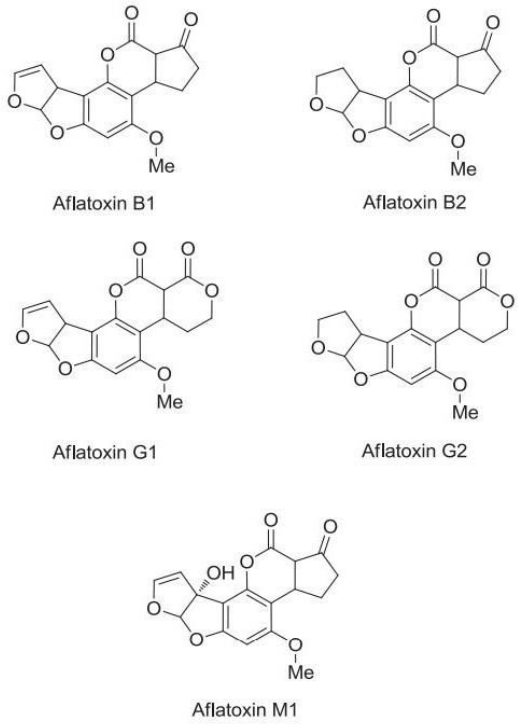
Rafai, 2003). Főként az izomzatban, a májban, valamint a vesében akkumulálódnak, a szervezetből pedig a tejjel, tojással és a vizelettel választódnak ki (Rafai, 2003). Vizsgálataim szempontjából fontos megállapítás, hogy számos mikotoxin képes átjutni a placentán, ezáltal a magzatot, a tejjel kiválasztódva pedig az utódot is károsítják. Több mikotoxin képes a szervezet antioxidáns- és/vagy immunrendszerét befolyásolni, ezáltal számos másodlagos kórfolyamatot indukálhatnak (Kovács, 2019).

4.6. Az aflatoxinok típusai, jelentőségük és hatásmechanizmusuk

Az Aspergillus fajokat korábban a raktári penészgombák csoportjába sorolták, mert főként a tárolás során fertőzte meg a növényt. Az egyre melegedő és csapadékban szegény, aszályos nyarak azonban biztosítani tudják a gombák számára a megfelelő közeget a szaporodásra már a szántóföldön is (Csernus és mtsai, 2013). Az éghajlati övek eltolódásának eredményeképp egyre nagyobb terület lesz érintve a takarmányok mikotoxin, ezen belül alfatoxin, szennyezésével. A penész szaporodását és annak toxintermelését fokozza a 15 %-kal nagyobb nedvességtartalom, a tartósan fennálló 75 %-nál nagyobb relatív páratartalom, valamint a hosszú ideig fennálló 30 °C-ot meghaladó hőmérséklet. Az EFSA kimutatása alapján a Dél-Európai régió országaiban (Spanyolország, Portugália, Olaszország déli része, valamint a balkán országok) az évi +2°C-os átlaghőmérsékletnövekedés mellett jelentősen emelkedhet az aflatoxin-szennyezettség kockázata. (EFSA, 2012). A fokozott aflatoxinterheltség az időjárási viszonyokkal hozható összefüggésbe hazánkban is. A 2022 júniustól augusztusig tartó időszak hazánk legmelegebb nyara volt 1901 óta. A magyarországi 2022 nyár átlaghőmérséklete 22,8 °C volt, amely 2,0 °C-kal meghaladta a 1991-2020 között mért átlagot (Országos Meteorológiai Szolgálat, 2023). Kiemelten súlyos volt a helyet az alföldi régiókban, ahol jellemzően 22-24 °C között alakult az átlaghőmérséklet a nyár folyamán. A lehullott csapadékmennyiség ugyanakkor kétharmada volt (134 mm) 2022-ben a 1991-2020-as években mért értékekhez képest (203 mm) (Országos Meteorológiai Szolgálat, 2023).

Az Európára vonatkozó kiterjedő modell alapján Magyarországon és a szomszédos országokban az aflatoxinszennyezettség kockázata 5°C átlaghőmérséklet emelkedés esetén nő. Ezzel összefüggésben mind hazánkban, mind a minket körülvevő régiókban a 2022 nyarán betakarított takarmánykukorica esetében számos esetben a határértéket (20 µg/kg) meghaladó aflatoxin B_1 tartalmat mértek. Így a tejre főként a takarmányként etetett szemes kukorica és kukoricaszilázs jelent kockázatot.

A mikotoxinok változatos kémiai szerkezetűek. A nagy molekulatömegű szénhidrátpolimerek allergének, többségében azonban kis molekulatömegű, antigénhatással nem rendelkező és a környezeti hatásoknak ellenálló vegyületek (Jakucs, 2003; Rafai, 2003). A különböző típusú aflatoxinok szerkezete az 1. ábrán látható.



1. ábra Az aflatoxinok szerkezete. (Forrás: Galaverna, és Dall'Asta, 2012)

Az aflatoxin B_1, G_1 kiemelt egészségügyi kockázatot jelentenek, mert humán karcinogének, de az AFM_1 is toxikus és feltehetően szintén humán karcinogén. Kockázatbecslés szempontjából a JECFA (FAO/WHO Élelmiszer Adalékanyag Szakértői Közös Bizottsága) és a SCF (Európai Bizottság, Élelmiszerek Tudományos Bizottsága) nem határozott meg tolerálható (TDI) aflatoxin értéket, hanem az ALARA (As Low As Reasonable Achivable) elvet javasolják alapul venni. Az Európai Biztosság 1881/2006/EK rendelete értelmében a nyerstej AFM_1 tartalma nem haladhatja meg a 0,05 µg/kg (50 ppt) határértéket.

Az *A. parasiticus* törzsek képesek az aflatoxin B_1 (AFB_1), az aflatoxin B_2 (AFB_2), az aflatoxin G_1 (AFG_1) és az aflatoxin G_2 (AFG_2) termelésére, azonban a legelterjedtebb *A.flavus* törzsek csak az AFB_1 -t termelik. Ugyanakkor a törzsek közel fele nem képes az aflatoxin termelésére. Az AFB_1-nek kiemelten fontos állat-és humánegészségügyi jelentősége van. Az aflatoxinok floureszcenciát mutatnak UV-fényben, így könnyen detektálhatók. A kékesen fluoreszkáló aflatoxinok csoportja a B (kék), ebből a B_1 és B_2 jelentős, míg a zölden fluroeszkáló csoport a G jelölést kapta, amelybe a G_1 és G_2-t soroljuk.

A felvett AFB_1 genotoxikus hatását úgy fejti ki, hogy reaktív epoxiddá alakul a májban. Monooxigenázok által AFB1-8,9-epoxiddá oxidálódik a xenobiotikum transzformáció során. Ez a molekula nagy hatékonyásggal kötődik a nukleinsavak guanin bázisához, AFB1-guanint (8,9-dihidro—N7-guanil-9-hidroxi-AFB1) képezve. Ez az addukt a DNS hibák javítása, azaz a DNS repair mechanizmus hibái miatt DNS pontmutációt eredményezhet (Kovács, 2019).

Az aflatoxinok kumaringyűrűt tartalmaznak, az AFB_1 és AFB_2 toxinok bifuránnal és pentanongyűrűvel, mag az AFG_1 és AFG_2 bifuránnal és hattagú laktongyűrűvel kondenzál (Rafai, 2003). A furángyűrűben található kettős kötés felelős a toxicitásért, amely könnyedén epoxidálódik citokróm P450 függő kevert funkciójú oxidázok segítségével. Az AFB_1 elsősorban passzív diffúzióval szívódik fel a vékonybélből, majd a portális keringésen át a májba kerül, ahol metabolizálódik (Moss, 1996; Kuilman és mtsai., 2000). Szoros összefüggés mutatható ki a májtumor kialakulása és a vérszérum AFB_1-albumin koncentrációja között. A májban akkumulálódhat, amelynek elfogyasztása szintén karcinogén kockázati tényező.

A tejtermelő gazdasági állatok szervezetében az aflatoxinnal szennyezett takarmány felvétele után az AFB_1 mikotoxint a mitokondriális citokróm P450 oxidatív rendszer átalakítja AFM_1-gyé. A felvett AFB_1 tartalmának 1,3% - 6% alakul át M_1 aflatoxinná, amely már 15-30 perccel később kimutatható a tejből (Kovács, 2019; Rafai, 2003). Egyes adatok szerint ez az időtartam 3-4 óra és 20-22 óra között változhat, azonban további eltérő eredményeket is kimutattak. Engel és Hagemeister (1978) szerint az aflatoxinok akár 42%-a is lebomlik a bendőben. A fennmaradt 58 % azonban tovább halad, majd a vékonybélből felszívódva káros folyamatokat idéz elő kérődzőben. Kiemelt gondot okoz ez intenzív tejtermelő tehenészetekben a nagytejű tehenek esetében, ahol az állatok bendőjében általában savas a kémhatás és a nagy mértékű takamányfelvétel miatt gyors a bendőpasszázs, így több mikotoxin jut el a vékonybélbe.

Hosszantartó, aflatoxinnal szennyezett takarmánybevitel esetén termeléscsökkenés tapasztalható, amelyet csökkenő takarmányfelvétel, valamint a rosszabb takarmányértékesítés idézhet elő. Queiros és mtsai (2012) 75 µg/kg AFB1/kg mikotoxintartalmú takarmányadagot etettek tejelő tehenekkel, aminek eredményeképp alacsonyabb tejzsírtartalmat, tejfehérjetartalmat és tejhozamot tapasztaltak (-2,5 kg/nap/tehén).

Az aflatoxin szaporodásbiológiai folyamatokra gyakorolt hatásáról kevés tanulmány áll rendelkezésre. Komsky-Elbaz és mtsai (2012) vizsgálatai alapján az alfatoxin negatív hatással volt a bikák spermiumainak életképességére, csökkentette a mitokondriális

membránpotenciálját és a DNS-ingeritását (Komsky-Elbaz, 2018). A májkárosító hatást, valamint a fokozott lipidperoxidációt és az immunválasz készség csökkenését a klinikai paraméterek változása jelzi (enzimek aktivitása, fehérjekoncentráció, amelyek közül a GGT [gammaglutamil transzferáz] aktivitása az elsődleges marker)). Az AFB_1 aflatoxinnal szennyezett takarmány felvétele után nő a lipidperoxidok képződése (Madhusudhanan és mtsai., 2004). Csökken továbbá a vér A- és E- vitamin tartalma (Kovács, 2019). A vemhes és a fiatal állatok fokozottan érzékenyek az aflatoxin-szennyezettségre.

Jelentős gazdasági károkat okoz mind a termeléscsökkentő, immunszupresszív hatása, mind pedig a nyerstej AFM_1 koncentrációja miatt. Utóbbi esetében a tejipar szigorú szabályokhoz kötik a nyerstej átvételét a gazdaságoktól, így bevizsgált tej AFM_1 tartalma nem haladhatja meg az 0,05 µg/kg határértéket. Ellenkező esetben a tejet kell megsemmisíteni, amely jelentős kiesést okoz a gazdáknak. Az AFM_1 stabil vegyület, így a feldolgozás során nem alakul át, nem bomlik le, még hőkezelés hatására sem. Mivel az AFM_1 kazeinhez kötődik, emiatt a sajtkészítés során a sajt aflatoxintartalom nő, a késztermék toxintartalma pedig sokszorosa az eredeti termék aflatoxin koncentrációjának (Kovács, 2019).

A takarmányok AFB_1 tartalmából megbecsülhető a tej AFM_1 tartalma. Például amikor a TMR (25 kg/ nap/ tehén sza. felvétel mellett) AFB1-tartalma <0,9 µg/kg, akkor a tej AFM_1-tartalma 0,030 µg/kg. Az AFM1-tartalom viszont a határérték felett lehet, ha a TMR-ben az AFB_1 mért értéke >2 µg/kg szárazanyagra vonatkoztatva (Pettersson képlettel). Kukoricaszilázs esetében (minimum 7 kg/ nap/ sza. felvétel esetében, nagytejű adagban 25 kg/nap/tehén sza. felvétel mellett) a nem hivatalos határ 0,0035 mg/kg a szárazanyagra vonatkoztatva. Szemeskukorica esetében (4 kg/nap/ sza. felvétel esetében, nagytejű adagban 25 kg/nap/tehén sza. felvétel mellett) a határérték 0,007 mg/kg szárazanyagra vonatkoztatva, míg a légszáraz abrakkeverék esetében (min. 12 kg/nap sza. felvételnél, nagytejű adagban 25 kg/nap/tehén sza. felvétel mellett) 0,0023 mg/kg a szárazanyagra vonatkoztatva.

Klinikai tünetek alapján nehezen felismerhető az aflatoxikózis, a többi penészgomba egyidejű jelenléte, valamint azok számos másodlagos kórfolyamatot indukáló hatása miatt. A tünetek függnek még a szennyezett takarmány típusától, a toxinterhelés időtartamától, a dózistól, valamint az állat fajától és fajtájától. A takarmányösszetevők aránya, valamint azok keményítő- és fehérjekoncentrációjának változtatása is módosíthatja a bendőmikrobák mikotoxin transzformáló képességét (Xiao és mtsai., 1991; Muller és mtsai., 2001, Liu Yang 2010).

4.7. A mikotoxin kötők

A mikotoxinok elleni védekezés egyik lehetősége a mikotoxinkötő adalékanyagok takarmányba keverése. Az Európai Bizottság 386/2009/EK rendelete alapján a technológiai adalékanyagok csoportjába sorolta a mikotoxin szennyezettség csökkentésére alkalmas toxinkötő anyagok funkcionális csoportját. A gyakorlatban elterjedt mikotoxin kötő anyagok lehetnek szerves és szervetlen vegyületek. Ezek olyan takarmány adalékanyagok, amelyek csökkentik a mikotoxinok szervezetben történő felszívódását és/vagy segítik annak kiválasztását, vagy módosítják a hatásmechanizmusukat (Kovács, 2019). A szervetlen vegyületek közé tartozik az aktív szén, valamint az agyagásványok. A szerves vegyületek közül ismert a klorofillin, egyes huminsav-származékok, valamint az élesztősejtfal-kivonatok. (Mézeset et al, 2010)

A gyakorlatban a filloszilikátok, vagyis a montmorrilonit/szmektit, a kaolin és az illit terjedtek el, mint agyagásványtípusú mikotoxin kötők. A kaolin rendkívül költséges, és főként csak az aflatoxin megkötésére képes, de gazdaságossági szempontok miatt nem alkalmazzák. A bentonit az 1060/2013/ EU végrehajtási rendelet alapján 70% szmektit, maximum 10 % földpát, valamint maximum 4 % kvarc és kalcit tartalommal kell, hogy rendelkezzen (Mézes, 2019). Szerkezetét tekintve SiO_2-tetraéderekből és Al_2O_3-oktaéderekből álló kristályos szerkezet. Belső rétege pozitív, külső rétege pedig negatív töltéssel rendelkezik, amelyek vízzel érintkezve szétválnak, térfogatuk megnövekszik (Orosz, 2022).

Elterjedt agyagásvány továbbá a zeolit, amelynek jelentős a pozitív kationkötési kapacitása. Kristályos felépítése miatt rácsszerkezetű. Abszorbensként használhatók fel az alkotó elemek közötti távolság és a felületükön lévő elektromos töltés miatt (Rafai, 2003). A zeolit 95,5%-ban képes megkötni az AFB_1-et (Bočarov Stančić és mtsai, 2018). Szintén hatékony az aflatoxin elleni védekezésben a hidratált nátrium-kalcium-alumínium szilikát (HSCAS). (Ramos és Hernandez 1997)

Az aflatoxin poláros vegyület, így annak megkötésére elsősorban az agyagásványok alkalmasak. Eltérő lehet azonban az agyagásványok kötési képessége azoknak a bélcsatorna egyes szakaszaiban uralkodó pH viszonyok iránti eltérő érzékenységük miatt. Fontos megemlíteni, hogy a takarmány egyes táplálóanyagai, mint például a vitaminok és mikroelemek is poláros karakterűek, így az agyagásványok ezeket is megköthetik (Ward és mtsai, 1991). Hátrányuk továbbá, hogy a természetes agyagásványok nehézfémeket vagy dioxinokat is tartalmazhatnak, ezért az USA FDA 1999-ben nem biztonságos mikotoxin

kötőnek minősítette az agyagásványokat. Az EU szabályozás ugyanakkor ilyen kitételt nem tartalmaz.

5. Anyag és módszer

A vizsgálatot a tisztabereki Berek-Farm Kft tejelő szarvasmarha-telepén állítottuk be. A 2023. márciusi fejési átlag a telepen 40,90 l volt (ÁT Kft.) A vizsgálat 2023. március 8-tól április 20-ig tartott. A vizsgálat végét 2023. április végére időzítettük annak érdekében, hogy z évszak- és hőmérsékletváltozást, valamint a takarmányváltást (fűszilázs), mint befolyásoló tényezőket, kizárjuk.

5.1. Kísérleti állatok és csoportosításuk

A vizsgálat során a várható ellést megelőző 3. héten két csoportot alakítottunk ki:

- kontrollcsoport: az aflatoxin B_1 terhelt, de mikotoxin kötőt nem tartalmazó takarmányadagot fogyasztó állatok csoportja,
- kezelt csoport: az aflatoxin B_1terhelt és 100 g /nap/tehén v. előhasi üsző agyagásványalapú mikotoxinkötőt (Mycofix® Secure) tartalmazó takarmányadagot fogyasztó állatok csoportja

A kísérlet ideje alatt a várható elléseket n=80-ra becsültük. A kísérletben ténylegesen részt vevő holstein-fríz típusú anyaállatok ellésszám szerinti megoszlását a 3. táblázat tartalmazza.

***3. táblázat*:** A kísérleti állatok ellésszám szerinti megoszlása

	Kontroll	**Kezelt**
Elsőborjas	7	12
Többször ellett	19	20
Összesen	**26**	**32**

Az állatok korát a szakirodalmi adatokat (Brix-index szórása) alapul véve figyelmen kívül hagytuk, de a mellékletekben szereplő táblázatban feltüntettem. Az állatok minden esetben késő vemhesek (becsült ellés időpontja 3 héten belül). A mikotoxin kötő javasolt dózisát 2023. március 8-án kezdtük etetni. Az aflatoxinkötő hatás idejét figyelembe véve (7 nap) az adatokat 2023. március 16-tól rögzítettük.

5.2. Takarmány mintavétel

A csoportok kialakítása, valamint a vizsgálat megkezdése előtt mintát vettünk az előkészítő csoportban etetett takarmányalapanyagokból (TMR, előkészítő takarmánykeverék, olaszperjeszilázs, kukoricaszilázs, szójadara, szójahéj pellet, repcedara). A mintákat az Állattenyésztési és Teljesítményvizsgáló Kft. Tejvizsgáló laboratóriumába küldtük aflatoxin B_1 meghatározásra. A takarmányban fennálló aflatoxin B_1 szennyezettség bizonyítása után a takarmány mintavétel a vizsgálat ideje alatt minden hétfői napon történt, így monitorozva a TMR-ben fennálló aflatoxin B_1 szennyezettséget.

A TMR táplálóanyagösszetételének vizsgálatára a mintákat az Állattenyésztési és Teljesítményvizsgáló Kft. Takarmányanalitikai laboratóriumába küldtük, kizárva annak lehetőségét, hogy az eltérő táplálóanyagtartalom befolyásolhassa a kísérlet során vizsgált paramétereket. Ezt a vizsgálat során hetente megismételtük.

5.3. Kolosztrum mintavétel és annak vizsgálata

A kolosztrum fejésének időpontja az ellés utáni első fejőházba való felhajtás időpontja volt (4:00, 12:00, 20:00). A frissen ellett tehenek fejésére a teljes állomány lefejése után került sor. Azok a tehenek, amelyek 20:00 után ellettek 01:00 és 01:30 között, a 12:00 után ellett tehenek 17:00 - 17:30 között, míg a 4:00 után ellettek 9:00 – 9:30 között kerültek fejésre. Az elléstől a kolosztrum lefejéséig eltelt idő minden esetben kevesebb volt, mint 5 óra.

Az első fejés során az állatoktól kolosztrum mintákat vettünk majd refraktométer segítségével vizsgáltuk azok immunglobulin tartalmát. Az optikai refraktométer prizmájára egy kis mennyiségű (0,5 – 1 ml) mintát cseppentettünk. Az optikai refraktormétert a fényforrás felé fordítottuk, majd leolvastuk a fénytörés mértékét. A fénytörés mértéke alapján megállapítottuk a kolosztrum Brix-indexét.

A kapott Brix – indexet feljegyeztük a ColoQuick formanyomtatványába. A kolosztrum mennyiségét az első fejés alkalmával a fejőházi berendezés adatai alapján rögzítettük. A megfelelő minőségű föcstejet (≥ 3 l / első fejés/ tehén; ≥ 22 Brix-index) pasztőrözést követően a ColoQuick típusú egyszer használatos tasakba töltöttük majd a kolosztrum bankban került lefagyasztásra. A hőmérsékletet a ColoQuick felhasználási javaslatai szerint -14°C-ra állítottuk be.

A kolosztrum mennyiségének meghatározásához az AFI Milk MPC típusú fejőgép adatait használtuk. A fejés végén feljegyeztük a vizsgálatban szereplő állatok által leadott kolosztrum adatait.

5.4. Borjak születési súlyának vizsgálata

A borjak súlyát a születést követően mértük, az adatokat pedig társítottuk az anya eddig mért adataihoz (azonosító, ellés dátuma, csoport, kolosztrum mennyiség, kolosztrum minőség).

5.5. Laboratóriumi módszerek

5.5.1. A takarmányalapanyagok aflatoxin B_1 szennyezettségének vizsgálata

A takarmányalapanyagok aflatoxin B_1 kvantitatív meghatározására a RIDASCREEN® Aflatoxin B130/15 (art. No.: R1211) kompetitív enzim-immunassay tesztet használtuk. A hivatalos mintavételi eljárás szerint vett TMR takarmánymintát megdaráltuk, majd összekevertük az extrakciós lépés előtt. A mintából 5 g-ot mértünk zárható edénybe majd hozzáadtunk 25 ml 70 %-os metanol oldatot és rázógépen 3 percen keresztül összeráztuk. Az extraktumot Whatman No 1. típusú szűrőpapíron szűrtük. Az oldat pH-ját 7 +/- 0,2-re állítottuk be. A szűrletből 1 ml-t 1 ml desztillált vízzel hígítottuk. A vizsgálathoz 50 µl-t hígított szűrletet használtunk.

A vizsgálat előtt a reagenseket szobahőmérsékletűre melegítettük (20 – 25 °C). A tartóba a minták és a standardok számának megfelelő számú mikrotiter vizsgálati helyet helyeztünk. A vizsgálati helyekbe 50 µl standartot vagy mintaoldatot pipettáztunk majd a vizsgálati helyekbe 50 µl enzimkonjugált oldatot végül 50 µl anti-aflatoxin antitest oldatot. A küvettákban lévő oldatokat a plate körkörös mozgatásával összekevertük majd 30 (+/- 1) percig inkubáltuk szobahőmérsékleten (20 – 25 °C). A lyukakból gyors mozdulattal kiürítettük a folyadékokat, minden helyet 250 µl mosópufferrel kiöblítettünk majd a mosási lépést háromszor megismételtük. A mikroplatet szűrőpapírra helyezve eltávolítottuk a bennmaradt folyadékot.

A lyukakba 100 µl szubsztrátot mértünk majd a folyadékot a plate körkörös mozgatásával összevertük. A folyadékot sötétben, szobahőmérsékleten (20 – 25 °C) inkubáltuk 15 +/- 1 percig.

A lyukakba 100 µl stopreagenst pipettáztunk. A platet ismételten körkörös mozgattuk, hogy a folyadékot összekeverjük. Az abszorbanciát 450 nm-en mértük. A stopreagens hozzáadása után 15 percen belül leolvastuk a kapott eredményt.

A kiértékeléshez a RIDA®Soft Win programot használtuk.

5.5.2. A TMR-minták aflatoxin B_1 szennyezettségének vizsgálata

A TMR aflatoxin B1 kvantítatív meghatározására a RIDASCREEN® Aflatoxin B130/15 (art. No.: R1211) kompetitív enzim-immunoassay tesztet használtuk. A TMR-mintát megdaráltuk, majd összekevertük az extrakciós lépés előtt. A mintából 5 g-ot mértünk egy csavarral zárható edénybe, majd hozzáadtunk 25 ml 70 %-os metanol oldatot, majd rázógépen 3 percen keresztül összeráztuk. Az extraktumot Whatman No 1. típusú szűrőpapíron szűrtük. Az oldat

pH-ját 7 +/- 0,2-re állítottuk be. A szűrletből 1 ml-t hígítottuk 1 ml desztillált vízzel. A vizsgálat során 50 µl-t hígított szűrletet használtunk mintahelyenként.

A kompetitív enzim-immunoassay módszere azonos volt a takarmányalapanyagoknál alkalmazottal.

5.5.3. A TMR-minták táplálóanyag-tartalmának vizsgálata

A mintákat először a MSZ6830-1:1983 szabványmódszer szerint érzékszervi vizsgálat alapján ellenőriztük.

A mintákat előszárítással (70°C) előkészítettük (MSZ ISO 6498:1990 szabvány), majd 1 mm szemcseméretűre daráltuk. A finomra darált mintát boroszilikát üvegbe mértük és NIR-spektroszkóppal színképet készítettünk (NEN-EN-ISO 12099 szabványmódszer). A takarmányok nedvességtartalmának meghatározására a MSZ ISO 6496:1993 szabványt alkalmaztuk.

A referencia adatbázishoz használt kémiai módszerek

Nyersfehérje: NEN-ISO 5983-2 EG guideline L54 2009/152

Nyersrost: NEN-EN-ISO 6865 EG guideline L54 2009/152

Nyerszsír: NEN-ISO 6492, EG guideline L54 2009/152

Keményítő: NEN-EN-ISO 15914

Amilázzal kezelt, hamuval korrigált NDF (NDF = aNDFom): NEN-EN-ISO 13906

Hamuval korrigált ADF (ADF = ADFom): NEN-EN-ISO 13906

ADL: NEN-EN-ISO 13906

Összcukor: EG guideline L54 2009/152

Szerves anyagok emészthetősége 48 órás in vitro inkubációval (OMd48; Tilley–Terry, 1963)

Bendőben lebomló NDF (NDFd48 = aNDFomd48): 48 órás inkubáció bendőfolyadékban /pufferoldatban (39ºC), extrakció neutrális detergens (ND) oldattal, szerves anyagok gravimetriás meghatározása, standardizálás 10 in vivo referenciaminta alkalmazásával. NDFd48= (NDF-lebontatlan NDF) / NDF x 100.

A vizsgált értékeket a Magyar Takarmánykódszer, 2004. II.1.3 hivatkozása alapján számítottuk ki.

5.6. Statisztikai módszerek

Az eredmények statisztikai értékelése során kiszámítottam az átlag és a szórás értékeket majd a csoportokat kétmintás Student *t* teszttel hasonlítottam össze. Szignifikáns eltérésnek a $p<0,05$ értéket tekintettem. A matematikai statisztikai számításokat GraphPad Prism 5.04 for Windows (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) szoftverrel végeztem.
Ezt követően párosítottuk az egyes paramétereket.

1 pont – kizárva (kevés kolosztrum < 3 liter)

2 pont – kizárva: kolosztrum ≥ 3 liter ÉS Brix < 22

3 pont – teljesül: kolosztrum ≥ 3 liter ÉS Brix≥ 22

A Past 4.11 programmal elemeztük az adatokat. A normalitás vizsgálat (Kolmogorov-Smirnov teszt) szignifikáns különbséget jelzett a két csoport között ($p=0,024$), ami tovább erősítette, hogy csak nem-parametrikus teszt alkalmas az értékelésre. Az F-próba értéke ($p=0,9$) a varianciák esetében nem jelzett statisztikailag igazolt eltérést. Az összehasonlításra alkalmas nem-parametrikus próba a kétszélű Wilcoxon (Mann-Whitney U-teszt). Mivel az össz elemszám (kontroll+kezelt) nagyobb mint 30, a Monte Carlo permutació után kapott p-értéket vettük figyelembe.

6. Eredmények

6.1. A takarmányvizsgálatok eredményei

A kísérlet során elsőként a takarmányalapanyagok aflatoxin B1 szennyezettségét mértük fel. Ennek eredményeit a 4. táblázatban mutatom be. A TMR-ben 2,41 µg/kg aflatoxint B1-et találtunk 12 % nedvességtartalomra vonatkoztatva. Ez az adat a hivatalos határérték (5 µg/kg alatt volt, de a gyakorlati tapasztalatok alapján tejelő csoportokban már az 50 ng/kg határt meghaladó AFM1-értéket eredményezett volna.

A kukoricaszilázs esetében az aflatoxin B_1 tartalom 1,76 µg/kg volt. A repcedara aflatoxin B1 tartalma 1,34 µg/kg volt a vizsgálat előkészítésekor. Olaszperje-szilázs esetén azonban 12 % nedvességtartalomra vonatkoztatva a kukoricaszilázsnál nagyobb, 2,15 µg/kg értéket mértünk, amely mindkét esetben a határérték 5 µg/kg alatt volt. Mind az extrahált szójadara, mind a szójahéj pellet esetében az aflatoxin B1 tartalom <1 µg/kg volt.

Az emelkedett TMR aflatoxinértéket elsősorban az előkészítő légszáraz takarmánykeverék okozhatta, amelynek aflatoxin B1 tartalma 4,5 µg/kg volt a vizsgálat megkezdése előtt.

***4. táblázat*:** A TMR és a takarmányalapanyagok aflatoxin B1 vizsgálatának eredményei

Takarmány megnevezése	12 % nedvességtartalomra vonatkoztatva µg/kg	Szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva µg/kg
TMR EK	2,41	2,74
EK Mix tak. keverék	4,50	5,12
Olaszperjeszilázs	2,15	2,44
Kukoricaszilázs	1,76	2,00
Extrahált szójadara	1 alatt	1 alatt
Szójahéj pellet	1 alatt	1 alatt
Repcedara	1,34	1,53

A kontroll csoportban, valamint a mikotoxin-kötővel kiegészített takarmányadaggal etetett csoportban a TMR-t minden héten monitoroztuk az aflatoxin B1 tartalomra vonatkozóan, amelynek eredményeit az 5. táblázatban mutatom be. Az átlagértékek alapján megállapítható, hogy nem volt szignifikáns eltérés a kontroll és a mikotoxin-kötőt tartalmazó TMR minták aflatoxin B_1 tartalmában, de az aflatoxin B1 szennyezettség a kísérlet teljes időtartalma alatt fennállt. Az értékek ingadozása és az átlag számszaki eltérése a TMR keverékjellegéből és a mintavételi hibából adódik, amit üzemi körülmények között nem lehet kizárni.

5. táblázat A TMR aflatoxin B_1 tartalomának vizsgálatának eredményei (n=1)

Dátum	**Kontroll TMR µg/kg sza.**	**Mikotoxinkötőt tartalmazó TMR µg/kg sza.**
2023. március 13.	1,84	1,50
2023. március 20.	2,31	1,86
2023. március 27.	1,88	1,93
2023. április 3.	1,72	1,37
2023. április 10.	1,40	1,13
2023. április 17.	1,40	1,12
Átlag	**1,76**	**1,49**
Szórás	0,34	0,35
T – próba, p		0,20 NS

A 6. táblázatban a kontroll és toxinkötőt tartalmazó TMR tervezett összetétele és táplálóanyag-tartalma látható.

6. táblázat A kontroll és toxinkötőt tartalmazó TMR tervezett komponensei és táplálóanyag-tartalma
(Berek-Farm Kft, 2023 03.)

A takarmányadag tervezett összetétele	**kg/nap/tehén**
Kukoricaszilázs	12,0
Fűszenázs 2. kaszálás	5,0
Perjeszéna	1,0
Szójahéj	1,0
Előkészítő táp	4,6
Kukorica	1,3
Extr. Repcedara	2,7
Egyéb	0,6
TMR tervezett táplálóanyag-tartalma,	**g/kg sza.**
Adag, kg/nap/tehén	23,60
Szárazanyag, kg/nap/tehén	11,9
Nyersfehérje	156,2
Nyersrost	194,8
NDF	398,8
Keményítő	173,7
Ca	13,1
P	4,1
K	13,1
Na	0,5
Mg	4,4

A 7. táblázatban a kontroll és toxinkötőt tartalmazó TMR táplálóanyag-tartalmának eredményei láthatóak.

Megállapítottam, hogy a kontroll és a toxinkötőt tartalmazó EK TMR minták táplálóanyag-tartalma egyenletes eloszlást mutatott kis szórásértékekkel és nem tért el szignifikánsan egymástól a kísérlet időtartam alatt.

Továbbá megállapítottam, hogy a tervezett és a mért táplálóanyag-tartalom között nem volt jelentős különbség, kivéve a nyersfehérje-tartalmat. A mért eltérés azonban üzemi körülmények között az előkészítő csoportban nem tekinthető aggályos mértékűnek.

7. táblázat A kontroll és toxinkötőt tartalmazó TMR táplálóanyag-tartalmának eredményei (Berek-Farm Kft, heti mintavétel, NIR-adatok)

	Száraz-anyag	Nyers-fehérje	Nyersrost	Keményítő	aNDFom	$dNDF_{48}$	OMd_{48}
	g/kg	g/kg sza.	g/kg sza.	g/kg sza.	g/kg sza.	g/kg sza.	%
TMR EK Kontroll							
2023.03.13	491	138	207	188	397	231	75,3
2023.03.14	501	138	210	162	403	224	72,3
2023.03.15	511	140	185	181	382	204	71,3
2023.03.16	508	144	195	177	385	211	73,2
2023.03.17	494	169	166	148	352	205	74,5
2023.03.18	514	147	188	177	388	217	72,6
Átlag	**503,2**	**146,0**	**191,8**	**172,2**	**384,5**	**215,4**	**73,2**
Szórás	**9,4**	**11,8**	**16,1**	**14,6**	**17,7**	**11,0**	**1,5**
CV%	**1,9**	**8,1**	**8,4**	**8,5**	**4,6**	**5,1**	**2,0**
TMR EK Kezelt							
2023.03.13	497	142	186	188	374	202	72,7
2023.03.14	507	137	207	177	416	228	72,9
2023.03.15	505	139	191	175	395	207	71,9
2023.03.16	512	145	190	154	397	223	72,2
2023.03.17	498	158	169	168	350	190	73,5
2023.03.18	515	146	201	165	394	220	73,0
Átlag	**505,7**	**144,5**	**190,7**	**171,2**	**387,7**	**211,5**	**72,7**
Szórás	**7,3**	**7,4**	**13,2**	**11,6**	**22,8**	**14,6**	**0,6**
CV%	**1,4**	**5,2**	**6,9**	**6,8**	**5,9**	**6,9**	**0,8**
T-próba, p	**0,236**	**0,499**	**0,816**	**0,886**	**0,605**	**0,559**	**0,381**

6.2. A kolosztrum vizsgálatának eredményei

A vizsgálat során a kolosztrum mennyiségét a 8. táblázatban közöltem. A mikotoxinkötővel kiegészített takarmány etetésének hatására a kolosztrum mennyisége nem tért el szignifikáns mértékben ($p > 0,05$), azaz a vizsgálat során a kontroll és a kezelt csoportokban a kolosztrum mennyisége közel azonos volt.

8. táblázat A kolosztrum mennyisége (2023. Berek-Farm Kft.)

	Kontroll csoport	**Toxinkötővel kezelt csoport**
	Kolosztrum, kg	
Átlag	5,0	5,2
Szórás	3,9	3,5
CV%	78	68
Mintaszám	26	32
T-próba P-érték	0,873	NS

A vizsgálat során gyűjtött kolosztrumminták Brix értékének eredményeit a 9. táblázatban közöltem. A mikotoxinkötőt tartalmazó TMR-rel etetett csoportban nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget a kontroll csoporthoz képest ($p > 0,05$). A kolosztrum Brix-indexben kifejezett minőségi értéke a mikotoxinkötővel kiegészített takarmányt fogyasztó csoportban 1 Brix-értékkel nagyobb volt a kontroll csoporthoz képest, de ez a különbség statisztikailag nem volt igazolható.

9. táblázat A kolosztrumminták Brix értéke (2023. Berek-Farm Kft.)

	Kontroll csoport	**Kísérleti csoport**
	Brix %	
Átlag	23	24
Szórás	4	3
CV%	17	14
Mintaszám	26	25
T-próba P-érték	0,510	NS

A mennyiség és minőség alapján kategorizált kolosztrum minták előfordulási gyakoriságát a 8. táblázatban összesítettem.

10. táblázat A mennyiség és a minőség alapján csoportosított kolosztrumminták előfordulási gyakorisága (2023. Berek-Farm Kft.)

	Kontroll csoport	Toxinkötővel kezelt csoport
Kolosztrum liter < 3 liter; %	42,3	28,1
Kolosztrum liter > 3 liter és Brix-index < 22	19,2	3,1
Brix-index ≥ 22	38,5	68,8
Kolosztrum ≥ 3 liter és Brix-index ≥ 22, %	38,5	68,8

A kolosztrumra vonatkozóan megvizsgáltuk azt a pozitív szelekciót, amelyet a telepi gyakorlat alkalmaz. A kolosztrumokat 22-es Brix-index felett, továbbá legalább 3 liternél nagyobb mennyiség esetén minősítettük megfelelőnek. Ennek alapján a kontroll csoportból származó minták 42,3%-a nem felelt meg a mennyiségre vonatkozó (> 3 l/ első fejés/ tehén) követelménynek. A mikotoxinkötő takarmányadalékanyagot tartalmazó takarmányt fogyasztó csoport esetében a lefejt kolosztrum 28,1%-a nem volt megfelelő a mennyiségre vonatkozó (>3 l/első fejés/ tehén) követelménynek. Megállapítható, hogy megfelelő mennyiségű (≥ 3 l/fejés/tehén) kolosztrum mellett az alacsony Brix indexű (Brix <22) tejek aránya a kísérleti csoportban lényegesen kisebb volt a kontrollhoz képest (kontroll: 19,2% vs. kísérleti: 3,1%). A megfelelő Brix-indexű (Brix ≥ 22) tejek arányában is jelentős eltérést tapasztaltunk a kontroll és a kísérleti csoportok között (kontroll: 38,5% vs. kísérletit: 68,8%). Jelentős különbség jellemezte a megfelelő mennyiségű (≥ 3 l/fejés/tehén), egyútal megfelelő Brix indexű (Brix ≥ 22) tejek arányát is a kontroll és a kísérleti csoportokat összehasonlítva. A mikotoxinkötő takarmány adalékanyag hatására 30,3%-kal több kolosztrum felelt meg egyidejűleg mindkét kritériumnak (mennyiség és Brix index). Ez az eredmény ugyan csak előzetes eredmények tekinthető, de a gyakorlat számára fontos és megfontolásra javasolt.

Az elmélet statisztikai értékelésére az alábbi vizsgálatot végeztük el. A két vizsgált paraméter egyszerre történő értékelésére bevezettünk egy pontozási skálát:

1 pont – kizárva (kevés kolosztrum < 3 liter)
2 pont – kizárva: kol ≥ 3 liter ÉS Brix < 22
3 pont – teljesül: kol ≥ 3 liter ÉS Brix≥ 22

A Past 4.11 programmal elemezve az alábbi eredményt kaptuk:

	A	**B**
Mean	1,961538	2,40625
Std. error	0,1795787	0,161016
Variance	0,8384615	0,8296371
Stand. dev	0,9156755	0,9108442
Median	2	3
25 prcntil	1	1
75 prcntil	3	3
Skewness	0,08015339	-0,9330001
Kurtosis	-1,87486	-1,154541
Geom. mean	1,743406	2,174844
Coeff. var	46,68149	37,85326

A normalitás vizsgálat (Kolmogorov-Smirnov teszt) szignifikáns különbséget jelzett a két csoport között (p=0,024). Az F-próba értéke (p=0,9) a varianciák esetében nem jelzett statisztikailag igazolt eltérést. Az összehasonlításra alkalmas nem-parametrikus próba a kétszélű Wilcoxon, vagy másik elnevezéssel a Mann-Whitney U-teszt.

Mann-Whitney test for "equal medians"

z : 1,9084 p (same med.): **0,05634**

Az össz elemszám (kontroll+kezelt) nagyobb mint 30, a Monte Carlo permutació után kapott p-értéket kell figyelembe venni, ami szignifikáns eltérést mutat a mediánok esetében.

Monte Carlo permutation: p (same med.): **0,0489**

6.3. A vizsgálat során született borjak születési súlya csoportonként

A vizsgálat során született borjak születési súlyának alakulását a két csoport között a 11. táblázatban foglaltam össze.

11. táblázat A kontroll és toxinkötővel kezelt borjak születési súlya (2023. Berek-Farm Kft.)

	Kontroll	**Kísérleti**
	Borjak születési súlya, kg	
Átlag	39,9	40,7
Szórás	3	3
CV%	8	8
Min	35	37
Max	43	46
Állatszám	9	11
T-próba P-érték	0,557	NS

A vizsgálat során született borjak születési súlyának alakulását a két csoport között a 7. táblázatban foglaltam össze. A kísérleti csoportban született borjak súlya 0,8 kg-mal volt több, mint a kontroll csoporthoz született borjaké, de a különbség statisztikailag nem volt igazolható ($p > 0,05$).

7. Megbeszélés

7.1. A TMR és a takarmányalapanyagok aflatoxin B1 vizsgálatának eredményei

Az előkészítő csoportban a takarmány-alapanyagok közül az előkészítő keverék (fő komponense a kukoricadara), az olaszperje-szilázs, a kukoricaszilázs, valamint a repcedara tartalmazott aflatoxin B_1-et. Ezáltal igazolást nyert az a feltevés, hogy az előkészítő csoportokban etetett takarmányalapanyagok is tartalmaznak aflatoxint B_1-et. Fontosnak tartom azonban kiemelni, hogy a kukoricaszilázzsal ellentétben az olaszperjeszilázs tartalmazott a legnagyobb mértékben AFB_1-et (kukoricaszilázs: 1,76 µg/kg; olaszperjeszilázs: 2,15 µg/kg sza.). Ennek feltehető oka a silókukorica (mint elővetemény) tarlómaradványában keresendő. A silókukorica sekély talajművelése különösen nagy veszélyt jelent a kora tavaszi betakarítású növények április-májusi rendképzése és rendfelszedése során. Ez a gazdálkodók számára további problémákra hívja fel a figyelmet a jövőben, elsősorban a növénytermesztés és a betakarítás során. További kérdést vet fel az előkészítő keverék AFB_1 tartalma (4,5 µg/kg sza.), ugyanis ez az érték már megközelítette a határértéket (5 µg/kg). A vizsgált takarmányalapanyagok AFB_1 tartalma ugyanakkor minden esetben az ezekre vonatkozó határérték alatt volt (20 µg/kg). Ezen adatok azt mutatják, hogy határérték alatti aflatoxintartalmú alapanyagokból is lehet a határértéket megközelítő vagy azt meghaladó aflatoxintartalmú keveréket készíteni.

A tej aflatoxin M1 tartalma 0,005 µg/ kg felett lehet, ha a TMR aflatoxin B1 tartalma több, mint 2 µg/kg sza. (Pettersson képlettel). A hipotézis, miszerint a kolosztrum tartalmazhat AFM_1-et, igaznak bizonyul, ugyanis az etetett TMR kiindulási AFB1-tartalma átlagosan 2,74 µg/kg volt. A TMR AFB_1 tartalma ugyanakkor a vizsgálat kezdetekor az EU határérték (5 µg/kg) alatt volt.

7.2. A kolosztrum mennyiségi és minőségi változása és a mikotoxinkötő alkalmazásának összefüggései

A kolosztrum kvalitatív és kvantitatív változása a mikotoxinkötő alkalmazásával összefüggésben nem mutatott szignifikáns különbséget az azonos AFB_1 szennyezettségű, de mikotoxinkötő adalékanyagot nem tartalmazó takarmányadaggal etetett csoporthoz képest.

Statisztikailag nem igazolódott az a feltevésem, hogy a mikotoxinkötő alkalmazása befolyásolja a kolosztrum mennyiségét. A kolosztrumminták mennyiségi és minőségi paraméterek alapján történt csoportosítása során azonban megállapítottam, hogy az

előfordulási gyakoriság alapján a jó minőségű kolosztrumra (Brix – index >22 és >3 liter/fejés/tehén) való szelektáláskor már különbségek voltak. A kisebb mennyiségű (<3l/fejés/tehén) kolosztrum a kísérleti csoportban 28,1% volt, míg a kontroll csoport esetében ez az arány már 42,3% volt (2. ábra). Ez azt jelenti, hogy a kisebb mennyiségű kolosztrumot termelő tehenek aránya a kontroll csoportban 1,5-szeres volt a kísérleti csoporthoz képest. A párhuzamos csoportok kialakítása az évszak, mint környezeti tényező befolyásoló hatását kizárta.

Feltehetően az aflatoxin immunszuppresszív hatásának tudható az az eredmény, hogy a jó minőségű kolosztrum (Brix -index >22) azoknál az állatoknál, amelyek takarmányába mikotoxinkötőt kevertünk és azonos volt az aflatoxin terheltség, 68,8% gyakorisággal fordult elő, amely a kontrol csoport esetében csupán 38,5% volt (2. ábra). Statisztikailag ez a megállapítás ugyan nem igazolt, de a gyakorlat számára hasznos információ lehet. A jó minőségű kolosztrum itatása a borjú szempontjából kiemelt fontosságú. A borjú azonban a telep számára csak hónapok múlva megtérülő befektetés, amelyhez elengedhetetlen a megfelelő táplálóanyag-tartalmú és nagy immunglobulin-koncentrációval rendelkező kolosztrum itatása. Az anyaállattal etetett aflatoxin B_1-gyel szennyezett takarmány esetében a szervezet védekezőképessége legyengülhet, ezért a kolosztrogenezis során kevesebb immunanyagot képes a kolosztrumba kiválasztani.

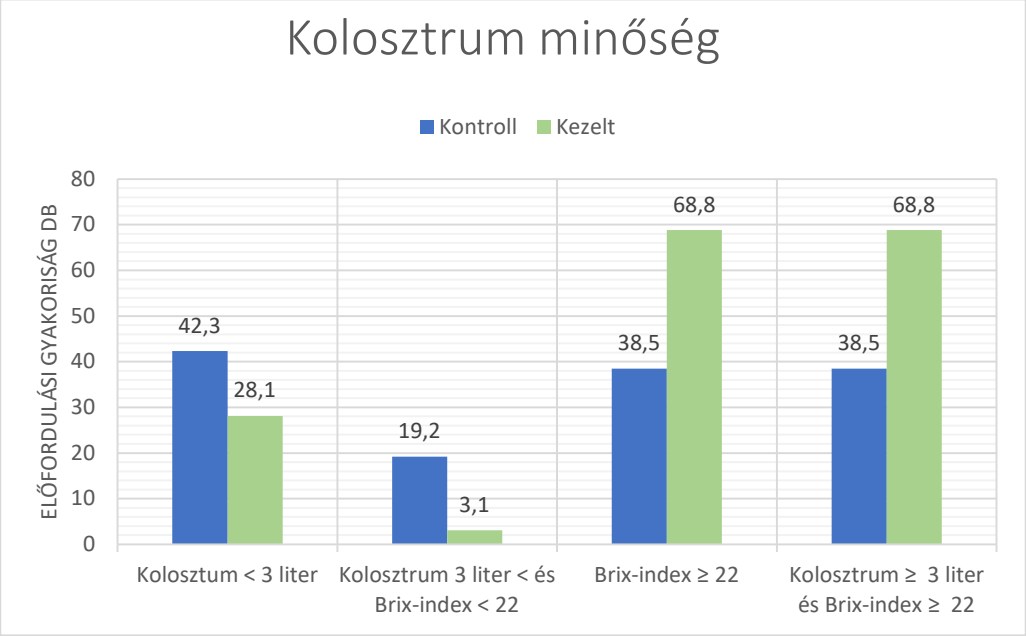
A két szelekciós paramétert együtt vizsgálva jelentős különbségeket tapasztalhatunk előfordulási gyakoriságban (2. ábra). A normál mennyiségű kolosztrum (>3l/fejés/tehén) mellett a gyenge Brix indexű (<22 Brix-index) tejek aránya a toxinkötővel kezelt csoportban kisebb volt a kontrollhoz képest (kontroll: 19,2% vs. kísérleti: 3,1%). Ez az eredményt igazolhatja az a megállapítás, hogy a nagyobb kolosztrum leadási mennyiség csökkentheti annak immunglobulin tartalmát.

Fontos különbséget tapasztaltunk a normális mennyiségű (>3 l/fejés/tehén) és egyben normál Brix-indexű (Brix-index 22<) tejek arányában a kontroll és kísérleti csoportokat összehasonlítva (2. ábra). A mikotoxinkötő takarmány adalékanyag alkalmazásának hatására 30,3%-kal több kolosztrum felelt meg egyszerre mindkét kritériumnak (vagyis a 22-nél nagyobb Brix-indexű és 3 liternél nagyobb mennyiségű kolosztrumnak). Ez az eredmény ugyan csak előzetes kísérleti eredmény, de a gyakorlat számára fontos és megfontolásra javasolt. A speciális statisztikai próba igazolta a különbséget a két paraméter együttes elemzésekor.

Az előfordulás gyakorisága megmutatja, hogy a kezelés hatására a kolosztrum minősége és mennyisége is változott, de a különbség statisztikailag nem igazolható. Emiatt

javasolt a kísérlet nagyobb létszámban való lebonyolítása ezen állítás statisztikai igazolásához. Kiemelném a kolosztrum minőségének ellenőrzését minden állatra vetítve, mert a szakirodalomban szereplő kutatások arról számolnak be, hogy az üszők kolosztruma Brix-indexben mérve gyengébb lehet. Ezt minden esetben vizsgálni szükséges, mert az általam vizsgált üszők esetében ez a megállapítás nem volt helytálló.

2. ábra A telepi gyakorlat számára minőségében és mennyiségében is megfelelő (kvalitatív, kvantitatív) kolosztrum előfordulási gyakorisága (%, n=26 és n=32, Berek-Farm Kft, 2023)



7.3. A borjak születési súlyának változása és a toxinkötő alkalmazásának összefüggései

Nem volt igazolható szignifikáns különbség a borjak születési súlya és az aflatoxinkötő alkalmazásának között. A borjak születési súlya 0,8 kg-mal volt nagyobb a kísérleti csoportban a kontroll csoportban született borjakhoz képest, de ez a különbség statisztikailag nem volt igazolható ($p>0,005$). Nagyobb mintaszámmal javaslom a hatás vizsgálatát.

8. Következtetések és javaslatok

Az Aspergillus fajokat korábban a raktári penészgombák csoportjába sorolták, mert főként a tárolás során fertőzte meg a növényt. Az egyre melegedő és csapadékban szegény, aszályos nyarak azonban biztosítani tudják a gombák számára a megfelelő közeget már a szántóföldön is (Csernus és mtsai, 2013). Az Európára vonatkozó kiterjedő modell alapján Magyarországon és a szomszédos országokban az aflatoxinszennyezettség kockázata 5°C átlaghőmérséklet emelkedés esetén nő. Ezzel összefüggésben mind hazánkban, mind a minket körülvevő régiókban a 2022 nyarán betakarított takarmánykukorica esetében számos esetben a határértéket (20 μg/kg) meghaladó aflatoxin B_1 tartalmat mértek. Így a tejre főként a takarmányként etetett szemes kukorica és kukoricaszilázs jelent kockázatot. A kísérlet során megállapítást nyert a tény, hogy a tejelő tehenek előkészítő csoportjában (nem termelő, késő vemhes tehenek az ellés előtt 0-3 héten) sem elhanyagolható a takarmány-alapanyagok, valamint a TMR aflatoxin B1-szennyezettségének vizsgálata, különösen száraz és forró nyár után. Ekkor a szemes kukorica és a kukoricaszilázs aflatoxin-terheltsége várható ezen csoportokban is. De más alapanyagok is lehetnek aflatoxin-szennyezettek: a silókukorica sekély talajművelése különösen nagy veszélyt jelent a kora tavaszi betakarítású növények április-májusi rendképzése és rendfelszedése során. Kísérletünkben az olaszperje-silázsban jelentős aflatoxintartalmat mutattunk ki.

A kolosztrum kvalitatív és kvantitatív változása a mikotoxinkötő alkalmazásával összefüggésben nem mutatott szignifikáns különbséget az azonos AFB_1 szennyezettségű, de mikotoxinkötő adalékanyagot nem tartalmazó takarmányadaggal etetett csoporthoz képest. A kolosztrumminták mennyiségi és minőségi paraméterek alapján történt csoportosítása során azonban megállapítottam, hogy az előfordulási gyakoriság változott a jó minőségű kolosztrumra (Brix – index >22 és >3 liter/fejés/tehén) való szelektáláskor. A kisebb mennyiségű kolosztrumot termelő tehenek aránya a kontroll csoportban 1,5-szeres volt a toxinkötővel kezelt csoporthoz képest. A jó minőségű kolosztrum (Brix -index >22) azoknál az állatoknál, amelyek takarmányába mikotoxinkötőt kevertünk és azonos volt az aflatoxin terheltség, 68,8% gyakorisággal fordult elő, amely a kontroll csoport esetében csupán 38,5% volt. A két szelekciós paramétert együtt vizsgálva jelentős különbségeket tapasztalhatunk előfordulási gyakoriságban. A normál mennyiségű kolosztrum (>3l/fejés/tehén) mellett a gyenge Brix indexű (<22 Brix-index) tejek aránya a toxinkötővel kezelt csoportban kisebb volt a kontrollhoz képest (kontroll: 19,2% vs. kísérleti: 3,1%). A mikotoxinkötő alkalmazásának hatására 30,3%-kal több kolosztrum felelt meg egyszerre mindkét

kritériumnak (vagyis a 22-nél nagyobb Brix-indexű és 3 liternél nagyobb mennyiségű kolosztrumnak). Ez az eredmény ugyan csak előzetes kísérleti eredmény, de a gyakorlat számára fontos és megfontolásra javasolt. A speciális statisztikai próba igazolta a különbséget a két paraméter együttes elemzésekor.

A kísérleti eredmények alapján javaslom az előkészítő csoportokban az aflatoxinkötő agyagásványok etetését aflatoxinnal terhelt TMR etetésekor, mert a kezelés kedvező hatással lehet a kolosztrum minőségére és mennyiségére egyaránt. A jó minőségű és egyben megfelelő mennyiségű kolosztrum előfordulási gyakorisága megmutatta, hogy a kezelés hatására a kolosztrum minősége és mennyisége is változott (a két paramétert együtt vizsgálva). Javasolt azonban a kísérlet nagyobb létszámban való lebonyolítása ezen állítás további statisztikai igazolásához.

9. Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni elsősorban a két konzulensemnek, Dr. Mézes Miklósnak és Dr. Orosz Szilviának, akik nélkül nem indulhatott volna a kísérlet. Tudásukat és tapasztalataikat átadva segítették a kísérlet megalapozását és lebonyolítását.

A dolgozatom nem készülhetett volna el a Berek-Farm Kft. segítsége nélkül, ezért külön köszönetet szeretnék mondani Bodó Csabának és Bodó Gergőnek, valamint a telepen dolgozóknak, hogy lehetőséget adtak a kísérlet végrehajtására.

Köszönöm a DSM Magyarország kérődző specialistájának Dr. Vida Orsolyának, hogy mindig készségesen állt segítségemre.

Köszönöm az Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft-nek, a minták térítésmentes vizsgálatát és kiértékelését, ezáltal hatalmas anyagi terhet vállalva magukra a kísérlet sikeres megvalósítása érdekében.

Vőlegényemnek és családomnak akik, hogy biztosították a nyugodt hátteret a TDK dolgozatom elkészítéséhez, valamint annak prezentálásához.

10. Irodalomjegyzék

1. Abuelo A., Gandy J.C., Neuder L., Brester J., Sordillo L.M.(2016): Short communication: Markers of oxidant status and inflammation relative to the development of claw lesions associated with lameness in early lactation cows. Journal of Dairy Science, 99(7). 5640–5648.
2. Akers, R.Michael (2002). Lactation and mammary gland, Ames, Iowa : Iowa State University Press
3. Babinszky, L., V. Halas, M. W.A. Verstegen. 2011b. Impacts of climate change on animal production and quality of animal food products In: H. Blanco and H. Kheradmand (esd). Climate Change – Socioeconomic Effects. InTech Publisher. 165-190
4. Bagwe, S.; Tharappel, L.J.P.; Kaur, G.; Buttar, H.S. (2015): Bovine colostrum: An emerging nutraceutical. J. Complement. Integr. Med. 2015, 12, 175–185.
5. Bagwe-Parab, S.; Yadav, P.; Kaur, G.; Tuli, H.S.; Buttar, H.S. (2020): Therapeutic Applications of Human and Bovine Colostrum in the Treatment of Gastrointestinal Diseases and Distinctive Cancer Types: The Current Evidence. Front. Pharmacol. 2020, 11, 1100.
6. Bata Á., Draskovics I., Etter L., Koudela Sz., Novák E., Sándor K., Szigeti G., Téren J., Ványi A. (1990): Mikotoxinok, toxinogén gombák, mikotoxikózisok. Magyar Élelmezéstudományi Egyesület. 2-3.
7. Battilani P., Rossi V., Giorni P., Pietri A., Gualla A., van der Fels-Klerx H.J., Booij C.J.H., Moretti A., Logrieco A., Miglietta F., Toscano P., Miraglia M., De Santis B., Brera C., (2012): Modelling, predicting and mapping the emergence of aflatoxins in cereals in the EU due to climate change. *EFSA Supporting Publication* 2012; 9(1):EN-223, 172 pp.
8. Bennett JW. (1987): Mycotoxins, mycotoxicoses, mycotoxicology and Mycopathologia. Mycopathologia. 1987 Oct;100(1):3-5.
9. Besser, T. E., McGuire, T.C., Gay, C. C., Pritchett, L. C. (1988): Transfer of functional immunglobulin G (IgG) antibody into the gastrointestinal tract acounts for IgG clearance in calves. In: J Virol, 1988B. 62. p. 2234-2237
10. Bielmann V., Gillan J., Perkins N.R., Skidmore A.L., Godden S., Leslie K.E. (2010): An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 93. 3713–3721.
11. Blum J.W., Hadorn U., Sallmann H.P., Schuep W. (1997): Delaying Colostrum Intake by One Day Impairs Plasma Lipid, Essential Fatty Acid, Carotene, Retinol and αTocopherol Status in Neonatal Calves. The Journal of Nutrition, 127. 2024–2029.,
12. Bočarov A. S. S., Lopičić Z. R., Bodroža M. I. S., Stanković S. Ž., Janković S. M., Milojković J. V., Krulj J. A. (2018): In Vitro removing of mycotoxins by using different inorganic adborbents and organic waste materials from Serbia; Food and Feed Research, 45 (2),

13. Conneely M, Berry DP, Sayers R, Murphy JP, Lorenz I, Doherty ML, Kennedy E. (2013): Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows. Animal. 2013 Nov;7(11):1824-32.
14. Csernus, O. és Bata-Vidács, I. és Farkas, J. és Beczner, J. (2013): *Effects of environmental conditions on growth of Aspergillus niger and Penicillium expansum.* Acta Alimentaria, 42 (4). pp. 640-648.
15. Engel VG, Hagemeister H: Untersuchungen über den verbleib von aflatoxin B1 im verdauungstrakt von kühen. Milchwissenenschaft, 33, 21-23, 1978.
16. Galaverna, G & Dall'Asta, C. (2012). Sampling Techniques for the Determination of Mycotoxins in Food Matrices. Comprehensive Sampling and Sample Preparation. 4. 381-403. 10.1016/B978-0-12-381373-2.00140-X.
17. Galaverna, G., & Dall'Asta, C. (2012). Sampling Techniques for the Determination of Mycotoxins in Food Matrices. Comprehensive Sampling and Sample Preparation, 381–403. doi:10.1016/b978-0-12-381373-2.00140-x
18. Godden, S.M.; Lombard, J.E.; Woolums, A.R. (2019): Colostrum Management for Dairy Calves. Vet. Clin. N. Am. Food Anim. Pract. 2019, 35, 535–556.
19. Goff J.P., Horst R.L. (1997): Physiological Changes at Parturition and Their Relationship to Metabolic Disorders. Journal of Dairy Science, 80. 1260–1268.
20. Heinrichs, A. J., V. A. Ishler, and R. S. Adams. (1996). Feeding and managing dry cows. Extension Circular 372. College of Agricultural Sciences, Cooperative Extension, The Pennsylvania State University, University Park.
21. Jakucs, E. & Vajna, L. (2003): Mikológia, Budapest: Agroinform Kiadó
22. Jiang, Y.; Yang, H.; Lund, P. (2012) Effect of aflatoxin B1 on in vitro ruminal fermentation of rations high in alfalfa hay or ryegrass hay. Anim. Feed Sci. Technol. 2012, 175, 85–89.
23. Kehoe, S.I.; Jayarao, B.M.; Heinrichs, A.J.(2007): A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. J. Dairy Sci. 2007, 90, 4108–4116.
24. Kelly, G.S. (2003): Bovine colostrum: A review of clinical uses. Altern. Med. Rev. 2003, 8, 378–394
25. Komsky-Elbaz A, Saktsier M, Roth Z. (2018): Aflatoxin B1 impairs sperm quality and fertilization competence. Toxicology. 2018 Jan 15;393:42-50. doi: 10.1016/j.tox.2017.11.007. Epub 2017 Nov 4. PMID: 29113834.
26. Komsky-Elbaz, A.; Saktsier, M.; Roth, Z. (2018) Aflatoxin B1 impairs sperm quality and fertilization competence. Toxicology, 393, 42–50.
27. KOROSUE, K. - MURASE, H. - SATO, F. - ISHIMARU, M. - KOTOYORI, Y. - NAMBO, Y. (2012): Correlation of Serum IgG Concentration in Foals and Refractometry Index of the Dam's Preand Post-Parturient Colostrums: An Assessment for Failure of Passive Transfer in Foals. J Vet Med Sci, 74. 11. 1387-1395
28. Kovács, M. (2019): Innovatív takarmányozás. Szerk. Babinszky, L., Halas, V.; Budapest: Akad. K.; pp. 759-761.
29. Babinszky, L. (2019): Innovatív takarmányozás. Szerk. Babinszky, L., Halas, V.: Budapest: Akad. K.; pp. 457-462

30. Kuilman ME, Maas RF, Fink-Gremmels J. (2000): Cytochrome P450-mediated metabolism and cytotoxicity of aflatoxin B(1) in bovine hepatocytes. Toxicol In Vitro. 2000 Aug;14(4):321-7. doi: 10.1016/s0887-2333(00)00025-4. PMID: 10906438.
31. Leslie K. (2012): Health and Immune Function of Dairy Calves. WCDS Advances in Dairy Technology, 24. 177–188.
32. Liu Yang. (2010): Effects of feed types on OTA biodegradation by Korean native goats. Masters' Thesis, Seoul National University
33. Madhusudhanan, N.,Kavithalaksgmi, S.N., Radha Shanmugasundaram, K. et al (2004): Oxidative damage to lipids and proteins induced by aflatoxin B1 in fish (Labeo rohita) – protective role of Amrita Bindu. Environm. Toxicol. Pharmacol. 17: 73-77.
34. Mertens, D.R. Biological effects of mycotoxins upon rumen fermentation and lactating dairy cows. In Interactions of Mycotoxins in Animal Production; National Academy Press: Washington, DC, USA, 1979; pp. 118–136.
35. Mézes M, Balogh K, Tóth K. (2010): Preventive and therapeutic methods against the toxic effects of mycotoxins - a review. Acta Vet Hung. 2010 Mar;58(1):1-17. doi: 10.1556/AVet.58.2010.1.1. PMID: 20159734.
36. Mézes, M., Erdélyi, M., Balogh K., (2003): Takarmánytoxikológia, Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszék, Gödöllő
37. Mézes, Miklós (2020) *Mikotoxinok és az oxidatív stressz: ok vagy okozat?* Székfoglaló előadások a Magyar Tudományos Akadémián. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
38. Moore M, Tyler JW, Chigerwe M, Dawes ME, Middleton JR. (2005): Effect of delayed colostrum collection on colostral IgG concentration in dairy cows. J Am Vet Med Assoc. 2005 Apr 15;226(8):1375-7.
39. Morin D.E., McCoy G.C., Hurley W.L. (1997): Effects of quality, quantity, and timing of colostrum feeding and addition of a dried colostrum supplement on immunoglobulin G1 absorption in Holstein bull calves. Journal of Dairy Science, 80. 747–753.
40. Moss MO (1996) Mycotoxins. Mycol. Res. 100, 513-523
41. Muller , HM , Muller , K and Steingass , H . (2001): Effect of feeding regime on the metabolism of ochratoxin A during the in vitro incubation in buffered rumen fluid from cows . *Archiv für Tierernährung* , 54 : 265 – 279 .
42. Newby TJ, Bourne FJ. (1976) The nature of the local immune system of the bovine small intestine. Immunology. 1976 Sep;31(3):475-80
43. Pakkanen, R.; Aalto, J. (1997): Growth factors and antimicrobial factors of bovine colostrum. Int. Dairy J. 1997, 7, 285–297.
44. Pereira, P.C. (2014): Milk nutritional composition and its role in human health. Nutrition, 30, 619–627.
45. Pettersson H, (1988): Carryover of aflatoxin from feeding stuff to milk. Report of Department of Animal Nutritionand Management. Swedish University of Agricultural Sciences, Upsala, Sweden.

46. Playford, R.J.; Weiser M.J. (2021): Bovine Colostrum: Its Constituents and Uses. Nutrients 2021, 13, 265.
47. Queiroz OC, Han JH, Staples CR, Adesogan AT. (2012): Effect of adding a mycotoxin-sequestering agent on milk aflatoxin M_1 concentration and the performance and immune response of dairy cattle fed an aflatoxin B_1-contaminated diet. J Dairy Sci. 2012 Oct;95(10):5901-8. doi: 10.3168/jds.2011-5287. Epub 2012 Aug 15. PMID: 22901480.
48. Queiroz, O.; Han, J.; Staples, C.; Adesogan, A. (2012) Effect of adding a mycotoxin-sequestering agent on milk aflatoxin M1 concentration and the performance and immune response of dairy cattle fed an aflatoxin B1-contaminated diet. J. Dairy Sci. 2012, 95, 5901–5908.
49. Rafai Pál (2003): Állathigiénia. Agroinform Kiadó, Budapest.
50. Ramos, A. J., E. Hernandez. (1997): Prevention of aflatoxicosis in farm animals by means of hydroxylated sodium calcium aluminosilicate addition to feedstuffs: A review. Animal Feed Science and Technogy. 65: 197-206
51. Schmidt-Heydt, M. – Magan, N. – Geisen, R. (2008): FEMS Microbiol. Lett., 284: 142–149.
52. Simões, J. & Stilwell, G. (2021) – Calvin management and newborn calf care, Springer Nature Switzerland cop. 2021.
53. Sinha, R.R.P.; Arora, S.P. (1982) Influence of different levels of aflatoxins on rumen fermentation (in vitro). J. Nucl. Agric. Biol.11, 87–89.
54. Stelwagen, K.; Carpenter, E.; Haigh, B.; Hodgkinson, A.; Wheeler, T.T. (2009): Immune components of bovine colostrum and milk. J. Anim. Sci. 2009, 87, 3–9.
55. Szenci, Ottó és Szelényi, Z. és Lénárt, L. és Buják, D. és Kovács, Levente és Kézér, Fruzsina Luca és Han, B. és Horváth, A. (2018) Importance of monitoring the peripartal period to increase reproductive performance in dairy cattle. VETERINARSKA STANICA, 49 (4). pp. 297-307. ISSN 0350-7149
56. Tilley, J. M. A. – Terry, R. A. (1963): A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassland Soc. 18:104–111.
57. Van Donkersgoed J., Ribble C.S., Boyer L.G., Townsend H.G. (1993): Epidemiological study of enzootic pneumonia in dairy calves in Saskatchewan. Canadian journal of veterinary research. Revue canadienne de recherche vétérinaire, 57. 247–254.
58. Waldner C.L., Rosengren L.B. (2009): Factors associated with serum immunoglobulin levels in beef calves from Alberta and Saskatchewan and association between passive transfer and health outcomes. Canadian Veterinary Journal, 50. 275–281.
59. Ward, T. L., K. L. Watkins, L. L. Southern, P. G. Hoyt, D. D. French. (1991): Interactiveeffects of sodium zeolite-A and copper in growing swine: Growth, and bone and tissue mineral concentrations. Journal of Animal Science. 69: 726 -733
60. Xiao, H., R. R. Marquardt, A. A. Frohlich, G. D. Phillips and T. G. Vitti. (1991): Effect of a hay and a grain diet on the bioavailability of ochratoxin A in the rumen of sheep. J. Anim. Sci. 69(9):3715-3723

Egyéb hivatkozások

61. Országos Meteorológiai Szolgálat: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evszakok_idojarasa/main.php?no=4&ful=4#aktp
62. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evszakok_idojarasa/main.php?no=4&ful=3#aktp
63. Orosz, Sz. (2022): Gyakorlati aflatoxin útmutató 2022.; *Partnertájékoztató hírlevél*; Állattenyésztési teljesítményvizsgáló Kft., 2022 XXII. évfolyam 10.sz. pp. 22-26

NYILATKOZAT

Terényi Helga (hallgató Neptun azonosítója:p87UFG) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre **javaslom / nem javaslom**[1].

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*[2]

Kelt: 2023. 11.07.

belső konzulens

[1] A megfelelő aláhúzandó.
[2] A megfelelő aláhúzandó.

NYILATKOZAT

diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Terényi Helga
A Hallgató Neptun kódja:	P87UFG
A dolgozat címe:	Aszály hatása a takarmányok aflatoxin szennyezettségére, holstein fríz tehenek kolosztrumának minőségére és a borjak
A megjelenés éve:	2023
A konzulens intézetének neve:	Élettani és Takarmányozási Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Takarmánybiztonsági Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023 év 11 hó 05 nap

Hallgató aláírása