



Az inulin szerepe és jelentősége a gazdasági haszonállatok takarmányozásában

Tóth Szandra^{1*}, Kovács Melinda^{1,2}, Fébel Hedvig³

¹Kaposvári Egyetem, 7400 Kaposvár, Guba S. 40.

²MTA-KE Mikotoxinok az Élelmiszerláncban Kutatócsoport, 7400 Kaposvár, Guba S. 40.

³NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet, 2053 Herceghalom, Gesztenyés 1.

ABSTRACT – The role and significance of inulin in the feeding of farm animals

Author: Szandra Tóth¹, Melinda Kovács^{1,2}, Hedvig Fébel³

Affiliation: ¹Kaposvár University; ²MTA-KE Mycotoxins in the Food Chain Research Group, 7400 Kaposvár, Guba S. str. 40., Hungary; ³NAIK Research Institute for Animal Breeding, Nutrition and Meat Science, 2053 Herceghalom, Gesztenyés str. 1.

Restrictions on the use of antibiotics in Regulation (EC) No 1831/2003 of the European Parliament and of the Council have increased the need for preventive measures in animal nutrition. The positive dietary effects of inulin have been documented since the early 1900s. This compound is a carbohydrate which has prebiotics effect. On its role in animal nutrition, about the performance-enhancing properties, today's literature gives different results. The aim of our summary work is to acquaint the structure of inulin, its effect on the body and its practical use with out the need for completeness. The mostly effects of inulin is the ability to change the composition of the hind gut microbiome. Increased microbial fermentation increases the volatile fatty acid concentration and decreases the intestinal pH, which inhibits the growth of pathogens in the digestive tract. It affects the intestinal morphology, the body's immune system, and its clinical chemical parameters. The measurable changes depend on the structure of inulin, the species, age, health and nutritional status of the animal. Observations in piglets have shown a reduction in feed efficiency and nitrogen metabolism at certain doses. In the light of scientific results, the practical role of inulin as a dietary supplement to improve health is well established, but the precise study of upper limits and the structure of efficiently functioning fructan is still a challenge for science.

Keywords: prebiotics, inulin, intestinal microflora, immunology

BEVEZETÉS

Az állattenyésztés elsődleges célja az egészséges élelmiszer előállítás az emberiség számára úgy, hogy figyelembe vegye az állatok jóllétét és a környezet védelmét (*Gaggia és mtsai*, 2010). Az 1831/2003/EK európai parlamenti és tanácsi rendeletben a Tudományos Operatív Bizottság betiltotta az antibiotikumokhozamfokozó céllal történő felhasználását a takarmányokban. A döntés után intenzív kutatás indult az antibiotikum kiváltására szolgáló, egészségmegőrző, betegség megelőző hatással bíró készítményekkel kapcsolatban az élelmiszer- és a takarmányiparban egyaránt. A rendelet óriási

*CORRESPONDING AUTHOR

Kaposvári Egyetem, Agrár - és Környezettudományi Kar

✉ 7400 Kaposvár, Toponári út 118. ☎ +36 30 477 0795

E-mail: toth.szandra@ke.hu

nyomást gyakorolt az állattartó gazdaságokra, és egyik fő következménye a terápiás antibiotikumok használatának növekedése lett (Casewell és mtsai, 2013). Ez a trend arra ösztönözte a kutatókat, hogy új, biztonságosabb alternatívát keressenek az állatok egészségének megóvása érdekében (Verdonk és mtsai, 2005; Verstegen és Williams, 2002). A bél mikroflórája és a szervezet egészsége közti összefüggés már Ilja Mecsnikov 19. századi kutatómunkájából ismert és azóta is számos értekezés jelent meg, amely segít jobban megismerni ezt a szervezeten belüli összetett rendszert. A probiotikum szót mai értelmében vett kifejezésként először R. B. Parker használta (Parker, 1974). A legújabb kutatási eredmények szerint, a bélnyálkahártya felszínén élő bélflóra az alábbi élettani funkciókban nélkülözhetetlen: táplálék emésztése, a táplálóanyagok felszívódása, patogénekkal szembeni küzdelem, méregtelenítés, immunrendszer működése, enzimek, vitaminok és neurotranszmitterek termelése, endokrin rendszerre kifejtett hatás, gyulladásozó folyamatok mérséklése (Loveren és mtsai, 2012; Hill és mtsai, 2014; Perlmutter, 2017). Habár a bél mikrobióta komplex rendszer és a gazdaszervezet számára hasznos tulajdonsággal bíró baktériumok szabályozása nem tisztázott, a *Lactobacillus* és *Bifidobacterium* törzsek képesek védelmet nyújtani az emésztőszervi fertőzésekkel szemben (Gaggia és mtsai, 2010). A prebiotikumok olyan nem emészthető adalékanyagok, amelyek jótékonyan befolyásolják a gazdaszervezet egészségét azáltal, hogy szelektíven stimulálják bizonyos vastagbélben található baktériumok szaporodását és aktivitását (Gibson és Roberfroid, 1995). Ott szolgáltatnak energiát a baktériumok számára, ahol a glükóz, mint energiaforrás már nincs jelen (Adebola és mtsai, 2014). A legismertebb prebiotikumok a nem keményítő eredetű növényi szénhidrátok és oligoszacharidok, amelyek különféle molekuláris struktúrában használatosak atáplálkozásban, illetve az állatok takarmányozásában. Ennek a legtöbbet kutatott csoportjai a fruktooligoszacharidok (FOS, oligofruktózés inulin), galaktooligoszacharidok (GOS), transzgalakto-oligoszacharidok (TOS) és a laktulóz (Gaggia és mtsai, 2010).

Jelen cikk segít megismerni az inulin, mint prebiotikus tulajdonsággal rendelkező fruktán hatásmechanizmusát és szerepét a humán táplálkozásban és a gazdasági állatok takarmányozásában.

AZ INULIN ELŐFORDULÁSA, SZERKEZETI FELÉPÍTÉSE

Az inulin különböző lánchosszúságú, (2,1) lineáris kötésű fruktánok gyűjtőneve, amely több mint 36 000 növényfajban megtalálható, mint spárga, póréhagyma, vöröshagyma, banán, búza, fokhagyma, cikória és articsóka

(Metzler-Zebeli és mtsai, 2017). A vegyületnek a növényekben energiatároló funkciója van és általában a gyökérben vagy a rizómákban halmozódik fel. Azok a növények, amelyek inulint raktároznak, általában nem, vagy kisebb arányban tartalmaznak keményítőt. Nevét az örménygyökér (*Inulahelenium*) latin nemzetségneve után kapta. Az inulin típusú fruktánok β (1 \leftarrow 2) kötéssel kapcsolódó fruktozil és fruktóz monomerekből álló lineáris vegyületek (Gibson és Roberfroid, 2008). A kereskedelmi forgalomban kapható inulint vagy a cikória növény gyökeréből nyerik, vagy szacharózból szintetikus úton állítják elő (Niness, 1999). A cikória (*Cichoriumintybus*) gyökere 15-20% inulint és 5-10% egyéb oligofruktózt tartalmaz. A fruktánok jellemzésére 2 mértékegység szolgál. Egyik a DP (Degree of Polymerization) ami a vegyületben szereplő fruktán monomerek hosszúságának tartományát mutatja meg. A DP_{av} (Average Degree of Polymerization) pedig azt, hogy a fruktán átlagosan milyen hosszúságú monomereket tartalmaz (Gibson és Roberfroid, 2008). A lánchosszúság alapján megkülönböztetünk relatív rövid (2-4), közepes (5-10) és relatív nagy (11-60) lánchosszúságú fruktánokat. A nomenklatura nem teljesen egyezik a tudományban. Vogt és mtsai. (2015) az inulin típusú vegyületek nevezéktanának változásáról így nyilatkoztak: eleinte a szacharózból származtatott DP 3-5 hosszúságú anyagot nevezték FOS-nak (Fruktooligoszaccharid), majd a DP 3-10 tartományba eső inulin vegyületeket OF-nek, azaz oligofruktóznak. Később ezeket egymás szinonímájaként használták és esetleg a „rövid/hosszú láncú” előtaggal pontosították a leírást. Az inulin elnevezést általában a DP>10 hosszúságú vegyületekre használják, holott a nevezéktan szerint minden β (2-1) típusú fruktán, lánchosszúságtól függetlenül, ebbe a csoportba tartozik. 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, ami így kisebb mértékben hat a bélflóra összetételére. Ez a tulajdonság nagyon fontos meghatározója lehet egy kísérletben kapott eredmény értékelésének, ugyanis már McKellar és mtsai. (1993) rávilágítottak arra, hogy a *Lactobacillus* többnyire a bélrendszer proximális részén, míg a *Bifidobaktérium* a vastagbélben kolonizálódnak eredményesebben. A cikória-kivonatból készült inulin 30-50%-ban DP<10 hosszúságú fruktánokat tartalmaz. A fennmaradó rész a hosszabb láncú alkotóké. Belval 1927-ben már leírta az inulin kinyerésének metodikáját. Az eljárás hasonlatos a cukorgyártás folyamatához. A cikóriát a cukorrépához hasonlóan szeletelik, majd mossák. A mosást követően az inulintmelegvizet diffúziós eljárással nyerik ki. Ennek eredményeként DP 2-60 lánchosszúságú oligofruktóz nyerhető (DP_{av} =10-12). A nagy tisztaságú 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). A hosszú láncnak köszönhetően nehezebben oldódik, mint az egyéb oligofruktózok. Tejjel vagy vízzel mikrokristályokat alkot, amely előnyös az élelmiszeripar számára, bizonyos termékek (töltelékek, tejtermékek, dresszings) kedvező állagának eléréséhez. Niness (1999) értekezésében beszámol az inulin élelmiszeriparban betöltött szerepéről, mely szerint a hozzáadott rosttartalom növeléséhez széles körben használt anyag, ugyanis más rostokkal ellentétben nincs mellékíze, nem befolyásolja a viszkozitást.

AZ INULIN SZERVEZETRE GYAKOROLT HATÁSA

Az inulin hatásmechanizmusa a bél mikrobiom szabályozásában

Az elmúlt évtizedben nőtt az olyan étrendi összetevők iránti igény, mint a pre- és probiotikumok, amelyek képesek a bélmikroflóra stabilitását javítani. A prebiotikumok emészthetetlen étrendi alkotók, amelyek tápanyagul szolgálnak a probiotikumok növekedéséhez a szervezetben (Huebner és mtsai, 2007). Az emlősökben a fő táplálékforrástól függően változik a bélben található mikrobiom összetétele és mennyisége is. A növényevők mikrobiomjának száma jelentősebb, összetétele változatosabb, míg a ragadozóké kevésbé összetett és jelentős (Gaggia és mtsai, 2010). Ezen felül természetesen befolyásoló tényező az életkor és az általános egészségügyi állapot, környezeti patogén terhelés mértéke is. Mivel ez a mikrobiális populáció nagyon összetett és akár több száz fajt tartalmazhat, általában két csoportra osztja a szakirodalom, a pontos meghatározás helyett. Elkülöníthetők az emésztést, gazdaszervezet egészségét kedvezően befolyásoló alkotók és a patogének. Előbbi esetében 2 fő nemzetségre fókuszálnak a kutatások, a *Lactobacillus*okra és a *Bifidobacterium*okra. A *Lactobacillus* nemzetség széles és heterogén taxonómiai egység, amely több száz különböző tejsavtermelő baktériumfajból áll (Gaggia és mtsai, 2010). A *Bifidobacterium* nagyszámú előfordulása a gazdaszervezet jó egészségére utal. Segítenek a bélrendszer megfelelő mikrobióta egyensúlyának fenntartásában azzal, hogy csökkentik a kórokozók megtelepedésének esélyeit (Gaggia és mtsai, 2010). Ahogyan azt Halas és mtsai. (2009) is megfogalmazták, az inulin hatására bekövetkező bakteriális szaporodás gátolja az enterotoxikus *Escherichia coli* felszaporodását, és így csökkenti a hasmenés kockázatát. Niness (1999) szerint az inulin legismertebb táplálékanyagokra vonatkozó hatása az a stimuláns aktivitás, amit a bélben a *Bifidobacterium*ra fejt ki. Az 1990-es években számtalan humánkísérlet bizo-

nyitotta 5-20 g/nap inulin-kiegészítés jótékony hatását a *Bifidobacterium* szaporodására (Niness, 1999). Az inulin típusú fruktánok ellenállnak a hidrolizáló enzimeknek a vékonybélben és könnyen fermentálhatóak a szacharolitikus baktériumok számára (Metzler-Zebeli és mtsai, 2017). McKellar és mtsai. 1993-ban *in vitro* vizsgálták 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%-os inulin-kiegészítés. Huebner és mtsai. (2017) *in vitro* vizsgálatai során az inulin táptalaj nagymértékben ($P < 0,05$) segítette a *Lactobacillus paracasei* szaporodását, míg csökkentette az *E. coli*-ét, azonban a *Bifidobacterium bifidum* esetében az inulin gyenge táptalajnak bizonyult. Verdonk és Leeuwen (2004) ileumkanüllet ellátott borjakban végzett vizsgálatban követték nyomon az inulin útját az emésztőtraktusban. Méréseik szerint az inulin típusú fruktánok 70%-a emésztetlenül kerül a vastagbélbe, azonban a bélsár nem tartalmazza ezeket az anyagokat. Ez a megfigyelés egyetértésben van Bosscher és mtsai. (2006) állításával, miszerint az emlősök nem emésztik az inulint és oligofruktózt, így érintetlenül érik el a vastagbelet, ahol a mikrobióta, különösen az endogén tejsavtermelő baktériumok, a *Bifidobacterium* és a *Lactobacillus* fermentálják azt. Ezzel szemben Branner és mtsai. (2004) valamint Böhmer és mtsai. (2005) malacokon végzett vizsgálataik során úgy tapasztalták, hogy a béltartalom a jejunumban és az ileumban ugyan még tartalmaz inulint, azonban a vakbél- és vastagbél-tartalom már nem. Bár a fermentációs tevékenység pontos helyében nem, de abban egyetértenek a kutatások, hogy az inulin hatással van a vastagbél és bélsár baktériumtartalmára. Van Loo és mtsai. (2006) fisztulázott lovakon figyelték meg 2% inulin-kiegészítés vakbél-fermentációt stimuláló hatását. A szelektív fermentáció és ezzel együtt a bifidogén hatás a *Bifidobacterium* béta-fruktozidáz enzimének köszönhetően jön létre (Król, 2011). Ez az enzim bontja le az inulinban és az oligofruktózban a $\beta(2-1)$ glikozid kötések. A *Bifidobacterium* fermentációs termékei a rövid szénláncú illózsírsavak (short chain fatty acids, SCFA), amelyek hatására csökken a béltartalom pH-ja, ami így gátolja a patogén baktériumok szaporodását (Van Loo 2007; Król 2011; Adebola és mtsai, 2014). Ezt alátámasztja SooBo 2005-ben sertéseken végzett tanulmánya is, ahol megállapította, hogy a fokozott bakteriális tevékenységnek köszönhetően nő az illózsírsavak mennyisége. Adebola és mtsai. (2014) szerint az így fellépő pH csökkenés a kulcsmechanizmus a patogének visszatorzításában, azonban meg kell említeni azt is, hogy a prebiotikumok bizonyos

koncentráció fölött képesek 5 alá csökkenteni a vastagbél tartalom pH-ját, ami már gátolja a probiotikumok szaporodását. Ez magyarázatot adhat *Metzler-Zebeli és mtsai.* (2017) állítására, miszerint az inulin-kiegészítés nagyobb adagja csökkentette a *Bifidobacterium* és az *Enterobacterium* számát a vastagbélben. *Adebola és mtsai.* (2014) szerint egyes prebiotikumok képesek a *Lactobacillus* megvédeni az epesavak károsító hatásaitól, ezzel is kedvezve azok szaporodásának. Ez szintén fontos megállapítás a tekintetben, hogy megértsük mennyire összetett folyamat a bél mikrobiom összetételének szabályozása.

Csekély számú kutatás foglalkozik felnőtt kérődzők takarmányának inulin-kiegészítésével. Ennek oka lehet, hogy a bendőben élő hatalmas mennyiségű és fajgazdagságú baktériumtömeg teljes mértékben fermentálja a kiegészítésként adott inulint és egyéb fruktánokat. A prebiotikumoknak így nincs esélyük elérni a tápcsatorna hátsó szakaszaiba ahol pozitív hatásukat valóban kifejthetnék (*van Loo, 2007*). *Hall és Weimer* (2016) *in vitro* vizsgálata azt igazolta, hogy az inulin a bendőben más fruktánoknál lassabban bomlik le, a glükózhoz képest 20%-kal javítja a baktériumok N-felhasználását, növeli a bendőfolyadék ecetsavtartalmát és a biotömeget. A mikrobiom zömét a *Bacteroides* és *Firmicutes* törzsekhez tartozó fajok adják, azok közül is legfőképpen a *Clostridium*ok és *Lactobacillus*ok vannak jelen. *Samanta és mtsai.* (2013) megfigyelték, hogy juhok és holstein tehének bendőjében prebiotikus-kiegészítés hatására csökkent az ammónia-termelő baktériumok száma és ezáltal kisebb lett az ammónianitrogén koncentrációja a bendőfolyadékban.

Az immunmoduláció és az inulin-kiegészítés összefüggése

Król (2011) szerint a prebiotikumok potenciális gyakorlati lehetősége a betegségekkel szembeni nem specifikus immunválaszban rejlik. Az immunológiai vizsgálatok laborállatokon a legcélravezetőbbek, hiszen sokkal kontrolláltabb környezetben vizsgálhatóak, mint a gazdasági haszonállatok, így ebben a témában főleg rágcsálókön és kutyákon tapasztalt változásokat írják le (*Lomax és Calder, 2009*). A kétezres években számos kutatás foglalkozott az inulin típusú fruktánok közvetlen immunstimuláló hatásával (*Vogt és mtsai, 2015*). Az immunrendszerrel összefüggő hatás sok tényezőt foglal magában, az eredmények két fő csoportra oszthatók, a GALT-ban (gut associated limfoid tissue) és a szisztémás immunrendszerben bekövetkezett változásokra (*Lomax és Calder, 2009*). A GALT a bélnyálkahártyával társult nyirokrendszer, amely a bél szöveteiben a hám és nyálkaréteg alatt helyezkedik el. Az itt található M sejtek állítják elő és juttatják el az antigéneket a bél lumentől a peyerplakkokhoz ahol

az antigén a limfocitákkal találkozik és aktiválódik. Ezt követően ezek a limfociták a nyirokrendszeren keresztül eljutnak az egész szervezetbe és a bélcsatorna más részeibe is. *Vogt és mtsai.* (2015) szerint, az inulin direkt hatással van a fent említett élettani folyamatokra, ami így befolyásolja a gazdaszervezet egészségét. Itt kell megemlíteni, az inulin és a sejtmembrán lipidjei között felépő kapcsolatot is, amely dinamikusabbá teszi a membránt és megkönnyíti a receptorok kapcsolódását és a jelátvitelt (*Vogt és mtsai,* 2015). Ez összefüggésben állhat *Masanetz és mtsai.* (2011) megállapításával, miszerint nő a vastagbél PECAM1 (Platelet Endothel Cell Adhesion Molecule-1 = vérlemezkendőtel sejtadhéziós molekula) előfordulása. Ez a molekula az immunglobulin család tagja, amelynek segítségével a fehérvérsejt átjut az intercelluláris térbe. Az előző fejezetben tárgyalt SCFA és egyéb fermentációs termék koncentrációja inulin hatására emelkedik, amely gyorsan felszívódva közvetett hatást gyakorol az immunsejtekre azáltal, hogy aktivált G proteinekhez kapcsolódnak (*Vogt és mtsai,* 2015; *Huang és mtsai,* 2015). A veleszületett immunrendszert érintő vizsgálatok során *Lomax és Calder* (2009) azt tapasztalták, hogy a β 2-1 fruktánok kedvezően hatnak a makrofágok számára és funkcionalitására. Rágcsálóknál megfigyelték, hogy inulin-kiegészítés esetén nőtt a peritoneális makrofágok fagocitózis aktivitása, ahogy a nyirokcsomók antigén szállító sejtjeik hisztokompatibilitási komplex (MHC) II molekula expressziója is, míg a „naturalkiller” sejtek citotoxicitása nem változott a kutyákkal és patkányokkal végzett tanulmányok szerint (*Lomax és Calder,* 2009). A kutatások zöme beszámolt a vérérum és a bélsár IgA valamint IL-10 és IFN- γ koncentrációjának növekedéséről (*Vogt és mtsai,* 2015). *Huang és mtsai.* (2015) brojlercsirkék élettani paramétereit vizsgálták az első 3 élethétben. Az általuk mért értékek szerint a vakbél IgA, és a jejunumm RNS szintje fokozódott, miközben csökkent az interleukin-6 és interferon- γ . Ezek az eredmények a kutatók szerint azt jelzik, hogy a tápok 5-10 g/kg inulinnal történő kiegészítése jótékony hatással lehet a brojlercsirke intesztinális immunfunkciójának fokozására fiatal korban. Ezzel szemben *Masanetz és mtsai.* (2011) szerint a prebiotikum hatására nő a gyulladáscsökkentő IL10 molekulák előfordulása, ami a patogének számának visszaszorításával együtt az immunaktivitás csökkenésének oka lehet. *Ito és mtsai.* (2011) szintén a vakbél IgA szintjének emelkedéséről számoltak be patkányoknak adott 60g/kg inulin-kiegészítés során. Malactápok 4%-os inulin-kiegészítése fokozták a duodenum mucin és mRNS termelését (*Tako és mtsai,* 2008). Az ellentmondó eredmények egyik oka, hogy az immunválasz nagymértékben függ az adott élőlény korától és fajtájától, egyéb paramétereitől. A másik lehetséges ok, hogy a fekális IgA koncentráció nem a legjobb mérőszáma az immunrendszer működésének. Attól függően, hogy a prebiotikum

a bélrendszer melyik szakaszában stimulálja a probiotikumok szaporodását, más-más eredményt kapunk az IgA koncentrációt illetően (*Lomax és Calder, 2009*).

Az emésztőrendszer morfológiájában, az anyagcserében és a teljesítményben tapasztalt változások

A The National Animal Health Monitoring Service szerint az amerikai állattartó telepek 57,5%-a használt antibiotikum tartalmú tejpótlót 2007-ben (*USDA, 2010*). Ezek 49,5%-ában oxitettraciklin és neomicin kombinációját alkalmazták. Ugyanez a szám 2002-ben még csak 25,6% volt. Az antibiotikumok kiváltására több lehetőség is van, mint pl. az állati eredetű szárított vérplazma, prebiotikumok, probiotikumok, aszkorbinsav és élesztősejtfal-alkotók (*Kehoe és Carlson, 2015*). A fiatal állatokat érintő bélrendszeri fertőzések komoly problémát jelentenek mind egészségügyi szempontból, mind pedig az üzemi nyereségessége tekintetében. Ezen állatoknál az inulin és oligofruktóz a bélrendszerre gyakorolt kedvező hatása következtében pozitívan befolyásolja az egyes termelési paramétereket. A bélsár konzisztencia javulása jól látható jele az emésztőrendszer egészségének, amire alapozva csökkenthető az antibiotikumok használata is. A prebiotikumok a mikrobiom összetételén keresztül képesek befolyásolni az emésztési folyamatokat. A keletkezett fermentációs termékek hatnak az anyagcserére, az állatok vérképzésre, immunrendszerére, az emésztőrendszer morfológiájára és persze mindezen keresztül a haszonállatok esetében a termelési mutatókra. Az inulin-kiegészítésnek köszönhető a nagyobb illózsírsav-koncentráció jótékony hatást gyakorol az anyagcserére, táplálja a belsejteket, növeli az epithel sejtek számát a bélbolyhokban és növeli a bélbolyhok hosszát (*Gibson és Roberfroid, 1995*). *Verdonk és mtsai. (2005)* valamint *VanLoo (2007)* szerint sertésben az inulin-kiegészítés hatására a bélbolyhok meghosszabbodnak és ennek köszönhetően nő az abszorpciós kapacitás, ami a termelési eredmények javulásához vezet. *Brambillasca és mtsai. (2015)* ezzel szemben 3% inulin-kiegészítés során nem találtak változást az emésztőkészülék morfológiájában és működésében, sőt, a kiegészítés lágyította a bélsarat és rontotta az állatok takarmányértékesítését, nitrogénretencióját. *Metzler-Zebeli és mtsai. (2017)* szintén a takarmányértékesítés romlásáról számoltak be malacok inulin-kiegészítése kapcsán. Broilercsirkék esetében *Huang és mtsai. (2015)* 5 g kiegészítés esetén a takarmányfelvétel növekedését tapasztalták, míg *Verdonk és mtsai. (2005)* a takarmányértékesítés és súlygyarapodás javulásáról, a tápcsatorna hosszának növekedéséről számoltak be. Broilerek esetén csökkent a vér koleszterinszintje és a zsír depozíció mértéke,

míg tojótyúkrok esetén javult a Ca-anyagforgalom és a tojástermelés (*Verdonk és mtsai*, 2005). Tejpotló tápszerek inulin-kiegészítésnek hatására az itatásos borjak testtömeg-gyarapodása javul, akárcsak a bélsár konzisztenciája (*Kaufhold és mtsai* 2000; *Verdonk és Van Leeuwen*, 2004). Azokban a vizsgálataokban, ahol a bélsár állagában nem tapasztaltak változást az inulin-kiegészít és javára, ott teljesítményjavulásról sem számoltak be (*Masanetz és mtsai*, 2010, 2011; *Król* 2011; *Kara és mtsai*, 2012). Ennek oka lehet az állatok és környezetük patogén terheltségének alacsony mértéke, az állatok jó egészségügyi állapota. Ettől függetlenül, az idézett szerzők vizsgálataiban is jelentkezett élettani hatás, amely azt bizonyítja, hogy az inulin akkor is hat a szervezetre, ha az teljesítményjavulásban nem mutatkozik. *Król* (2011) vizsgálataiban 3 és 6 g/nap inulin-kiegészítés hatására csökkent a karbamid- és koleszterinszint, és nőtt a vér hemoglobin- és fehérvérsejt-koncentrációja. A nagyobb hemoglobin-tartalmat és hematokrit értéket *Masanetz és mtsai*. (2011) a borjak jobb vasforgalmával magyarázzák, ami a teljes teje alapozott borjúnevelésben kiemelkedő jelentőséggel bír. Vizsgálatukban beszámolnak a borjak trombocita és monocita koncentrációjának csökkenéséről. A sertésekben tapasztalt bél-morfológiát érintő változásokkal szemben *Masanetz és mtsai*. (2010) úgy találták, hogy itatásos borjak tejpotlójának 2% inulin-kiegészítésekor csökken az ileumban a bélbolyhok hossza, a mucint termelő kehelysejtek és a proliferatív sejtek száma.

KÖVETKEZTETÉSEK

A felsorolt tudományos eredmények alapján elmondható, hogy az inulin, mint prebiotikus fruktán hatása a szervezet egészére mérhető. Az állat egészségi állapotát jelző pozitív változások nem minden esetben manifesztálódnak a teljesítmény növekedésében, de mindenképpen hozzájárulnak annak megfelelő és magas szinten tartásához. Az antibiotikumtól mentes, illetve annak csökkentését célul kitűző takarmányozási programok megfelelő alkotója lehet az inulin. A tudomány számára még sok lehetőséget kínál a különböző takarmányozási és tartási körülményeknek megfelelő optimális dózis, valamint a más takarmányalkotókkal való szinergens hatás feltérképezése.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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

IRODALOM

- 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. *J. Funct. Foods*, 10, 75-84. DOI: [10.1016/j.jff.2014.05.010](https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.05.010)
- Belval, H. (1927). Industrie de l'inuline et du le'vulose. In: Dix Ans d'Efforts Scientifiques, Industriels et Coloniaux 1914-1924. Chimie et Industrie, Paris, France, 1068-1069.
- Brambillasca, S., Zunino, P., Cajarville, C. (2015). Addition of inulin, alfalfa and citrus pulp in diets for piglets: influence on nutritional and faecal parameters, intestinal organs, and colonic fermentation and bacterial populations. *Livest. Sci.*, 178, 243-250. DOI: [10.1016/j.livsci.2015.06.003](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.06.003)
- Branner, G.R., Böhmer, B.M., Erhardt, W., Henke, J., Roth-Maier, D.A. (2004). Investigation on the precaecal and faecal digestibility of lactulose and inulin and their influence on nutrient digestibility and microbial characteristics. *Arch. Anim. Nutr.*, 58(5), 353-366. DOI: [10.1080/00039420400005075](https://doi.org/10.1080/00039420400005075)
- Boscher, D., van Loo, J., Franck, A. (2006). Inulin and oligofructose as functional ingredients to improve bone mineralization. *Int. Dairy J.*, 16(9), 1092-1097. DOI: [10.1016/j.idairyj.2005.10.028](https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.10.028)
- Böhmer, B.M., Branner, G.R., Roth-Maier, D.A. (2005). Precaecal and faecal digestibility of inulin (DP 10-12) or an inulin/*Enterococcus faecium* mix and effects on nutrient digestibility and microbial gut flora. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 89(11-12), 388-396. DOI: [10.1111/j.1439-0396.2005.00530.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2005.00530.x)
- Casewell, M., Friis, C., Marco, E., McMullin, P., Phillips, I. (2003). The European ban on growth-promoting antibiotics and engineering consequences for humans and animal health. *J. Antimicrob. Chemother.*, 52(2), 159-161. DOI: [10.1093/jac/dkg313](https://doi.org/10.1093/jac/dkg313)
- Gaggia, F., Mattarelli, P., Biavati, B. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *Int. J. Food Microbiol.*, 141, S15-S28. DOI: [10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031)
- Gibson, C. R., Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of human colonic microflora: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.*, 125(6), 1401-1412. DOI: [10.1093/jn/125.6.1401](https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401)
- Gibson, G. R., Roberfroid, M. B. (2008). *Handbook of Prebiotics*. CRC Press.
- Halas, D., Hansen, C.F., Hampson, D.J., Mullan, B.P., Wilson, R.H., Pluske, J. R. (2009). Effect of dietary supplementation with inulin and/or benzoic acid on the incidence and severity of post-weaning diarrhoea in weaner pigs after experimental challenge with enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Arch. Anim. Nutr.*, 63(4), 267-280. DOI: [10.1080/17450390903020414](https://doi.org/10.1080/17450390903020414)
- Hall, M. B., Weimer, P. J. (2016). Divergent utilization patterns of grass fructan, inulin and other non fiber carbohydrates by ruminal microbes. *J. Dairy Sci.*, 99(1), 245-257. DOI: [10.3168/jds.2015-10417](https://doi.org/10.3168/jds.2015-10417)
- Hill, C., Guarner F., Reid, G., Gibson, R. G., Merenstein, J. D., Pot, B., Morelli, L., Canani, R. B., Flint, H. J., SIminen, 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. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.*, 11(8), 506-514. DOI: [10.1038/nrgastro.2014.66](https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66)
- Huang, Q., Wei, Y., Wang, Y., Hu, T. (2015). Effect of dietary inulin supplements on growth performance and intestinal immunological parameters of broiler chickens. *Livest. Sci.*, 180, 172-176. DOI: [10.1016/j.livsci.2015.07.015](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.07.015)
- Huebner, J., Wehling, R. L., Hutkins, R. W. (2007). Functional activity of commercial prebiotics. *Int. Dairy J.*, 17(7), 770-775. DOI: [10.1016/j.idairyj.2006.10.006](https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.10.006)
- Ito, H., Wada, T., Ohguchi, M., Sugiyama, K., Kiriya, S., Morita, T. (2008). The degree of polymerization of inulin-like fructans affects cecal mucin and immunoglobulin A in rats. *J. Food Sci.*, 73(3), H36-H41. DOI: [10.1111/j.1750-3841.2008.00686.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00686.x)

- Ito, H., Takemura, N., Sonoyama, K., Kawagishi, H., Topping, D. L., Conlon, M. A., Morita, T. (2011). Degree of polymerization of inulin-type fructans differentially affects number of lactic acid bacteria, intestinal immune functions, and immunoglobulin A secretion in the rat cecum. *J. Agric. Food Chem.*, 59(10), 5771-5778. DOI: [10.1021/jf200859z](https://doi.org/10.1021/jf200859z)
- Kara, C., Orman, A., Gencoglu, H., Kovanlikaya, A., Meral, Y., Cetin, I., Yibar A., Kasap S., Turkmen, I., Deniz, G. (2012). Effects of inulin supplementation on selected faecal characteristics and health of neonatal Saanen kids sucking milk from their dams. *Animal*, 6(12), 1947-1954. DOI: [10.1017/s1751731112000900](https://doi.org/10.1017/s1751731112000900)
- Kaufhold, J., Hammon, H.M., Blum, J. W. (2000). Fructo-oligosaccharide supplementation: effects on metabolic, endocrine and hematological traits in veal calves. *J. Vet. Med. Ser. A*, 47(1), 17-29. DOI: [10.1046/j.1439-0442.2000.00257.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2000.00257.x)
- Kehoe, S. I., Carlson, D. B. (2015). Influence of nonmedicated additives as alternatives to antibiotics on calves growth and health. *Prof. Anim. Sci.*, 31(6), 516-522. DOI: [10.15232/pas.2015-01416](https://doi.org/10.15232/pas.2015-01416)
- Król, B. (2011). Effect of mannanoligosaccharides, inulin and yeast nucleotides added to calf milk replacers on rumen microflora, level of serum immune globulin and health condition of calves. *Electron. J. Pol. Agric. Univ.* 2.14.
- Lomax, A. R., Calder, P. C. (2009). Prebiotics, immune function, infection and inflammation: A review of the evidence. *Br. J. Nutr.*, 101(5), 633-658. DOI: [10.1017/s0007114508055608](https://doi.org/10.1017/s0007114508055608)
- Loveren H., Sanz Y., Salminen, S. (2012). Health claims in Europe: probiotics and prebiotics as case examples. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, 3(1), 247-261. DOI: [10.1146/annurev-food-022811-101206](https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101206)
- Masanetz, S., Wimmer, N., Plitzner, 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: [10.1017/s1751731109991728](https://doi.org/10.1017/s1751731109991728)
- 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(7), 1099-1106. DOI: [10.1017/s1751731110002521](https://doi.org/10.1017/s1751731110002521)
- McKellar, R. C., Modler, H. W., Mullin, J. (1993). Characterization of growth and inulinase production by *Bifidobacterium* spp. on Fructooligosaccharides. *Bifidobacteria and Microflora*, 12(2), 75-86. DOI: [10.12938/bifidus1982.12.2.75](https://doi.org/10.12938/bifidus1982.12.2.75)
- 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. *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 233, 120-132. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2017.05.010](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.05.010)
- Niness, K. R. (1999). Inulin and oligofructose: What are they? *J. Nutr.*, 129(7), 1402S-1406S. DOI: [10.1093/jn/129.7.1402s](https://doi.org/10.1093/jn/129.7.1402s)
- Parker, R. B. (1974). Probiotics, the other half of the antibiotic story. *Anim. Nutr. Health*, 29, 4-8.
- Perlmutter, D. (2017). *Agyépitők: Hogyan gyógyítja és védi agyunkat az egészséges bélflóra-egy életen át.* Kossuth Kiadó, Budapest
- Samanta, A. K., Jayapal, N., Senani, S., Kolte, A. P., Sridhar, M. (2013). Prebiotic inulin: useful dietary adjuncts to manipulate the livestock gut microflora. *Braz. J. Microbiol.*, 44(1), 1-14. DOI: [10.1590/s1517-83822013005000023](https://doi.org/10.1590/s1517-83822013005000023)
- SooBo, S. (2005). Effects of prebiotics, probiotics and synbiotics in the diet of young pigs [dissertation]. Wageningen University, Wageningen, Netherlands.
- Tako, E., Glahn, R.P., Welch, R.M., Lei, X., Yasuda, K., Miller, D.D. (2008). Dietary inulin affects the expression of intestinal enterocyte iron transporters, receptors and storage protein and alters the microbiota in the pig intestine. *Br. J. Nutr.*, 99(3), 472-480. DOI: [10.1017/s0007114507825128](https://doi.org/10.1017/s0007114507825128)

- USDA (2010). HeiferCalf Health and Management Practices on US Dairy Operations, 2007. USDA: Animal and Plant Health Inspection Service: Vet. Serv., Center Epidemiol. Anim. Health, Fort Collins, USA.
- Van Loo, J., Bosscher, D., Janssens, G. P. (2006). Prebiotic inulin interacts with the caecal fermentation in the horse. Horse health nutrition: Third European Equine Health and Nutrition Congress, Faculty of Veterinary Medicine of Ghent University, Merelbeke, Belgium, 75-82.
- Van Loo, J. (2007). How chicory fructans contribute to zootechnical performance and well-being in livestock and companion animals. *J. Nutr.*, 137(11 Suppl), 2594S-2597S. DOI: [10.1093/jn/137.11.2594s](https://doi.org/10.1093/jn/137.11.2594s)
- Verdonk, J.M.A.J., Shim, S.B., van Leeuwen, P., Verstegen, M.W. A. (2005). Application of inulin-type fructans in animal feed and pet food. *Br. J. Nutr.*, 93(S1), S125-S138. DOI: [10.1079/bjn20041355](https://doi.org/10.1079/bjn20041355)
- 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 Orafit Research Conference, Paris, 50-51.
- Verstegen, M.W.A., Williams, B.A. (2002). Alternatives to the use of antibiotics as growthpromoters for monogastric animals. *Anim. Biotechnol.*, 13(1), 113-127. DOI: [10.1081/abio-120005774](https://doi.org/10.1081/abio-120005774)
- Vogt, L., Meyer, D., Pullens, G., Faas, M., Smelt, M. (2015). Immunological properties of inulin-typefructans. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 55(3), 414-436. DOI: [10.1080/10408398.2012.656772](https://doi.org/10.1080/10408398.2012.656772)