



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
GEORGIKON CAMPUS

**AZ EXTRAHÁLT NAPRAFORGÓDARA
TAKARMÁNYÉRTÉKÉNEK ÉS ETETHETŐSÉGÉNEK
VIZSGÁLATA JÉRCÉKKEL ÉS TOJÓTYÚKOKKAL**

DOI: 10.54598/005010

Mezőlaki Ákos

Keszthely

2024

A doktori iskola

megnevezése: Festetics Doktori Iskola

tudományága: Állattenyésztési tudományok

vezetője: Dr. Anda Angéla DSc

egyetemi tanár, MTA doktora

MATE, Georgikon Campus

Növénytermesztési Tudományok Intézet

Agronómia Tanszék

Témavezető: Dr. Dublec Károly CSc

egyetemi tanár

MATE, Georgikon Campus

Élettani és Takarmányozástani Intézet

Takarmányozási és Takarmányozás-élettani Tanszék

.....
Dr. Anda Angéla, DSc

.....
Dr. Dublec Károly, CSc

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	5
2. Célkiűzések	7
3. Irodalmi áttekintés	8
3.1. Globális kihívások a gazdasági állatok takarmányozásában	8
3.2. Az extrahált napraforgódara takarmányozási szerepe	8
3.2.1. Az alternatív fehérjeforrások felhasználásának lehetőségei	8
3.2.2. Az olajipari melléktermékek jellemzői.....	10
3.2.3. Az extrahált napraforgódara felhasználása a baromfi fajok takarmányozásában	14
3.2.4. Az extrahált napraforgódara felhasználása a tojótyúk takarmányozásában	15
3.3. A közeli infravörös (NIR) spektroszkópia szerepe a takarmányminősítésben.....	16
3.3.1. A NIR spektroszkópia működési elve és használatának jelentősége	16
3.3.2. A NIR gyakorlatban történő felhasználása	18
3.4. A hazai tojástermelési ágazat jellemzői.....	21
3.5. Az extrahált napraforgódara táplálóanyagának emészthetősége.....	27
3.6. Enzimmészítmények használata az extrahált napraforgó etetésekor.....	29
3.7. A takarmányozás hatása a tojás minőségi paramétereire.....	30
4. Anyagok és módszerek.....	33
4.1. Az extrahált napraforgó táplálóanyag tartalma	33
4.1.1. Takarmányanalitikai módszerek	33
4.1.2. Statisztikai analízis és számítások	34
4.2. Első állatkísérlet.....	34
4.2.1. Állatok és kezelések	34
4.2.2. Takarmányanalitikai módszerek	39
4.2.3. Béltartalomból végzett mintavételek	40
4.2.4. Analitikai módszerek, számítások, statisztika	40
4.3. Második állatkísérlet.....	41
4.3.1. Állatok és kezelések	41
4.3.2. Takarmányanalitikai módszerek	45
4.3.3. Tojásmínőség vizsgálat.....	45
4.3.4. Béltartalomból végzett mintavétel	46
4.3.5. Statisztikai analízis	46
5. Eredmények és értékelésük	47
5.1. Az extrahált napraforgódara táplálóanyagtartalma	47
5.1.1. A napraforgódara minták táplálóanyag tartalma és aminosav összetétele	47
5.1.2. A napraforgódarák különböző táplálóanyagai közötti, valamint aminosavtartalma és a nyersfehérjetartalom közötti korreláció	50
5.2. Első állatkísérlet	55

5.2.1. A napraforgódara jércékkel mért aminosav emészthetősége	55
5.2.2. A napraforgódara tojótyúkokkal mért aminosav emészthetősége	56
5.2.3. A regresszió analízis eredménye	57
5.2.4. Nemzetközi ajánlások irodalmi értékeivel való összehasonlítás eredménye	62
5.3. Második állatkísérlet.....	66
5.3.1. A jércék testtömeggyarapodása	66
5.3.2. Jérce és tojótyúktápok aminosav emészthetősége	68
5.3.3. A tojótyúkok takarmányfelvételének, a tojások átlagsúlyának, az összes tojás tömeg és a fajlagos takarmányfelhasználás vizsgálatának eredményei.....	71
5.3.4. A viszkozitás mérés eredményei	77
6. Következtetések és javaslatok	82
7. Új tudományos eredmények.....	84
8. Összefoglalás	85
9. Summary	87
10. Mellékletek	89
M1. Irodalomjegyzék	89
M2. Táblázatok.....	111
11. Köszönetnyilvánítás	115

1. Bevezetés

Napjainkban az emberiség legjelentősebb állati eredetű fehérjeforrását a baromfiágazat biztosítja, ugyanis a világ baromfihús- és tojástermelése 2018-ban meghaladta a 200 millió tonnát (FAO 2020). Ezt a volument tekintve döbbenetes, hogy már 2017-ben a világon több baromfihúst (122,3 millió tonna) állítottak elő, mint sertést (119,8 millió tonna), és ugyanebben az évben a világ tyúktojástermelésének összes mennyisége (80,089 millió tonna) jócskán meghaladta a világ szarvasmarha-hústermelését. Lényegében ennek a változásnak köszönhető az, hogy napjainkban a világ legelterjedtebb madárfaja nem más, mint a házi tyúk (Áprily et al. 2020).

Ma már egyre inkább elismert az a tény, mely szerint a tojás egy „ételcsoda”, melynek biológiai értéke azonos az anyatejével, közel 40-féle, köztük baktericid, erős antigén és vérnyomáscsökkentő hatású fehérjét tartalmaz. Emellett 18 különböző aminosav található benne, melyből 9 esszenciális. A tojás magas tápértékű élelmiszer, nagy arányban találhatóak meg benne létfontosságú vitaminok és ásványi anyagok. Mindemellett a telített-és telítetlen zsírsavakat optimális arányban tartalmazza, s eközben nem tartalmaz szénhidrátot és transzzsírokat. Az elmúlt években számos tanulmány foglalkozott a tojásfogyasztás emberi szervezetre gyakorolt hatásával. Az eredmények azt mutatják, hogy a tojás számos olyan táplálóanyagot is tartalmaz, - amelyek túl az alapvető táplálkozáson - jelentős egészségmegőrző hatással is bírnak. A közhiedelemmel ellentétben egy tojásban mindössze 190-210 mg koleszterin van, miközben a napi anyagcsere szükséglet fedezéséhez egy felnőtt szervezet napi kb. 3000 mg koleszterint termel (Miranda et al. 2015). Fontos megjegyezni, hogy az emberi szervezet napi állatifehérje-szükséglete a legolcsóbban és a legkisebb környezeti terhelés mellett a tojással fedezhető. Amellett, hogy alapvető élelmiszer, funkcionális tulajdonságaiból fakadóan fontos egészségmegőrző szerepet tölt be, s emellett könnyen dúsítható jótékony összetevőkkel. Pozitív tulajdonságai között kell megemlíteni, hogy segíti az agyműködést, a magzati fejlődést, az immunrendszert, csökkenti a daganatos és a kardiovaszkuláris megbetegedések, valamint a korral összefüggő szembetegségek, az érszűkület, és a trombózis kialakulásának és az időskori izomerő-és izomtömeg-csökkenés előfordulásának kockázatát.

A fogyasztók számára ma már az egyik legfontosabb szempont az élelmiszerválasztás során, hogy a termék fogyasztása biztonságos és egészséges legyen, vagyis ne tartalmazzon olyan anyagokat, amelyek veszélyeztethetik az egészségüket, mint mikroorganizmusok, mikotoxinok, peszticidek, antibiotikumok stb. (Molnár and Szöllősi 2021).

A világ népességének növekedésével a tojás iránti kereslet tovább fog nőni. Ennek a keresletnek a fenntartható kielégítése nagy kihívás lesz, mivel a hagyományos növényi fehérjeforrások magas költséggel járnak a tojótyúkok takarmányában. Emellett a baromfitakarmányozási szakemberek évtizedek óta dolgoznak a tojástermelés magas volumenének a fenntarthatóságán. Az alternatív növényi fehérjeforrások, mint például a napraforgómagliszt használata innovatív megoldások a takarmányok költségének csökkentésére, ami a termelékenység javulásához és a környezet terhelés csökkentéséhez vezet (Saleh et al. 2021a).

2. Célkiűzések

A PhD munkám során kísérleteimben arra kerestem a választ, hogy a hazánkban is rendelkezésre álló és viszonylag mérsékelt áron beszerezhető extrahált napraforgódara (ND) táplálóanyagainak milyen a változékonysága és a takarmányminősítésben általánosan használt NIR készülék milyen pontosan képes az ND táplálóanyag összetételénke becslésére. Arra is kíváncsiak voltunk, hogy a napraforgódara táplálóanyagai között van-e korreláció. Mivel az ND elsősorban fehérjetakarmány azt is vizsgálni terveztük, hogy a napraforgó fehérje aminosavösszetétele mennyiben tekinthető konstansnak és aminosav összetétele milyen viszonyban van a jércék és tyúkok aminosav szükségletével.

Az állatkísérletek elvégzésével arra voltunk kíváncsiak, hogy tojó típusú jércék és tyúkok esetében van-e a napraforgódarának aminosav emészthetőséget csökkentő bekeverési korlátja. Mivel az ND-re vonatkozóan ezidáig döntően brojlercsirkékkel végeztek ileális emésztési vizsgálatokat, célunk volt a jércékre és tyúkokra vonatkozó aminosav emésztési együtthatók meghatározása is.

Az ND rostösszetétele nagyon heterogén, nem rendelkezünk kifejezetten a napraforgó alapú tápokra kifejlesztett enzimkiegészítőkkel. Ezért arra is választ kerestünk, hogy a jelenleg használt exogén enzimek és azok kombinációi befolyásolják-e az ND tartalmú tápok esetében az aminosavak ileális emészthetőségét, a béltartalom viszkozitását és tyúkok esetében a tojástermelést és a tojások minőségét.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Globális kihívások a gazdasági állatok takarmányozásában

Az elmúlt években radikálisan megváltozott a piaci helyzet és olyan új kihívásokkal kell szembenéznünk, mint a gazdasági folyamatok globális lassulása, az infláció, a kereskedelmi korlátozások. A változásokhoz nagymértékben hozzájárultak a Covid-19 járvány, az ukrán-orosz háború politikai, gazdasági, ellátási és logisztikai problémái. A madárinfluenza és az afrikai sertéspestis kontinenseken „átugró” terjedése és kártétele, a környezeti tényezők nagymértékű változása, a globális aszály, amely Magyarországot is érintette.

Az állati termékek fogyasztása hosszútávon növekszik és a kereslet is folyamatos, de az igények földrajzi és időbeni eltérése a termelés hullámzását generálja. A kereskedelmi korlátozások, támogatások és az ár stop eszközével gyakran élnek országok, ami tovább bonyolítja az ágazat helyzetét és kilátásait. Az input árak szintjén túl a munkaerő hiánya és a logisztikai kihívások is befolyásoló tényezők, amelyek a változékonysághoz járulnak hozzá. Az ukrán-orosz háború közvetlen hatása térségünkben hatványozottan jelentkezik, amelynek a hatásaival hosszabb távon is számolnunk kell. Ez mind a migráció mértékében, mind a keleti termékimport megakadásában, a logisztikai nehézségekben észlelhető, amint a szankciós politika erőteljes érvényesítésében és annak következményeiben is (Zoltán 2023).

A nemzeti és a nemzetközi mezőgazdasági piacok egyre nagyobb mértékű integrációja valósul meg. Ennek eredményeként a mezőgazdasági termelésben a tradicionális mennyiségi megközelítés, vagyis bázisszemlélet helyett a piacra termelés és a jövedelem-centrikusság lesz meghatározó. A piacra történő takarmányértékesítés során a gabonaféléket, fehérjealapanyagokat forgalmazó, premix-gyártó, tőkeerős magyarországi és multinacionális cégek versenyeznek egymással kapcsolt szolgáltatásaik révén. Jövőbeni piaci pozíciójukat az állattartás fajlagos mutatóinak javulását szolgáló takarmányok előállítása fogja meghatározni (Popp et al., 2018).

3.2. Az extrahált napraforgódara takarmányozási szerepe

3.2.1. Az alternatív fehérjeforrások felhasználásának lehetőségei

A modern baromfitermelésben a takarmányköltségek a teljes termelési költség 70-75%-át teszik ki, a kukorica és a szójaliszt a leggyakrabban használt hagyományos takarmány-összetevők

(Alagawany et al., 2018). A növényi fehérjeforrások közül nagyobb fehérje és lizintartalma miatt az extrahált szójadara alkalmazása terjedt el és valószínűleg ez is marad a monogasztrikus állatok takarmányában a meghatározó fehérjeforrás (Fébel, 2018). A fent leírtak alapján a szójadara az a referenciafehérje, amihez viszonyítjuk a gazdasági állataink takarmányozásában felhasznált egyéb növényeket. Az egyéb növények vagy növényi eredetű alapanyagok alkalmazását „kikényszeríthetik” gazdasági, növénytermesztési, illetve környezetvédelmi okok. A szójadara emberi és állati fehérjeforrásként való felhasználására vonatkozó jövőbeli előrejelzések rámutattak a lehetséges problémákra, amelyek elsősorban olyan tényezőkből adódnak, mint a rendelkezésre állás, az egyetlen összetevőre való túlzott támaszkodás kockázata és a termelési költségek (Ciurescu et al., 2019). A szójadara világpiaci ára sok esetben annyira magas lehet, ami miatt a takarmányreceptúrát összeállítók igyekeznek azt olcsóbb, de még megfelelő fehérjetartalmú alapanyaggal részben kiváltani vagy helyettesíteni. 2019-2020-ban az Európai Unióban (EU) az extrahált szójadara volt az elsődleges növényi fehérjedara az állatállomány takarmányozására (30 millió tonna), amelyet az extrahált repcedara (13 millió tonna) és az ND (8 millió tonna) követett. A szójadarának a nagy részét importálták, vagy önmagában, vagy nem uniós szójabab feldolgozásából nyerték, míg a felhasznált repcedara 72%-a és az ND 53%-a az EU-ban termesztett növényekből származott (European Commission, 2020). Az elmúlt évtizedek során az európai takarmányiparnak ez a jelentős függősége a nem uniós fehérjedús takarmány-összetevőkre aggodalmakat vetett fel (pl. az EU függősége, géntechnológiával módosított eredet) (Häusling 2011). Eközben a repcedara és az ND versenyképes ára vonzóvá tette azokat a takarmányipar számára (Florou-Paneri et al., 2014). Ezért az repcedara és az ND részaránya az EU állattenyésztési takarmányában várhatóan növekedni fog az elkövetkező években (Pérez de Nanclares et al., 2019). A szója mellett számos más növényi fehérjeforrás felhasználható, az azt korlátozó tényezők figyelembevétele mellett. A nem hagyományos takarmány-alapanyagok felhasználása a takarmány-alapanyaghiány enyhítésével fenntarthatóbbá tenné a baromfitermelést (Fu et al., 2021). Az ilyen takarmány-alapanyagokra soha nem volt még olyan nagy szükség, mint a jelenlegi korszakban, amelyben az emberiség világszerte él. A koronavírusos betegség (COVID-19) világjárvány kitörése óta a termelés 2%-os csökkenését tapasztaltuk; valamint a csirkehús globális 1%-os csökkenését (Hafez and Attia, 2020). Ezek a csökkenések többek között a baromfiellátás és a takarmányok ingadozásának tudhatók be. Következésképpen a takarmányozási szakemberek folyamatosan keresik a könnyen hozzáférhető, megfizethető és tápláló alternatív takarmány-összetevőket (Alagawany, Elnesr and Farag, 2018; Mabusela et al., 2018).

A gabonafélék a baromfi energiaszükségletének kielégítésére szolgáló takarmányok mintegy 60-70%-át teszik ki, míg az olajos magvak hozzájárulnak a madarak takarmányfehérje-

szükségletének fedezéséhez (Senkoylu és Dale, 1999). A szójadarát a legtöbb európai és ázsiai ország importálja. Ezért a gyapotmag-, repcemag-, napraforgó- és földimogyoró-őrleményeket alternatív fehérjeforrásként javasolták a baromfitakarmányok előállításához (Rezaei and Hafezian, 2007a; Vito Laudadio et al., 2014; V. Laudadio et al., 2014).

Az utóbbi években számos európai és ázsiai országban egyre nagyobb teret hódít egyes olajos magvak, például a napraforgó (*Helianthus annuus*) termesztése. Ennek oka, hogy a trópusi és szubtrópusi területeken évente akár két-három alkalommal is betakarítható és értékes alternatívát jelent az olajtermelők és a takarmánygyártó ágazat számára (Rezaei and Hafezian, 2007a).

3.2.2. Az olajipari melléktermékek jellemzői

Az olajos magvakból azok olajtartalmát hideg vagy meleg préseléses eljárással is ki lehet nyerni. A hidraulikus préselést végzett olajkinyerés mellékterméke az olaj-pogácsa, a szűkülő lyukbőségű, perforált hengeren való átpréselés mellékterméke az ún. expeller. A két eljárás során kapott melléktermékek olajtartalma eltérő, az olajpogácsák zsírtartalma 10%, az expelleré 5% körül mozog (1. táblázat). Mindkettő igen értékes, de könnyen avasodó takarmány. Az itt leírt préselést még valamilyen zsíroldószerrel végzett extrakció is követi, aminek melléktermékei a különböző extrahált darák. Az említett melléktermékek fehérjéből sokat (35-50%-ot), nyerszsírból viszont alig 1-2%-ot tartalmaznak. Nem tartoznak az ízletes takarmányok közé még akkor sem, ha nem sok zsíroldószer marad bennük, mert az extraháláskor sok íz- és zamatanyagot veszítenek. Hasonló sorsra jutnak a zsírban oldódó, értékes hatóanyagaik is. Nyersrost tartalmuk nemcsak az alapanyagtól, hanem a gyártási eljárástól is függ és a legtöbbször számottevő. Egyéb nem keményítő szénhidrát (NSP) anyagaik mennyisége és aránya termékenként eltérő, a repcedara például csaknem tízszeres koncentrációban tartalmaz lignint a szójadarához viszonyítva. Keményítőtartalmuk minimális, cukortartalmuk pedig 4-10% között változik. A gabonákhoz képest több kalciumot tartalmaznak (3,0-7,0 g/kg) és foszfor tartalmuk is figyelemre méltó (6,5-12,0 g/kg). A foszfor ezekben a takarmányokban is 50-75%-ban fitinsavak formájában van jelen. Az olajos magvak azonban a gabonákkal ellentétben saját fitáz aktivitással nem rendelkeznek.

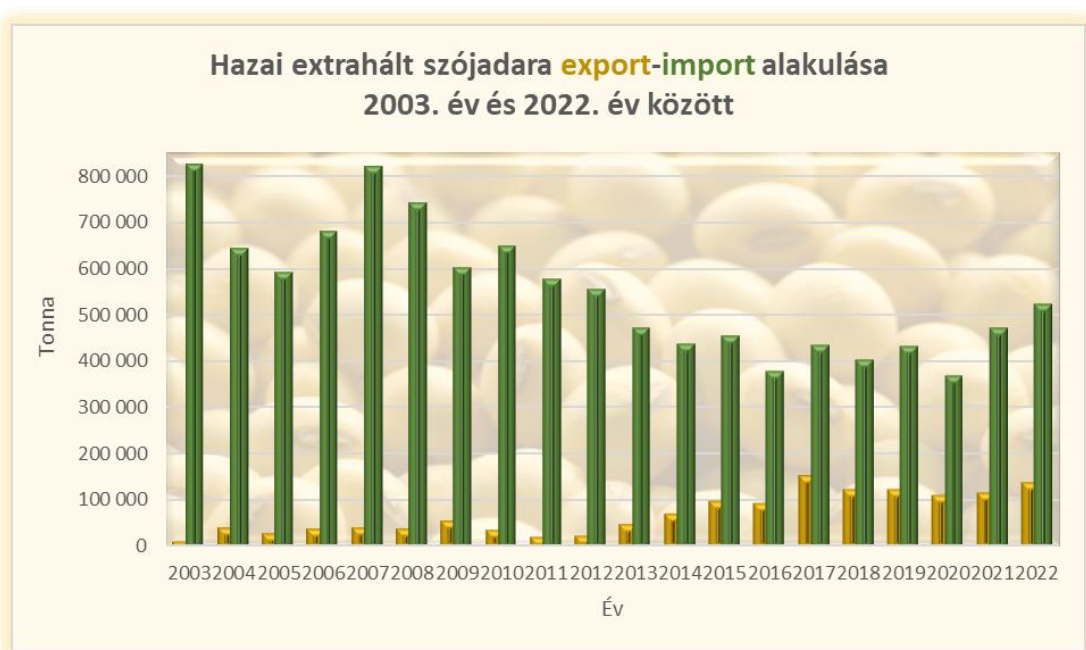
1. táblázat Az extrahált darák táplálóanyagtartalmának összehasonlítása

Beltartalmi Paraméterek	Extrahált szójadara			Extrahált napraforgódara			Extrahált repcedara		
	2020.év	2021.év	2022.év	2020.év	2021.év	2022.év	2020.év	2021.év	2022.év
Minták száma	239	71	119	442	99	865	89	64	39
Ny. fehérje %	46,21	44,62	46,12	33,61	34,09	36,87	34,70	33,48	-
Ny. zsír %	1,86	2,17	2,21	1,88	1,80	1,56	2,93	3,37	3,14
Ny. rost %	4,22	4,72	4,31	18,96	17,81	17,11	11,78	11,17	11,73
ADF %	6,38	6,91	6,22	22,51	20,77	20,44	19,27	19,25	19,66
NDF %	9,76	9,45	10,59	32,40	31,16	29,79	27,98	26,98	28,83
Ny. hamu %	6,47	6,28	6,51	6,53	6,62	6,60	7,07	7,47	7,64
Keményítő %	0,66	0,72	0,81	-	-	-	-	-	-
Cukor %	9,89	10,42	9,51	5,65	5,96	6,96	8,14	8,24	8,04
P g/kg	5,90	5,95	5,81	9,73	9,96	11,12	9,79	10,36	10,10
P haszn. g/kg	3,54	3,57	3,48	8,27	8,47	9,45	5,87	6,21	6,06
Lizin %	2,84	2,77	2,80	1,20	1,22	1,35	1,83	1,83	1,82
Metionin %	0,62	0,59	0,61	0,74	0,76	0,83	0,68	0,65	0,66
Cisztin %	0,67	0,64	0,66	0,54	0,51	0,58	0,78	0,75	0,76
Met+Cisz %	1,29	1,23	1,26	1,27	1,31	1,41	1,46	1,41	1,43
Treonin %	1,78	1,73	1,77	1,22	1,25	1,35	1,50	1,48	1,47
Triptofán %	0,62	0,61	0,62	0,44	0,47	0,51	0,47	0,46	0,46
Arginin %	3,41	3,22	3,38	2,68	2,72	2,92	2,02	1,97	2,02
Ile %	2,09	2,03	2,08	1,35	1,37	1,48	1,37	1,33	1,34
Leu %	3,47	3,36	3,46	2,09	2,11	2,29	2,36	2,28	2,31
Valin %	2,17	2,11	2,17	1,62	1,66	1,79	1,76	1,71	1,73
His %	1,20	1,16	1,19	0,81	0,83	0,89	0,90	0,87	0,89
Phe %	2,32	2,22	2,31	1,51	1,53	1,66	1,38	1,34	1,35
Gli %	1,94	1,87	1,93	1,95	1,99	2,15	1,75	1,70	1,71
Ser %	2,30	2,22	2,29	1,40	1,42	1,53	1,46	1,43	1,45
Pro %	2,31	2,24	2,31	1,40	1,41	1,52	2,06	1,99	2,01
Ala %	1,97	1,92	1,97	1,42	1,45	1,56	1,51	1,46	1,48
Asp %	5,23	4,97	5,21	2,96	3,03	3,26	2,48	2,44	2,45
Glu %	8,24	7,88	8,20	6,29	6,30	6,77	5,73	5,46	5,62
DE hízósértés MJ/kg	15,40	15,45	15,32	10,97	11,14	11,97	11,68	11,70	11,32
ME hízósértés MJ/kg	14,07	14,12	14,00	9,98	10,91	-	10,71	10,73	10,38
NE hízósértés MJ/kg	8,91	9,03	8,89	5,70	5,85	6,33	6,44	6,51	6,20
DE koca MJ/kg	16,37	16,42	16,28	12,53	12,73	13,68	12,55	12,56	12,16
ME koca MJ/kg	14,78	14,83	14,70	11,24	11,42	12,27	11,34	11,36	10,99
NE koca MJ/kg	9,59	9,70	9,55	6,79	6,95	7,52	7,12	7,21	6,88
AMEn MJ/kg	9,62	9,53	9,69	6,20	6,23	6,53	7,30	7,35	7,27

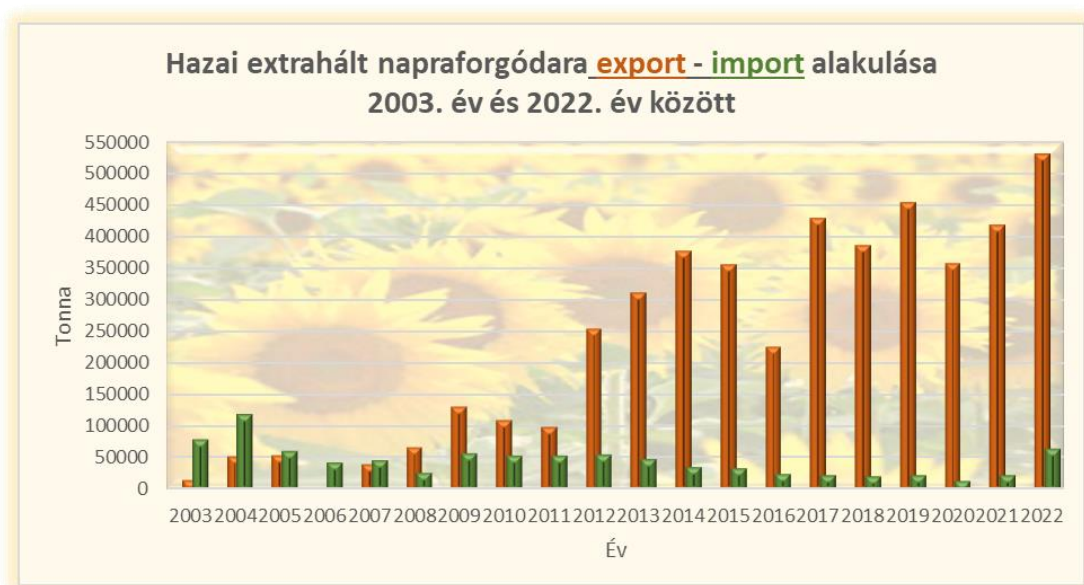
(Evonik Nutrition and Care Ltd., 2023)

Az extrahált napraforgódara (ND), egy olcsó, agráripari eredetű melléktermék, az egyik ígéretes alternatív takarmány-összetevő, amely részben helyettesítheti az extrahált szójadarát a baromfitápokban (Bilal et al., 2017). Világszerte széles körben elérhető, mivel jól alkalmazkodik a különböző talaj- és éghajlati viszonyokhoz, nyersfehérje- és metionin tartalma magas és csak korlátozott mennyiségben tartalmaz antinutritív anyagokat (Alagawany et al., 2017).

Hazai viszonylatban az ND áll rendelkezésre a legnagyobb mennyiségben. Az alábbi két diagram nagyon jól szemlélteti az extrahált szójadara és az ND hazai export-import alakulását és annak tendenciáját az elmúlt 20 évben (1-2. ábra).



1. ábra A hazai extrahált szójadara export-import alakulása 2003.év és 2022.év között (AKI Agrárstatisztikai Osztály, 2023)



2. ábra A hazai extrahált napraforgódara export-import alakulása 2003.év és 2022.év között
(AKI Agrárstatisztikai Osztály, 2023)

Antinutritív vagy toxikus anyagokat nem tartalmaz, fehérjetartalma 30-38%, a rosttartalom (15-25%) függvényében változik. Fehérjéje lizinben szegény, a kén-tartalmú aminosavakban relatíve gazdag, ezek mennyisége meghaladja a lizint. Foszfortartalma magas. Az ND baromfitakarmányokban való felhasználását azonban korlátozhatja a kémiai összetétele, amelynek két fő összetevője korlátozza a felhasználását: nevezetesen a magas rost- és az alacsony lizin-tartalom (Nolte et al., 2021; Saleh et al., 2021a). Emellett azonban gazdag olyan növényi hatóanyagokban is, amelyek közül sok biológiai aktivitással rendelkezik, beleértve az antioxidáns és immunmoduláló képességeket (Panaite et al., 2020; Saleh et al., 2021a). Magas tokoferol-tartalommal rendelkezik (608 mg/kg mag), ezért jó E-vitamin-forrásnak tekinthető (Azizi et al., 2018). Más olajosmag-őrleményekkel összehasonlítva az ND-nek magas a Ca, P és B-vitamin-komplex tartalma (García-Moreno et al., 2012).

Etetésekor a legnagyobb gondot az okozza, hogy a hántolás után visszamaradó vagy visszakevert héj az olaj-kinyerés munkafolyamatában elveszíti rugalmasságát, miközben tűhegyes, merev szilánkokká töredezik, ami irritálja és sérti az emésztőcső nyálkahártyáját. Ezzel a kellemetlen hatással, ha kisebb mértékben is, de az új, vékony maghéjú fajták esetében is számolni kell. Ajánlatos tehát az extrahált napraforgódarát és benne a mag-héjtöredékeket finomra őrölni. Az alacsony rosttartalmú (10-12%) extrahált napraforgódarákat tojó-, brojler- és pulykatápokban 5-15%-ban szerepeltethetjük. A hagyományos fajták 5-8%-ban, enzim kiegészítést alkalmazva idősebb madaraknál 15%-ig is alkalmazhatóak.

A napraforgó olajpogácsa, a repcepogácsánál ízletesebb, nyersfehérje tartalma 25-30%, míg hántolt változata 40% fehérjét és 10% rostot tartalmaz. A napraforgó olajpogácsa gazdag metioninban, de szegény lizinben és treoninban. Glikozidokat, erukasavat és tannint nem tartalmaz. A napraforgó pogácsák felhasználását elsősorban a héjatlantás, a gyártási eljárás után visszamaradó rost mennyisége korlátozza, alkalmazható mennyisége 5-15%.

A szakirodalmi tanulmányok különböző kémiai összetételű ND-t találtak (Senkoylu and Dale, 1999; L.D. San Juan and Villamide, 2001). Ez az eltérés a különböző szemcsemegmunkálási módszerekből adódhat, ahogyan arról Pinheiro et al., (2002) is beszámoltak. A magas olajtartalmú, olajtermelésre szánt új típusú napraforgó magvak nagy mennyiségű termelése és a magas fehérje- és energiatartalmú baromfitápok összeállításának növekvő tendenciái elősegítették a napraforgó magvak értékelését (Cheva-Isarakul and Tangtaweewipat, 1991).

3.2.3. Az extrahált napraforgódara felhasználása a baromfi fajok takarmányozásában

A nem hagyományos takarmányok, mint például az ND alkalmazása a baromfitakarmányozásban a fejlődő országokban jelentős figyelmet kapott. A baromfitápokban sikeresen alkalmazható, ha a tápok összetételét megfelelően alakítják az energia és az aminosavak, különösen a lizin és a metionin tekintetében (Alagawany et al., 2015).

Egyes tanulmányok szerint a brojlersirkék takarmányába 15% ND-t lehet beépíteni anélkül, hogy a brojlersirkék teljesítményére és/vagy más mért paraméterekre negatív hatással lenne (Alagawany et al., 2017), míg egyes tanulmányok arról számoltak be, hogy a brojlersirkék takarmányhasznosítására és növekedési teljesítményére gyakorolt káros hatások nélkül magasabb arányban is alkalmazható, különösen enzimek hozzáadásával (Tavernari et al., 2008; Senkoylu and Dale, 2019).

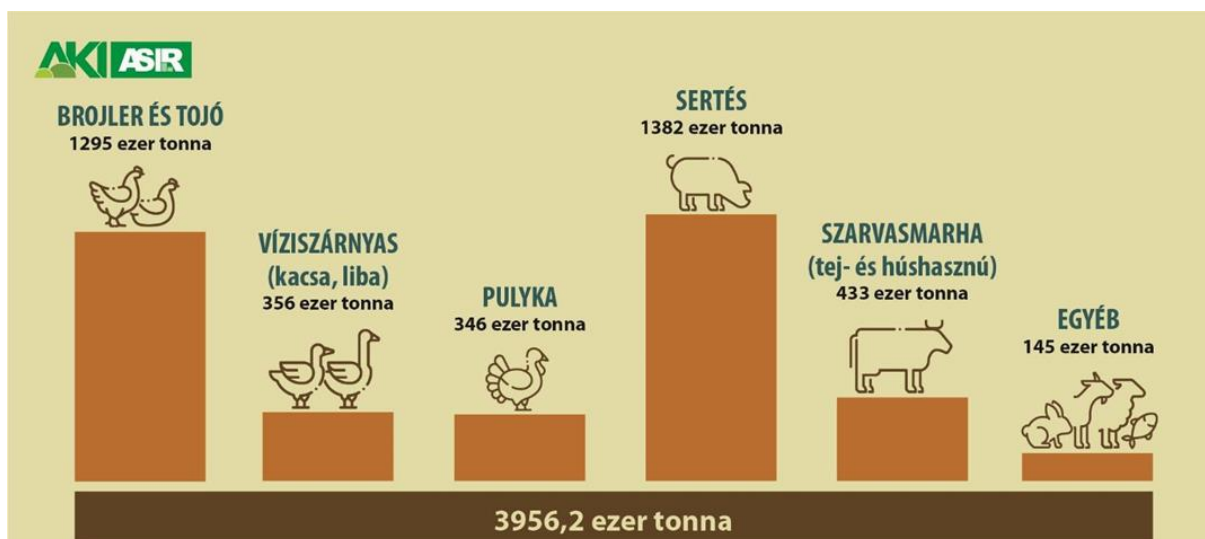
Ezzel szemben voltak olyan tanulmányok, amelyek arról számoltak be, hogy a 10%-os vagy annál magasabb ND-mennyiség használata a brojbertakarmányokban negatívan befolyásolta a növekedési teljesítményt (Horvatovic et al., 2015). Továbbá, Karayagiz and Bulbul (2015) arról számolt be, hogy az ND 20%-ig használható a növésben lévő fürjek tápjában anélkül, hogy negatívan befolyásolná a teljesítményt. Tanulmányuk szerint, Attia et al., (2016) az ND nagyobb arányú használata szükségessé teheti a tápok kristályos lizinnel és takarmány olajokkal történő kiegészítését, hogy kompenzálják az ezen összetevőhöz kapcsolódó alacsony metabolizálható energia tartalmat (ME). Az ND használatával járó alacsony ME kiegyenlítésére szolgáló extra zsírokkal való kiegészítéssel azonban óvatosan kell eljárni, és a zsírok tárolására nagy figyelmet

kell fordítani az avasodás és a rossz pelletálhatóság miatt; ami viszont szükségessé teheti az antioxidánsokkal való további kiegészítést (Rama Rao et al., 2006).

Arija, (1998) and Suresh, (2000) nem számoltak be káros hatásokról, ha a brojlertakarmányokba legfeljebb 50 és 120 g/kg napraforgómaghéj került. Egy másik kutatás szerint az ND akár 140 g/kg mennyiségben is felhasználható a brojlercsirke-tápokban anélkül, hogy káros hatással lenne a teljesítményre (Nassiri Moghaddam et al., 2012).

3.2.4. Az extrahált napraforgódara felhasználása a tojótyúkok takarmányozásában

A harmadik ábrán láthatjuk, hogy a haszonállatok számára gyártott takarmánykeverékeken belül méltó helyet foglal el a brojler és a tojó állományok részére előállított megközelítőleg 1.3 millió tonna takarmánykeverék.



3. ábra Haszonállatok számára gyártott takarmánykeverékek Magyarországon 2021, ezer tonna (AKI 2023)

Magyarországon jelenleg az ND-t tojóhibridek takarmányozására a nevelési fázis második részében 5-7%-ban, a termelési fázisokban pedig 10-15%-ban használják a gyakorlatban.

Kutatások során korábban megállapították, hogy a magas rosttartalmú ND nagyobb arányú felhasználását a könnyű testű Leghorn típusú tojók takarmányozásában korlátozza a kémiai összetételének nagy változatossága, valamint a magas rost/alacsony energiatartalom és az alacsony lizin tartalom (Senkoylu and Dale, 1999). Számos kutatás során vizsgálták már az ND tojótakarmányokba való különböző mértékű beépítését. A legtöbb ilyen vizsgálatban az ND képes volt a szójafehérje 50-100%-át helyettesíteni anélkül, hogy hátrányosan befolyásolta volna a tojótyúkok termelési teljesítményét (Rose, Coit and Sell, 1972; Deaton, McNaughton and Burdick,

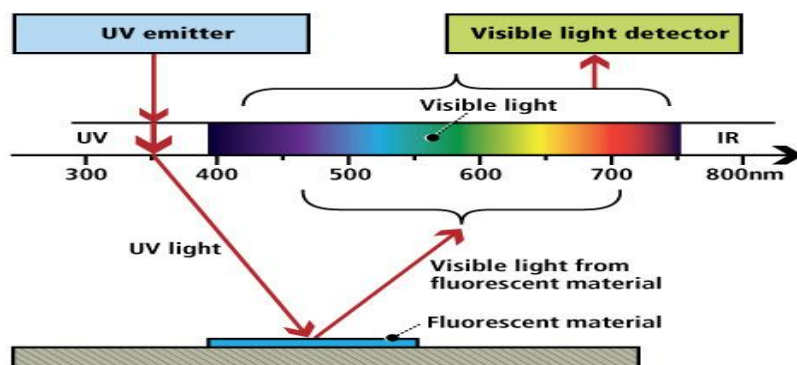
1979a; Michel and Sunde, 1985; Kashani and Carlson, 1988; Alagawany et al., 2015). Michel és Sunde, (1985) szerint az ND viszonylag gazdag kéntartalmú aminosavakban, de ha nem más fehérjeforrásokkal vagy szintetikus aminosavakkal együtt használják, két aminosavhiányra kell számítani: a lizinre, mint első limitáló aminosavra és a treoninra. A jérce állományokat adagolt takarmányozással és fényprogrammal nevelik, hogy a tojóidőszak kezdetén elérjék az optimális élősúlyt. Ez a brojlersirkék és a jércék között fontos különbség, hiszen ez a napi takarmányfelvétel kisebb mennyiségét okozza, ami befolyásolhatja a fehérje emészthetőségét. A tojótyúkok esetében a tojók fehérje-, energia- és kalciumszükséglete a nap folyamán változik a tojás egyes komponenseinek szintézise miatt, ami módosítja takarmányfelvételi szokásaikat. A hosszabb sötét időszak és a korlátozott takarmányozás szintén eltérést jelent esetükben a brojlersirkéktől (Molnár et al., 2018; Lu et al., 2021).

Vieira et al., (1992) a szóját teljes egészében napraforgóval (40,5%) helyettesítették és emellett lizint adtak a tojótyúkok takarmányához anélkül, hogy a termelési paraméterek romlottak volna. A takarmányértékesítés és a takarmányfelvétel azonban pozitív lineáris kapcsolatot mutatott az ND takarmányba való beépítésének függvényében. A tojótyúkokkal végzett korlátozott számú vizsgálat (Hetland, 2005) emellett kimutatta, hogy a mérsékelt mennyiségű oldhatatlan rost bevitele a takarmányba ND-val serkentheti a gyomor-bélrendszer fejlődését és fiziológiáját, ami viszont kedvezően hat az emésztésre és a táplálóanyagok felszívódására.

3.3. A közeli infravörös (NIR) spektroszkópia szerepe a takarmányminősítésben

3.3.1. A NIR spektroszkópia működési elve és használatának jelentősége

A NIR-spektroszkópia a fény és a vizsgált minta molekuláinak kölcsönhatásán alapuló mérési technika. Az infravörös fotonok a biológiai mintákban előforduló kémiai kötések egy részét gerjeszteni képesek. A különböző kötések más és más energiájú fényel gerjeszthetők. A gerjesztéshez szükséges energiát hordozó fényt a minta elnyeli, így a fényelnyelési tartományok elemzésével lehetőség nyílik a kémiai összetétel jellemzésére. A fény szóródásából adódó anomáliák miatt a fizikai szerkezet szintén hatással van az egyes mintákról felvett fényelnyelési spektrumokra.



4. ábra. A közeli infravörös spektroszkópia működési elvének szemléltetése (Bázár et al. 2018)

Ennek értelmében a NIR-spektrumok mind a kémiai, mind a fizikai paraméterekkel mutathatnak összefüggést, ezáltal hatékonyan használhatók ezek korrelatív jellemzésére. A korrelativitás abban rejlik, hogy pusztán a NIR-spektrumokból a legtöbb esetben nem vagyunk képesek messzemenő következtetéseket levonni, szükség van a spektrum és valamely vizsgált tulajdonság közti összefüggés, korreláció feltárására. Ehhez tanító adatbázisra van szükség, mely megfelelően nagy mintasokaságra vonatkozóan tartalmaz spektrális adatot, valamint valamilyen referencia adatot, adatokat, melyeket a jövőben becsülni kívánunk. A spektrumok és az azokhoz tartozó referencia információ (pl. laboratóriumban mért zsírtartalom) kombinálása révén matematikai statisztikai módszerekkel becsülő modelleket lehet felállítani, melyekkel az újonnan beérkező minták kérdéses tulajdonsága

(pl. zsírtartalma) NIR-spektrumuk alapján becsülhető (Bázár et al. 2018).

A közeli infravörös (NIR) spektroszkópia első alkalmazásai a mezőgazdasághoz kötődtek, majd a módszer felhasználási területe gyorsan tágult az orvostudománytól (Wyatt et al. 1990) a gyógyszeriparon át (Blanco et al. 1998) a nehéz- és könnyűiparig (Blanco et al. 1994).

A hagyományos kémiai vizsgáltokkal szemben ezen gyorsvizsgálati módszer nem igényel reagenseket és oldószereket, csökkentve ezzel az analízis költségét és mivel veszélyes hulladék nem keletkezik, ezért nincs környezeti terhelés sem (Uddin and Okazaki 2004).

A NIRS-módszer gyors és megbízható információt nyújt a termékelemzéshez, miközben költséghatékony, figyelembe véve a NIRS-készülékek kezdeti költségeinek hosszú távú előnyét (Wüst and Rudzik 2003). A közelmúltban nemcsak az eredetileg laboratóriumi mérésekhez tervezett asztali műszerek lettek pontosabbak, miközben egyre kompaktabbak, hanem a miniatürizálás lehetőséget teremtett arra is, hogy a spektrométereket a laboratóriumokból vagy a mérőhelyiségekből a gyártás és a feldolgozás területére helyezték át. Ez a fajta technológiai fejlődés az elmúlt évtizedben fellendült (Beć et al. 2020), és a műszerek újdonságai, mint például

a nagy teljesítményű, chip méretű spektrométerek (Dale, 2018) vagy az okostelefonok kiegészítői (McGonigle et al. 2018), napról napra várhatók. Napjainkban a NIR-spektrométerek lehetnek asztali, hordozható, kézi, és egyre gyakrabban automatizált folyamatanalitikai technológiaként (PAT) használt formájúak (Wetzel 2001, Dickens 2010, Yan and Siesler 2018).



5.ábra Különböző típusú mobil közeli infravörös spektroszkópok (Bázár et al. 2018)

Mivel a nedves kémiai módszerek alkalmazása késedelmet okoz a termékek értékelése során, a gyors analitikai technikák, mint például a közeli infravörös spektroszkópia (NIRS) egyre nagyobb teret hódít és azonnali eredményeket biztosító, hatékony eszköznek bizonyult. A technika más laboratóriumi technikákkal összehasonlítva gyors, roncsolásmentes, pontos és költséghatékony. A kézi NIRS-készülékek könnyen használhatók a mezőgazdaságban a beszállítóktól érkező takarmány alapanyagok minőségellenőrzésére, valamint a takarmánykeverékek az állati termékek előállítás és feldolgozás során történő ellenőrző vizsgálatokra egyaránt. Ez által biztosítja a minőségi takarmány és egyéb termékek előállítását (Yakubu et al. 2022).

A hazai NIR tudomány úttörő volt Európában. Prof. Kaffka Károly révén a Központi Élelmiszertudományi Kutató Intézet NIR laboratóriuma az 1970-es évek óta részt vesz a nemzetközi kutatómunkában, az USDA BARC Karl Norris vezette munkacsoportjával szoros együttműködésben. Ebbe a munkába kapcsolódott be az 1980-as évektől Farkas József akadémikus vezetésével az akkori Kertészeti és Élelmiszeripar Egyetem (Budapesti Corvinus Egyetem), valamint Prof. Salgó András irányításával a Műegyetem munkacsoportja (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem) (Kaffka 1988, 2008).

3.3.2. A NIR gyakorlatban történő felhasználása

A NIR spektroszkópiára alapozott minőségvizsgálat számos területen bizonyított már a nehézipartól az élelmiszeriparon át a mezőgazdaságig. Segítségével gyorsan és hatékonyan gyűjthetünk adatot a mérendő anyagokról, melyeket a legtöbb esetben semmilyen minta előkészítésnek nem kell alávetnünk a mérést megelőzően.

A NIR spektroszkópia azon kevés módszerek egyike, melyek nem a haditechnika vagy az űrkutatás felől jutottak el a mezőgazdasági alkalmazásig. Ellenkezőképp, a módszer a mezőgazdasági kutatások eredményeként vált közismertté, és az ehhez kapcsolódó hardveres és szoftveres fejlesztések hatására alakulhatott ki egy olyan gyors, ám mégis nagyon megbízható módszer, mely ma már a mezőgazdaságon és élelmiszeriparon kívül számos egyéb iparág számára kínál analitikai megoldásokat akár laboratóriumi, akár gyártási folyamatba épített, automatizált környezetben: az űrkutatástól a gyógyszeriparig szinte bárhol találkozhatunk e költséghatékony, roncsolás mentes analitikai módszerrel (Bázár et al. 2018).

A hazai kutatóhelyek már az 1980-as években bekapcsolódtak az iparinövények és takarmányok NIR alapú vizsgálatába. Kaffka et al., (1982) napraforgó magok közeli infravörös spektrumait értékelték amerikai-magyar közös kutatásokban. Extrém széles skálán mozgó, kiegyenlített mintakészleten kapott eredményeik igen meggyőzőek voltak az őrlemények olaj-, fehérje-, rost- és víztartalma vonatkozásában.

A keveréktakarmányok, illetve a takarmány alapanyagok tápláléértékét kémiai összetételük (nyersfehérje, nyerszsír, ásványi anyag, stb. tartalmuk) és a tápláló- anyagok biológiai értékesülése együttesen határozza meg. A kémiai összetétel meghatározásához számos klasszikus analitikai módszer használható. Ezek megbízhatósága általában megfelelő, de a vizsgálatok időigényesek és viszonylag drágák. A precíziós állattartás során, a gyors döntések meghozatalának igénye a gyors vizsgálati módszerek alkalmazását részesíti előnyben (Foley et al. 2010).



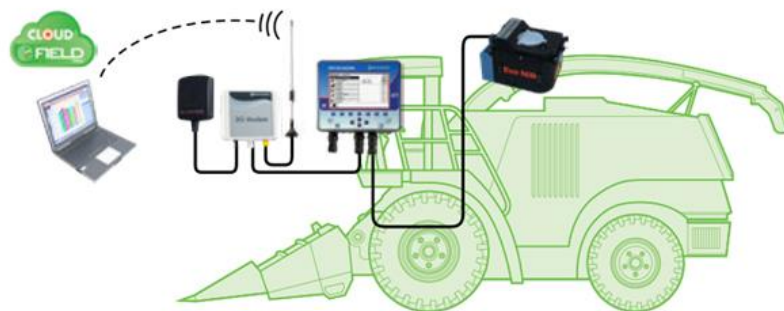
6. ábra A laboratóriumi mérésekhez használt asztali NIR spektroszkópok (Bázár et al. 2018)

A komponensek táplálóanyag tartalmának ismerete elengedhetetlen a szükségesleti értékeket pontosan kielégítő takarmány összeállításához. A gyors reagálás érdekében olyan technológiákat kell használni, melyek során azonnali információt lehet szerezni. Ilyen a már korábban is említett NIRS, ami megfelelő kalibrációs adathalmaz esetén pontos becslést ad a takarmány fizikai és

kémiai jellemzőire. A NIRS makro komponensek mellett (szárazanyag, fehérje, zsír, stb.) mikro komponensek mérésére is alkalmas (pl. vitaminok, klorofill, mikotoxinok), ráadásul a minták vizsgálata egyszeri méréssel, roncsolás nélkül történik (Berardo et al. 2005).

Az állattermékek közeli infravörös spektroszkópiára alapozott vizsgálata a tojással kezdődött. A USDA laboratóriumának munkatársai, Karl Norris vezetésével, vérfolt mentes tojások kiválogatására fejlesztettek ki egy olyan berendezést, amely csak a 900 nm-ig terjedő hullámhossztartományban dolgozott, de közvetlen előzményét képezte a NIR technika fejlesztésének (Brandt, Norris, and Chin 1953). Kaffka és Kulcsár (1982) elsőként alkalmazták a módszert térszámítási tojástartalmának becslésére.

A takarmányértékelés pontos, gyors és olcsó módszereinek rendelkezésre állása egyre fontosabbá válik a gazdasági állatok takarmányozási igényeinek kielégítéséhez, a jövedelmező termelés érdekében. Ez fontos a hatékony és gazdaságos állattenyésztési rendszer megvalósítása, az állatok egészségének fenntartása vagy javítása, valamint a hulladékszennyezésből eredő környezeti hatások minimalizálása érdekében. Pontos és gyors értékelési módszerekre van szükség a takarmányok és állati eredetű termékek forgalmát, kereskedelmét és ellenőrzését szabályozó nemzeti és nemzetközi jogszabályok tekintetében (Givens, De Boever, and Deaville 1997).



7. ábra Egy kombájnbba integrált NIR spektroszkóp működési modellje (Bázár et al. 2018)

Összefoglalva, a NIR spektroszkópia számos mezőgazdasági termék akár több kémiai és fizikai paraméterének egyidejű mérésére jelenthet költséghatékony és gyors megoldást, vegyszert és különösebb szakértelmet nem igénylő módon. A NIR módszertan megbízhatósága az utóbbi évtizedek hardver- és szoftverfejlesztéseinek köszönhetően sokszor eléri a laboratóriumi referencia módszerek megbízhatóságát. A mintavétel helyétől távoli (off-line) vagy a mintavétel mellé telepített (at-line) alkalmazásokat lehetővé tevő robusztus asztali NIR spektrométerek telepí

körülmények között is laboratóriumi színvonalú méréseket tesznek lehetővé. Az automatizált mintavétellel egybekötött (on-line) és mintavételt is nélkülöző, folyamatba épített (in-line) alkalmazásokra fejlesztett spektrométerek és adatforgalmazó egységek pedig újabb távlatokat nyitnak a folyamatszabályozás és minőségbiztosítás terén, lehetővé téve azt, hogy a termékeinkről szinte folyamatosan gyűjtsünk adatot, objektív információval támogatva személyes vagy automatizált döntéshozó rendszereinket (Bázár et al. 2018).

3.4. A hazai tojástermelési ágazat jellemzői

A magyar lakosság tojásfogyasztása évek óta 2,3-2,5 milliárd darab, amely 240 tojás/fő éves átlagos fogyasztás. Bár a KSH adatok szerint az átlagos tyúkállomány létszáma 8,5 millió körül alakul, ez értelemszerűen tartalmazza a háztáji, kisüzemi tojótyúk állományokat és az összes tenyészbaromfi létszámát is. A magyar nagyüzemi tojástermeléshez tavaly kevesebb mint 4 millió tojótyúkot telepítettek. A magyar nagyüzemi tojástermelés a tojásigény 50-52%-át biztosítja, amelyet a háztáji termelés (26%) és import (20-22%) egészít ki. A háztáji gazdálkodásból származó tojás mennyisége csaknem 600 millió darab, míg az importtojás 480-500 millió darab körül alakul. A tojáságazat termelési árbevétele 2021-ben 33,2 milliárd forint volt.



8. ábra Magyarország tojástermelése (2017-2021) (Zoltán 2023).

A magyar piacra kerülő importtojás jellemzően lengyel és ukrán eredetű. A magyar tojástermelés az elmúlt 32 évben folyamatosan csökkent, az évi 4,5 milliárd darabról a 2021-es évben termelt 2,5 milliárd darabra, ami részben a tojásfogyasztás csökkenésének, illetve az EU belső piaci exportlehetőségének a következménye. A magyar tojástermelők a versenyhelyzet fokozódása és a

háztáji állomány csökkenése miatt is csak az ország belső fogyasztásának négyötödét tudják megtermelni, amely az elmúlt évben már csak 1,7-1,8 milliárd tojás volt.

Az uniós folyamatoktól eltérően Magyarországot leginkább a ketreces technológia jellemzi. A NÉBIH tavalyi adatai alapján a ketreces technológia aránya 79,5%, az alternatív tartás aránya 18,5%, a szabad tartásé 1,54%, míg az organikus aránya 0,4%.

A baromfiágazat teljesítménye és eredményei alapján nyugodtan állíthatjuk, hogy az elmúlt 30-50 évben jelentősen javítottuk a termelés hatékonyságát, az élelmiszer-biztonságot, javítva ezzel a lakosság egészséges és biztonságos fehérjével történő ellátását, környezetbarát módon. Ám ez nem a véletlen szerencsének köszönhető. Több évtizedes munka, számtalan szakterület sok-sok szakemberének tudatos, elhivatott szakmai kutatásainak, fejlesztéseinek, beruházásainak és néha kudarcainak eredménye (Csorbai Attila et al., 2023).

A hazai intenzív tojástermelő állományok szinte 100%-ban a középnehéz testű, barna héjú tojást termelő genotípushoz tartoznak, amelynek piac vezető hibridje a Bábolna-Tetra által forgalmazott hazai tenyésztésű Tetra-SL. Természetesen megtalálhatóak hazánkban is a legelterjedtebb nemzetközi tojóhibridek, mint a Lohmann Brown, a Hy-Line Brown, az Isa Brown, a Bovans Brown, a H&N Brown Nick, valamint egyéb kettős hasznú fajták egyaránt.

A 2. táblázatban szeretném bemutatni a vizsgálataimban is szereplő, intenzív tojástermelő állományt reprezentáló Tetra-SL tojóhibrid legfontosabb nevelési és termelési paramétereit.

2. táblázat A Tetra-SL tojóhibridek nevelési és termelési paramétereinek bemutatása

Életképesség	
0-17 élethét	97-98%
18-90 élethét	93-95%
Takarmányfogyasztás	
0-17 élethét	5,7-6,0 kg
18-90 élethét (átlagos)	108-112 g/nap
Testtömeg	
17. élethét	1,41 kg
90. élethét	1,9-2,0 kg
Ivarérés	
50% termelés elérése	140-144 nap
90% termelés elérése	161-163 nap
Tojástermelés (beólt tojóra)	
72. élethétig	318-322
80. élethétig	360-365
90. élethétig	408-412
Halmazott tojástömeg	
72. élethétig	20,2 kg
80. élethétig	23,0 kg
90. élethétig	26,3 kg
Tojástömeg (heti átlagos)	
32 élethetes korban	61,9 g
52 élethetes korban	65,0 g
80 élethetes korban	67,2 g
90 élethetes korban	67,5 g
Átlagos tojástömeg	64,1 g
Héjszilárdság	>35 N
Héjszín	barna

(Tetra Ltd. 2019)

A 3.táblázat korcsoportonként és takarmányozási fázisonként mutatja be a Tetra-SL jércék számára javasolt táplálóanyag szinteket a növendékek nevelési és tojó előkészítési időszaka alatt.

3. táblázat Takarmányozási javaslat a Tetra-SL jércék részére

Takarmány fajta		Pre-starter	Starter	Nevelő	Tojó-előkészítő
TÁPANYAGOK		0-3. élethét	4-8. élethét	9-16. élethét	17-19. élethét
Met. energia	MJ/kg	12,35	12,00	11,50	11,70
Met. energia	kcal/kg	2950	2870	2750	2800
Nyersfehérje	%	20,00	18,00	15,50	17,50
AMINOSAV (ÖSSZES)					
Lizin	%	1,20	1,00	0,75	0,80
Metionin	%	0,48	0,42	0,35	0,40
Metionin + cisztin	%	0,84	0,74	0,61	0,70
Treonin	%	0,75	0,65	0,50	0,60
Valin	%	0,93	0,78	0,60	0,65
Arginin	%	1,22	1,02	0,77	0,82
Triptofan	%	0,24	0,22	0,17	0,18
Izoleucin	%	0,84	0,75	0,60	0,64
AMINOSAV (EMÉSZTHETŐ)					
Lizin	%	1,00	0,83	0,60	0,70
Metionin	%	0,40	0,35	0,30	0,35
Metionin + cisztin	%	0,70	0,60	0,50	0,58
Treonin	%	0,63	0,55	0,42	0,50
Valin	%	0,76	0,65	0,50	0,54
Arginin	%	1,02	0,84	0,63	0,68
Triptofan	%	0,20	0,18	0,14	0,15
Izoleucin	%	0,69	0,62	0,49	0,52
Linolsav	%	1,50	1,25	1,00	1,50
Kalcium	%	1,00	1,00	1,00	2,50
Foszfor (elérhető)	%	0,48	0,44	0,38	0,44
Nátrium	%	0,17	0,17	0,17	0,17
Klorid	%	0,18	0,18	0,18	0,18

(Tetra Ltd. 2019)

Az indító tápok alapvető célja, hogy a csontozat, a belső szervek megfelelően fejlődjenek és aktívan segítsék az immunrendszer kiépülését. Ez a megfelelően összeállított, a növekedéséhez, az immunrendszer fejlődéséhez, a tollasodáshoz szükséges esszenciális aminosavakat tartalmazó Starter tápok ad libitum etetésével érhető el az első hetekben.

A nevelőtáp a legalacsonyabb koncentrációjú, de magas rosttartalmú takarmány, miközben fontos tápanyagokat tartalmaz. A rostok kedvező hatással vannak az emésztőrendszer fejlődésére, ennek eredményeként az étvágyra is. Nagyon fontos, hogy a tojástermelés beindulása előtt a fiatal jércék hozzájussanak minden, a számukra nélkülözhetetlen tápanyaghoz. A Tetra-SL számára ajánlott a Nevelő tápban a nyersrost arányát 5-6%-ra beállítani.

A gabonafélék és azok melléktermékei, mint a DDGS is, használhatók nyersrostforrásként. Takarmány korlátozás nem ajánlott ebben az időszakban, mert az megnehezítheti a megfelelő, a tojástermelés beindulásához szükséges testtömeg elérését. Mivel a takarmány adag növekszik, nagyon fontos ebben az időszakban is a testtömeg heti rendszerességgel történő ellenőrzése. A tojó-előkészítő táp átmenet a Nevelő és a Tojó I táp között, melyben a Ca magasabb szinten, de

valamennyi más alkotóelem is nagyobb mennyiségben fordul elő. A tojó-előkészítő táp összetétele révén ellensúlyozni hivatott az alacsonyabb takarmányfogyasztást, amely gyakran előfordul a termelési időszak beindulásakor. Ebben az időszakban a jércék jelentős fiziológiai változásokon mennek keresztül. Csöves csontjaikban a csontvelő erőteljesen fejlődik, mivel ez lesz a termelési időszak során a tojáshéj képződés Ca forrása. A megfelelő csontszerkezet kialakulásához és a jó tojáshéj minőséghez elengedhetetlen a megfelelő mennyiségű Ca bevitele. A magasabb energia és aminosav szint szintén szükséges ebben a periódusban, mivel ezek segítik elő a petefészek szöveti fejlődését. A napi testtömeg gyarapodás a tojástermelés megkezdése előtt 3-15 nappal 10-15 g-ra növekszik. A tojástermelés megkezdéséhez az 1500-1550 g-os testtömeget el kell érni a megfelelően összeállított Tojó-előkészítő táp ad libitum etetésével. Az első tojások a 19-20. élethetes korban jelennek meg és a 21. élethétől (141-147. naptól) várható a növekedés. A napi takarmányszükséglet 90 g-ról 100 g-ra növekszik a 20. és a 24. élethét között. Ebben az időszakban magas energiaszintű és megfelelő beltartalmú tápot szükséges etetni, megnövelt Ca kiegészítéssel (Tetra -SL tojóhibrid tartástechnológia, 2019). A 4.táblázat ismerteti a Tetra-SL tojóhibridek takarmányozási javaslatát átlagos napi (110 g/nap) takarmányfelvétel esetén. A táblázat adatai alapján, figyelembe véve a napi takarmányszükségletet, lehetőség van az átlagtól eltérő (alacsonyabb vagy magasabb) fogyasztás esetén a takarmány összeállítás módosítására. Az átlagosnál magasabb (115 g/nap) fogyasztás esetén kevésbé intenzív takarmány szükséges, míg az átlagnál alacsonyabb (105 g/nap) esetén egy koncentráltabb takarmány javasolt.

4. táblázat Tetra-SL tojóhibridek takarmányozási javaslata átlagos napi (110 g/nap) takarmányfelvételnél

Takarmány fajta	Tojó I.	Tojó II.	Tojó III.	Tojó IV.	Tojó I.	Tojó II.	Tojó III.	Tojó IV.
Élethét	19-45	46-65	66-80	81-90	19-45	46-65	66-80	81-90
Termelés	>90%	>80%	>70%	<70%	>90%	>80%	>70%	<70%
TÁPANYAGOK	Napi energiaszükséglet/állat				Standard fogyasztás (110 g/nap)			
Met. energia [MJ/kg]	1,29	1,27	1,26	1,26	11,70	11,50	11,45	11,40
Met. energia [kcal/kg]	307	302	301	300	2800	2750	2740	2725
	Napi tápanyagszükséglet (mg/állat)				Tápanyag (%)			
Nyersfehérje	18700	18000	17300	16600	17,00	16,40	15,70	15,00
AMINOSAV (ÖSSZES)								
Lizin	920	880	855	820	0,84	0,80	0,78	0,75
Metionin	460	440	430	400	0,42	0,40	0,39	0,36
Metionin + cisztin	800	780	750	720	0,73	0,71	0,68	0,65
Treonin	640	620	600	570	0,58	0,56	0,55	0,52
Valin	740	705	680	655	0,67	0,64	0,62	0,60
Arginin	950	910	880	840	0,86	0,83	0,80	0,76
Triptofan	190	180	175	165	0,17	0,16	0,16	0,15
Izoleucin	735	700	680	660	0,67	0,64	0,62	0,60
AMINOSAV (EMÉSZTHETŐ)								
Lizin	750	730	700	670	0,68	0,66	0,64	0,61
Metionin	400	380	350	330	0,36	0,35	0,32	0,30
Metionin+ cisztin	660	650	615	590	0,60	0,59	0,56	0,54
Treonin	520	510	490	465	0,47	0,46	0,45	0,42
Valin	600	585	560	535	0,55	0,53	0,51	0,49
Arginin	780	740	710	680	0,71	0,67	0,65	0,62
Triptofan	155	145	140	135	0,14	0,13	0,13	0,12
Izoleucin	600	575	555	540	0,55	0,52	0,50	0,49
Linolsav	2000	1900	1800	1700	1,80	1,75	1,65	1,55
Kalcium	4150	4300	4400	4500	3,75	3,90	4,00	4,10
Foszfor (elérhető)	440	420	400	380	0,40	0,38	0,36	0,35
Nátrium	190	190	190	190	0,17	0,17	0,17	0,17
Klorid	200	200	200	200	0,18	0,18	0,18	0,18

(Tetra Ltd. 2019)

A tojástermelési időszak kezdetén a napi takarmányszükséglet növekedése viszonylag lassú, ugyanakkor a tojásképződés, a növekvő tojástömeg, valamint a testtömeg gyarapodása tovább növelik a tojótyúkok takarmányigényét. Fontos tudni, hogy a takarmány minősége jelentős hatással van a csúcstermelésre, illetve a termelés perzisztenciájára. Az etetés ad libidum történik és minden olyan tényezőt ki kell küszöbölni, amely negatív hatással van a takarmányfelvételre. A magas beltartalmú Tojó I. táp etetése mindaddig javasolt, amíg a termelés 90% fölött van (42-46. élethétig). Az életkor előrehaladtával a tojástermelés és a tápanyagszükséglet is csökken. A költségek optimalizálása érdekében alacsonyabb energia koncentráció és kevésbé drága takarmány etetése is megengedett ebben az időszakban. Az elhízás megakadályozása érdekében az energia, illetve zsír/olaj bevitelt is csökkenteni szükséges, azonban a takarmány megfelelő összetételét is rendszeresen ellenőrizni kell. A Tojó II. tápot addig szükséges etetni, amíg a termelés 80% fölött van (65-67. élethét). A Tojó III. tápot 70% fölötti termelési szint esetén használjuk (66-80. élethét) és ezt követően lehet áttérni a Tojó IV. takarmányra (Tetra -SL tojóhibrid tartástechnológia, 2019).

5. táblázat Tetra-SL tojóhibrid tápok ajánlott táplálóanyag szintjei

Takarmány típusa	Tojó I.			Tojó II.			Tojó III.			Tojó IV.		
	Napi takarmányfogyasztás											
	105 g	110 g	115 g	105 g	110 g	115 g	105 g	110 g	115 g	105 g	110 g	115 g
Nyersfehérje (%)	17,80	17,00	16,20	17,10	16,40	15,70	16,40	15,70	15,00	15,70	15,00	14,30
AMINOSAV (ÖSSZES)												
Lizin (%)	0,87	0,84	0,80	0,84	0,80	0,76	0,81	0,78	0,74	0,78	0,75	0,71
Metionin (%)	0,44	0,42	0,40	0,42	0,40	0,38	0,41	0,39	0,37	0,38	0,36	0,35
Metionin + cisztin (%)	0,76	0,73	0,69	0,74	0,71	0,68	0,71	0,68	0,65	0,68	0,65	0,63
Treonin (%)	0,61	0,58	0,56	0,59	0,56	0,54	0,57	0,55	0,52	0,54	0,52	0,49
Valin (%)	0,70	0,67	0,64	0,67	0,64	0,61	0,65	0,62	0,59	0,62	0,60	0,57
Arginin (%)	0,90	0,86	0,82	0,86	0,83	0,79	0,84	0,80	0,76	0,80	0,76	0,73
Triptofan (%)	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,16	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14
Izoleucin (%)	0,70	0,67	0,64	0,67	0,64	0,61	0,65	0,62	0,59	0,63	0,60	0,57
AMINOSAV (EMÉSZTHETŐ)												
Lizin (%)	0,71	0,68	0,65	0,69	0,66	0,63	0,67	0,64	0,61	0,64	0,61	0,58
Metionin (%)	0,38	0,36	0,35	0,36	0,35	0,33	0,33	0,32	0,30	0,31	0,30	0,29
Metionin + cisztin (%)	0,63	0,60	0,57	0,62	0,59	0,56	0,58	0,56	0,53	0,56	0,54	0,51
Treonin (%)	0,49	0,47	0,45	0,48	0,46	0,44	0,47	0,45	0,43	0,44	0,42	0,40
Valin (%)	0,57	0,55	0,52	0,56	0,53	0,51	0,53	0,51	0,49	0,51	0,49	0,46
Arginin (%)	0,74	0,71	0,68	0,70	0,67	0,64	0,67	0,65	0,62	0,65	0,62	0,59
Triptofan (%)	0,15	0,14	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12
Izoleucin (%)	0,57	0,55	0,52	0,55	0,52	0,50	0,53	0,50	0,48	0,51	0,49	0,47
Linolsav (%)	1,90	1,80	1,70	1,80	1,75	1,65	1,70	1,65	1,60	1,60	1,55	1,50
Kalcium (%)	3,90	3,75	3,60	4,10	3,90	3,70	4,20	4,00	3,80	4,30	4,10	3,90
Foszfor (elérhető) (%)	0,42	0,40	0,38	0,40	0,38	0,36	0,38	0,36	0,35	0,36	0,35	0,33
Nátrium (%)	0,18	0,17	0,16	0,18	0,17	0,16	0,18	0,17	0,16	0,18	0,17	0,16
Klorid (%)	0,19	0,18	0,17	0,19	0,18	0,17	0,19	0,18	0,17	0,19	0,18	0,17

(Tetra Ltd. 2019)

3.5. Az extrahált napraforgódara táplálóanyagainak emészthetősége

Több kutató meghatározta/megmérte az ND metabolizálható energiáját (ME) és táplálóanyagainak emészthetőségét (Rodriguez et al., 1998; L. D. San Juan and Villamide, 2001; Georgieva et al., 2014). Úgy tűnik, hogy az ND feldolgozási módszerei a legfontosabb tényezők, amelyek befolyásolják a táplálóértékét (Clandinin and Robblee, 1950). A szerzők azt is megállapították, hogy a napraforgómag túlzott hőmérsékleten történő kezelése csökkentette a fehérje minőségét. Továbbá Alexander és Hill, (1952) rámutatott, hogy az ND 121 °C-on történő száraz hevítése a benne lévő egyes aminosavak, mint például a lizin emészthetőségének jelentős romlását okozta. Ezzel szemben a metionin aminosavat nem befolyásolta a hőkezelés. Az ND-ban lévő fehérje táplálóértéke a feldolgozási hőmérséklet csökkentésével nőtt (Morrison, Clandinin and Robblee, 1953). Másrészt (Zhang and Parsons, 1994) kimutatta, hogy az ND-ban lévő aminosavak valódi emésztési együtthatója csökkent az autoklávozási idő növekedésével. A lizin emészthetőségi értéke az ND-ban 86, 54, 43 és 35% volt, amikor azt 0, 30, 60 és 90 percig autoklávozták. Ravindran and Blair (1992), valamint San Juan and Villamide (2001) szerint a mechanikus préseléssel járó magas hőmérséklet károsítja a fehérjét, elpusztítja az aminosavakat és csökkenti azok hozzáférhetőségét. Az ND hat percig tartó 1000 W-os mikrohullámú besugárzás hatására megnövekedtek az in vitro gáztermelési paraméterek, és javult az ND takarmányértéke, például a

metabolizálható energia, a szervesanyag-emészthetősége és a rövid szénláncú zsírsav tartalma. Ez költséghatékony módszerként alkalmazható az olajosmag-őrlemények táplálóértékének javítására (Maheri-Sis et al., 2011).

Alagawany et al., (2015) eredményeik alapján megállapították, hogy az ND rendkívül jó takarmány-alapanyag lehet a baromfi számára. Az ND gazdag nyersfehérje- (legalább 32%), nyersrost-, aminosav-, energia-, ásványi anyag- stb. forrást jelenthet a baromfitápokban. Az ND jelenlegi javasolt maximális aránya a tápokban 15-20% a baromfitápokban, de véleményük szerint ennél nagyobb dózisban is sikeresen alkalmazható megfelelő receptúrázással, az energia és az aminosavak, különösen a lizin és a metionin mennyiségének figyelembevételével. Az ND-t tartalmazó takarmányok összeállításakor az emészthető aminosav tartalmat kell figyelembe venni, különösen a lizin, a treonin és a kéntartalmú aminosavak esetében. A különböző vizsgálatokban alkalmazott összetettség, az ND kémiai összetétele, az előállítása során alkalmazott kezelési módszerek, a madarak életkora és a takarmányozási módszerek eltérései magyarázhatják, hogy nem mindig kapunk konzisztens eredményeket.

A napraforgó nagyon változatos rostösszetételt tartalmaz, beleértve a strukturális és a vízben oldódó frakciókat is. Az ND-ben a rostalkotók közül a cellulóz fordul elő a legnagyobb mennyiségben (87-136 g/kg DM), amit a darához visszakevert héj tartalmaz legnagyobb mennyiségben. Emellett az ND 119 g/kg szárazanyag hemicellulózt is tartalmaz (Düsterhöft, Posthumus and Voragen, 1992). A benne található poliszacharidok egy része kölcsönhatásba léphet a cellulózzal, ezáltal korlátozva oldhatóságukat. A (glüko-)mannánok (18 g/kg DM) és a xiloglükánok (16 g/kg DM) alkotják a maradék hemicellulóz frakciót. A lignintartalma ugyanabban a tartományban van, mint a repcedarának (95-160 g/kg DM), de változik a darához visszakevert ligninben gazdag héj mennyiségétől függően (Lannuzel et al., 2022a). A vízben oldódó frakcióban a β -glükánok dominálnak. Az ND β -glükánja hasonlóan a gabonafélékben megtalálható β -glükánokhoz, növelheti a béltartalom viszkozitását, ami a tápanyagok csökkent felszívódásával és a vékonybél mikrobióta egyensúlyának felborulásával jár együtt (Jha and Mishra, 2021; Tejeda and Kim, 2021). Ezért ND-tartalmú takarmányok etetése esetén is alkalmaznak NSP-lebontó enzimeket (Alagawany et al., 2017). Az ND rostjainak a madarak emésztésére és bélrendszerének egészségére gyakorolt specifikus hatásaival kapcsolatos ismereteink hiányosak és nem ismerjük a különböző baromfifajok és életkori kategóriák esetében a maximális bekeverhetőségi korlátokat (Mbukwane et al., 2022b). Az exogén enzimek használata szintén módosíthatja a különböző rostfrakciók negatív hatásait.

Több tanulmány szerint azonban az ND a tojótyúkok takarmányában a tojásmínőségi paraméterekre gyakorolt negatív hatás nélkül hasznosítható (Casartelli, Filardi and Junqueira,

2006; Koçer et al., 2021b; Saleh et al., 2021b). Ez azzal magyarázható, hogy a tojótyúkok a brojlerekhez képest fejlettebb emésztőrendszerrel rendelkeznek. A tojótyúkok fehérjeszükséglete alacsonyabb, mint a brojlercsirkéké, ami lehetővé teszi a szójaliszt teljes kiváltását ND-mel (Pousga, Boly and Ogle, 2005). A tojótyúkok esetében az oldhatatlan rostok használata bizonyítottan előnyös a gyomor-bél traktus (GIT) fejlődése szempontjából (Abdallah and Beshara, 2015; Panaite et al., 2016). Abdallah and Beshara (2015) tanulmányában, a tyúkok takarmányának 7%-os és 14%-os napraforgóliszttel való kiegészítése a 11. és 19. hét között jelentősen javította az élősúlyt és a takarmányértékesítést a ND-mentes kontroll takarmányhoz képest. A baromfitakarmányok fehérjeértékelése újabban az úgynevezett standardizált ileális aminosav-emészthetőségen (SID) alapul.

Az SID meghatározása a teljes vagy terminális ileumtartalom aminosav tartalmának értékelésén alapul, feltételezve, hogy e bélszakasz aminosavai nem emészthetők. Ezt a kifejezést a takarmányok aminosavtartalmának és a madarak igényeinek kifejezésére használják (Lemme, Ravindran and Bryden, 2004). Rodehutsord et al., (2004) lineáris regressziós módszert dolgoztak ki a csirkék aminosav-emészthetőségének vizsgálatára. Ebben az esetben a vizsgált takarmányt a keményítő rovására, fokozatos szinteken adagolják a vizsgálati takarmányokba. A takarmányok megnövekedett fehérjetartalma és az állatok aminosav bevitele csak a vizsgált takarmányhoz kapcsolódik. Tehát az aminosav bevitel és a precaecálisan felszívódó aminosav tartalom közötti lineáris regresszió meredeksége az aminosavak emészthetőségét jelenti. A módszer további előnye, hogy információt adhat a takarmányok maximális felvehetőségéről is, amely nem károsítja az emésztést. Jelen munkában ezt a módszert alkalmaztuk az aminosavak emészthetőségének meghatározására.

A SID mérésekkel kapcsolatos állatkísérletek többségét brojlercsirkékkel végezték és csak néhány kutatási adat áll rendelkezésre jércékkel és tojótyúkokkal kapcsolatban (Lemme, 2003; Evonik Nutrition and Care Ltd., 2017).

3.6. Enzimek készítmények használata az extrahált napraforgó etetésekor

A takarmányenzimeket, például a fitázt, az amilázt és a proteázokat széles körben kutatták és adalékanyagként használták az antinutritív tényezők hatásának csökkentése és más, az endogén enzimek által nem emészthető anyagok lebontására (Adeola and Cowieson, 2011; Kiarie, Romero and Ravindran, 2014; Godoy et al., 2018). A multienzimek használata a takarmányban növelheti a fehérje emészthetőségét, javítva a tojótyúkok teljesítményét. A baromfiiparban exogén enzimeket használnak az antinutritív hatások csökkentésére, valamint a takarmány energiájának

és fehérjéjének jobb hasznosítására, ami a termelés javulásához vezet (Sateri et al., 2017). Az exogén enzimekre adott válaszok azonban baromfifajok esetében a teljesítmény tekintetében változóak és számos tényezőtől függenek, például a madarak korától és a felhasznált takarmány minőségétől vagy típusától (Tufarelli, Dario and Laudadio, 2007; Sateri et al., 2017). Mivel az ND jelentős koncentrációban tartalmaz sejtfalas anyagot és magas rostot, ami befolyásolhatja a dara tápértékét, exogén enzim használata indokolt lehet a sejttartalom emésztőenzimek általi hozzáférhetőségének javítása érdekében (Alagawany et al., 2015).

Eddig kevés tanulmány született az ND tojótakarmányokba való beillesztéséről különböző enzimkiegészítések alkalmazásával. Magas rosttartalma, neutrál detergens rost (NDF) és sav detergens rost (ADF) tartalma korlátozza az említett madarak takarmányába való beépítését (NRC 1994; FEDNA 2003; INRA 2004). Az exogén enzimek felhasználása javíthatja a rostok emészthetőségét vagy a fitinfoszfor oldódását a napraforgódarákban, ezáltal csökkentve a tojótyúkok teljesítményére gyakorolt negatív hatásokat. Alencar et al., (2019a) nem találtak negatív hatást a napraforgódara és az enzimkomplexek fehér tojótyúkok takarmányába való beillesztésekor a súlygyarapodás, az élősúly, a tojástermelés, a tojások tömege tekintetében. Alagawany et al., (2015) szerint az exogén enzimek használata ND használatakor a baromfitakarmányokban csökkentheti azok kedvezőtlen hatásait és javíthatja a rostok emésztését. Az enzimpótlás egyéb előnyei mellett arról számolt be, hogy az enzimek szerepet játszanak az NSP anyagok lebontásában, a bél viszkozitásának csökkentésében, ezáltal javítva a tápanyagok emészthetőségét.

3.7. A takarmányozás hatása a tojás minőségi paramétereire

A tojás nagy biológiai értékű, teljes értékű táplálóanyag forrás, fontos humán élelmiszer (Nimalaratne and Wu, 2015; Mendoza-Rodríguez et al., 2016). Minőségének változása befolyásolja a fogyasztók vásárlási szokásait. Az elmúlt években a fogyasztók egyre növekvő vásárlói tudatosságnak köszönhetően a szilárd fehérjetartalmú, sűrű sárgájú, nagy méretű és jó minőségű tojásokat preferálják (Samiullah et al., 2017). Ismert, hogy a tojás mérete növekszik a takarmány fehérjetartalmának növekedésével (Shim et al., 2013a). A tojás minőségi paraméterei a külső és belső részekre meg vannak határozva. Belső minőségi paraméterek a sárgája magassága, színe, az albumin viszkozitása és a Haugh-egység. A külső minőségi paraméterek a tojáshéj tömege, vastagsága, sűrűsége, szilárdsága és tisztasága (Coutts and Wilson, 2007).

A külső tojásminőségi jellemzők közé tartozik a héjvastagság, amely a héj szilárdságának mutatója. Ennek jelentősége abban rejlik, hogy megfelelő héjszilárdság esetén csökken a törött tojások mennyisége (Bekele et al., 2009; Alewi, Melesse and Teklegiorgis, 2012). Az erősebb

tojáshéj megvédi a belső tartalmat a mikrobiális romlástól és a szállítási sokktól (Samiullah et al., 2017). Az ásványi anyagok, mint a Ca, a P és a D-vitamin az elsődleges tényezők, amelyek befolyásolják a tojáshéj minőségét (Attia, Burke and Yamani, 1994; Attia et al., 2009).

Az elmúlt években több kutatás is foglalkozott a különböző tartásmódok esetében tapasztalható minőségbeli, beltartalmi és termelési tulajdonságok vizsgálatával és az esetleges különbségek feltárásával (Kralik et al., 2013). A kutatások egy része (Peric, Milic and Bjedov, 2010; Yenice et al., 2016) arra az eredményre jutott, hogy a tojás minőségét olyan tényezők befolyásolják, mint a tyúk életkora, a genetika vagy a takarmányozás, ezért kiemelik, hogy a különböző tartásmódokból származó tojások minőségének összehasonlítását fenntartással kell kezelni. Emellett a tojás minőségét az állat által elfogyasztott gyógyszerek, agráriumban használt vegyi anyagok, a tojás tárolási körülményei is befolyásolhatják (Abebe, Mulatu and Kelemework, 2023). Stefler et al., (2004) megállapították, hogy az étkezési tojás vizsgált minőségi paramétereit (héjszín, tojástömeg, fehérje magasság, Haugh-egység, a szik színe, száraz héjtömeg, a héj vastagsága és sűrűsége, hús és vérfoltok száma) elsődlegesen a tyúk genotípusa és nem a tartás módja befolyásolja.

A tojó takarmányozása leginkább az olyan beltartalmi paramétereket befolyásolja bizonyítottan, mint a zsírsav-összetétel, az ásványi anyag, a vitamin, a karotinoid, az antioxidáns és a koleszterintartalom (Rizzi and Marangon, 2012), valamint a tojássárgája színe (Abebe, Mulatu and Kelemework, 2023). Emellett azonban azt is kimutatták, hogy a nem megfelelő ásványianyag- és vitaminellátás következtében a tojások nagy százaléka hibás héjjal rendelkezik (Mueller 1956). A tojás méretét és tömegét pedig leginkább a takarmány fehérjetartalma befolyásolja (Shim et al., 2013b), emellett kutatások és gyakorlati megfigyelések alapján azt is kimutatták, hogy a tojások mérete a takarmány metionin-, zsír- és linolsavtartalmától is függ (Grobas, Mateos and Mendez, 1999a; Safaa, Serrano, Valencia, Frikha, et al., 2008; Pérez-Bonilla et al., 2011a).

A belső minőségi paraméterek közül a fehérje vastagsága leginkább a tojás frissességének a mutatója. Emellett a Haugh egység (HU) is a tojás minőségének, különösen az albumin minőségének mérőszáma. Ez is a tojás frissességét jelzi. A HU-t az albumin magasságából és a tojás tömegéből számítják ki (Coutts and Wilson, 1990; Şekeroglu et al., 2008).

A tojássárgája minőségi paramétereit ezzel szemben nagy mértékben befolyásolja a takarmányozás (Abebe, Mulatu and Kelemework, 2023). A tojássárgája minőségét a sárgája színe, állaga, szilárdsága és illata határozza meg. A frissen tojt tojássárgája kerek és kemény. A tojássárgájája színe, a tojás minőség egyik legfontosabb paramétere. A fejlődő országokban a vásárlók előnyben részesítik a magas sárgás-narancssárga pigmentet tartalmazó sárgájú tojásokat

(Leeson and Summers, 2008). A tojássárgája pigmentációja a sárga színanyagok (xantofilok, lutein, canthaxanthin, citraxanthin, astaxanthin) jelenlétének tudható be a takarmányokban, melynek mennyiségéhez leginkább a kukorica és az alkalmazott színezőanyagok, színező takarmánykiegészítők járulnak hozzá a takarmány alapanyagok közül zárt tartási körülmények között (Hammershoj and Steinfeldt, 2005; Abebe, Mulatu and Kelemework, 2023).

4. Anyagok és módszerek

Doktori munkám során a kísérleti célkitűzések megválaszolása érdekében összesen három kísérletet végeztem el. Az első kísérletem során Magyarországról különböző forrásokból beszerzett, összesen 20 db ND mintát vontam vizsgálat alá, mely során klasszikus laboratóriumi módszerekkel és közeli infravörös spektroszkópiával (NIRS) vizsgáltam azok beltartalmi paramétereit. A mérési eredményekből meghatároztuk a táplálóanyagok varianciáját, a NIR készülék becslési pontosságát és a különböző táplálóanyagok kölcsönhatását. Ezt követően a második kísérletem során jércékkel és tojóttyúkokkal végeztem emésztési kísérletet, ahol az ND-t 10, 20 és 30%-ban használtuk a tápokban és megvizsgáltuk a különböző dózisok hatását az ileális aminosav emészthetőségre. A kapott értékeket összehasonlítottuk a nemzetközi gyakorlatban használt táblázatos értékekkel. A kísérlet során legjobbnak ítélt, 20%-os bekeverési mennyiséggel végeztem el a 3. kísérletemet szintén tojóttyúkokkal, jércéknél a táp megfelelő energiatartalma miatt ez 16% volt. Emellett a bekeverési arány mellett különböző enzimkiegészítések hatását vizsgáltuk az ileális emészthetőségre, a jércek testtömeggyarapodására, a tojóttyúkok tojástermelésére és az ileális és jejunális béltartalom viszkozitására.

4.1. Az extrahált napraforgó táplálóanyag tartalma

4.1.1. Takarmányanalitikai módszerek

Munkánk során reprezentatív mennyiségű ND mintát gyűjtöttünk a hazai piacról. Összesen 20 mintát elemeztünk, amelyeknél a NIR méréseket az Agrofeed Kft. Szalkszentmárton melletti üzemében végeztük el, Foss NIR BS 2500 berendezéssel, napraforgódarára megfelelő kalibrációval (Evonik GmbH, AminoNIR AA Calibration, 26.06.2015, ID: 9414). Majd a NIR becsléshez használt táplálóanyag kategóriákkal megegyező laboratóriumi mérések következtek, standard módszerekkel, a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Élettani és Takarmányozástani Intézet Élelmiszer- és Takarmányanalitikai Laboratóriumában. A nyersrost, nyerszsír, nyersfehérje, nyershamu mellett az ADF, NDF (ISO 6865: 2001), összes cukor (Luff Schoorl módszer, EG 152. 2009), az összes foszfor (ISO 6491: 2001), a fitinfoszfor (Megazyme, K-Phyt 5/17), az aminosavak (Ingos Amino Acid Analyzer AAA 400; ISO 13903:2005) és a bruttó energia (GE; IKA C6000, IKA-Werke GmbH & Co. KG Janke-Kunkel Str. 10. 79219 Staufen, Németország) tartalmát is meghatároztuk az ND mintáknak. A vizsgált aminosavak neveit az

alábbi módon rövidítettük a dolgozatban: cisztin - CYS, aszparaginsav - ASP, metionin - MET, treonin - THR, szerin - SER, glutaminsav - GLU, prolin - PRO, glicin - GLY, alanin - ALA, valin - VAL, izoleucin - ILE, leucin - LEU, tirozin - TYR, fenilalanin - PHE, lizin - LYS, tirozin - TYR, hisztidin - HIS, arginin – ARG (*M1-M4 táblázat*).

4.1.2. Statisztikai analízis és számítások

Kiszámítottuk a táplálóanyagok átlagát, minimum-maximum szintjét és szórását. A táplálóanyagok szórását a variációs koefficienssel (CV) értékeltük. A mért és a NIR által előre jelzett táplálóanyag kategóriák közötti kapcsolatot kétváltozós korrelációs számítással vizsgáltuk. A különböző táplálóanyagok közötti, valamint az ND nyersfehérje és az egyes aminosavak közötti kölcsönhatásokat Pearson-féle korrelációval értékeltük. Az ND, az extrahált szójadara, a kukorica és a búza fehérje minőségét a kémiai pontszám (CS) és az esszenciális aminosavindex (EAAI) számításával értékeltük. Ehhez az összehasonlításhoz a búza-, kukorica- és szójalisztfehérjék aminosav-összetételét az Evonik Kft. európai alapanyagtermelés-jelentésének adatbázisa alapján határoztuk meg (Evonik Nutrition and Care Ltd. 2017). A CS esetében a takarmányfehérjék esszenciális aminosavtartalmát a tojótyúkokszerű szükségleteinek megfelelő esszenciális aminosavtartalommal osztottuk. A tojótyúkokszerű szükségleteit a keveréktakarmány fehérjéjének aminosav-összetételében fejeztük ki. Az EAAI-t a CS-számítás aminosav arányainak geometriai átlagaként számítottuk ki. Minden statisztikai elemzést az SPSS 23.0 statisztikai szoftvercsomaggal végeztünk.

4.2. Első állatkísérlet

4.2.1. Állatok és kezelések

Az állatkísérletet az Munkahelyi Állatjóléti Bizottság (Georgikon Kar, Pannon Egyetem) a MÁB-11/2019 engedélyszám alatt hagyta jóvá.

Az kísérlet első részében összesen 32 Tetra SL jércét helyeztünk el anyagcsereketrecekben. A speciális etetők lehetővé tették a napi takarmányfelvétel pontos mérését. A víz ad libitum állt rendelkezésre szelepes itatókon keresztül. A vizsgálat kezdetekor a jércék 10 hetesek voltak, átlagos testtömegük 638 gramm volt. A kukorica, búza és kukoricakeményítő-alapú kontrolltáp (K) mellett három, fokozatosan adagolt ND-t tartalmazó tápot alkalmaztunk. Ehhez a piacon aktuálisan beszerezhető kommersz ND-t használtuk, melynek az aránya 10, 20 és 30% volt (ND10, ND20, ND30). Mindegyik tápot 8 ismétléssel etettük. A napraforgódarát a búzakeményítő

rovására etettük, következésképpen a kísérleti takarmányok fehérje- és aminosavtartalmának növekedése kizárólag az ND-ből származott. A titán-dioxidot (TiO₂) 0,5%-ban emészthetetlen markerként használtuk. Az ND táplálóanyagtartalma az 3. táblázatban, míg a kísérleti jérce takarmányok összetétele és táplálóanyagtartalma a 7-8. táblázatban látható. Valamennyi takarmányt dercés formában etettük és a napi takarmánybevitelt a technológiai ajánlásokhoz igazítottuk (Tetra Ltd. 2019). A világos és sötét időszakok hossza 10, illetve 14 óra volt. A kísérlet során a technológiai ajánlásoknak megfelelő, számítógép által ellenőrzött klimatikus körülményeket tartottunk fenn (Tetra Ltd. 2019).

A kísérlet második részében összesen 32 Tetra SL tojótyúkot használtunk, amelyeket a kísérlet első felében leírtakkal megegyező egyedi ketrecekben helyeztünk el. A kísérlet kezdetén a tyúkok 50 hetesek voltak, átlagos testtömegük 1941 gramm volt. A keveréktakarmányok összetételét és táplálóanyagtartalmát a 9-10. táblázat tartalmazza. A világos időszak ebben az esetben 16 óra volt 8 óra sötétséggel. Minden tartási és technológiai körülmény megegyezett az első kísérletben leírtakkal.

6. táblázat Az alkalmazott extrahált napraforgódara táplálóanyag tartalma és aminosav összetétele (g/kg)

Táplálóanyag tartalom		Aminosavösszetétel	
szárazanyag	920,8	CYS ¹	6,0
nyersfehérje	349,5	ASP	33,8
nyerszsír	8,0	MET	8,5
nyersrost	184,8	THR	13,7
nyershamu	71,3	SER	15,7
Ca		GLU	72,9
kalkulált AMEn (MJ/kg)*	6,61	PRO	15,0
		GLY	21,0
		ALA	15,9
		VAL	18,2
		ILE	14,6
		LEU	21,9
		TYR	8,3
		PHE	16,9
		HIS	9,3
		LYS	12,7
		ARG	31,8

* A napraforgó AMEn tartalmát az Európai Baromfi Takarmányalapanyagok Energiaértékének Táblázatai alapján (World's Poultry Science Association 1989) határoztuk meg. ¹ cisztin, aszparaginsav, metionin, treonin, szerin, glutaminsav, prolin, glicin, alanin, valin, izoleucin, leucin, tirozin, fenilalanin, tirozin, hisztidin, lizin, arginin.

7. táblázat A jércetápok összetétele (g/kg)

	K	ND10	ND20	ND30
kukorica	415	415	415	415
keményítő	300	200	100	0
búza	200	200	200	200
extrahált napraforgódara	0	100	200	300
napraforgó olaj	50	50	50	50
takarmánymész	14	14	14	14
MCP ¹	7	7	7	7
Premix ²	5	5	5	5
NaCl	3	3	3	3
NaHCO ₃	1	1	1	1
TiO ₂	5	5	5	5
	1000	1000	1000	1000

K—kontroll; ND10 - kontroll táp 10% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ND20 - kontroll táp 20% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ND30 - kontroll táp 30% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ¹ MCP—monocalcium foszfát; ² A jérce premix az Agrofeed KFT. -től (Győr, Hungary) lett beszerezve. Preixösszetétel (kg/táp): vitamin A—2.000.000 NE, vitamin D3—600.000 NE, vitamin E—5000 mg, menadione—450 mg, thiamine—450 mg, riboflavin—1320 mg, pyridoxin HCl—720 mg, cyanocobalamin—4 mg, niacin—6000 mg, pantothenic acid—1680 mg, folic acid—216 mg, biotin—20 mg, betaine—14.060 mg, BHT—75 mg, BHA—75 mg, citric acid—67.5 mg, Zn (as ZnO)—14.000 mg, Cu (as CuSO₄5H₂O)—1600 mg, Fe (as FeSO₄H₂O)—6000 mg, Mn (as MnO)—20.000 mg, I (as Ca(IO₃)₂)—200 mg, Se (as Na₂SeO₃)—60 mg, endo-1.4-beta-xylanase—244.000 U, Endo-1.3(4)-beta-glucanase—30.400 U, 6-phytase—100.000 FTU.

8. táblázat A jércetápok mért táplálóanyag és aminosav tartalma [%]

	K	ND10	ND20	ND30
száranyag	89,17	89,17	89,19	89,24
nyersfehérje	5,30	8,45	11,82	14,66
nyerszsír	6,73	6,82	7,38	7,29
nyersrost	1,78	3,37	4,84	6,46
nyershamu	3,97	4,52	5,24	5,65
Ca	0,83	0,89	0,88	0,89
kalkulált AMEn (MJ/kg)*	13,96	13,57	13,05	12,28
CYS ¹	0,12	0,17	0,23	0,28
ASP	0,32	0,62	0,94	1,22
MET	0,10	0,17	0,25	0,32
THR	0,18	0,30	0,43	0,54
SER	0,25	0,39	0,54	0,67
GLU	1,24	1,88	2,58	3,16
PRO	0,50	0,64	0,80	0,92
GLY	0,21	0,41	0,62	0,79
ALA	0,30	0,44	0,60	0,72
VAL	0,24	0,40	0,58	0,73
ILE	0,18	0,32	0,46	0,58
LEU	0,51	0,72	0,95	1,13
TYR	0,14	0,23	0,31	0,39
PHE	0,25	0,41	0,57	0,71
HIS	0,14	0,22	0,31	0,39
LYS	0,16	0,27	0,40	0,51
ARG	0,26	0,53	0,82	1,07

K—kontroll; ND10 - kontroll táp 10% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ND20 - kontroll táp 20% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ND30 - kontroll táp 30% extrahált napraforgódarával kiegészítve; * A tápok AMEn tartalmát Fisher és McNab (Fisher C. and McNab 1987) egyenletével határoztuk meg. ¹ cisztin, aszparaginsav, metionin, treonin, szerin, glutaminsav, prolin, glicin, alanin, valin, izoleucin, leucin, tirozin, fenilalanin, lizin, tirozin, hisztidin, lizin arginin.

9. táblázat A tojótápok összetétele (g/kg)

	K	ND10	ND20	ND30
kukorica	331	331	331	331
keményítő	300	200	100	0
búza	200	200	200	200
extrahált napraforgódara	0	100	200	300
napraforgó olaj	50	50	50	50
takarmánymész	98	98	98	98
MCP	7	7	7	7
Premix ¹	5	5	5	5
NaCl	3	3	3	3
NaHCO ₃	1	1	1	1
TiO ₂	5	5	5	5
	1000	1000	1000	1000

K - kontroll; ND10 - kontroll táp 10% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ND20 - kontroll táp 20% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ND30 - kontroll táp 30% extrahált napraforgódarával kiegészítve; MCP—monokalcium-foszfát; 1A tojó premix az Agrofeed KFT. -től (Győr, Hungary) lett beszerezve. Preixösszetétel (kg/táp): vitamin A—2.000.000 NE, vitamin D3—600.000 NE, vitamin E—6000 mg, menadione—400 mg, thiamine—436 mg, riboflavin—1200 mg, pyridoxin HCl—600 mg, cyanocobalamin—4 mg, niacin—6254 mg, pantothenic acid—1825 mg, folic acid—300 mg, biotin—30 mg, betaine—30.000 mg, BHT—79.5 mg, BHA—79.5 mg, citric acid—71.5 mg, Zn (as ZnO)—8.000 mg, Zn (as 3b607)—8.000 mg, Cu (as 3b413)—2000 mg, Fe (as FeSO₄H₂O)—10.000 mg, Mn (as MnO)—10.000 mg, Mn (as 3b506)—10.000 mg, I (as Ca(IO₃)₂)—300 mg, Se (as C₅H₁₁NO₂Se)—40 mg, endo-1.4-beta-xylanase—244.000 U, Endo-1.3(4)-beta-glucanase—30.400 U, 6-phytase—100.000 FTU.

10. táblázat A tojótápok mért táplálóanyag és aminosav tartalma [%]

	K	ND10	ND20	ND30
szárazanyag	89,09	89,69	89,79	90,02
nyersfehérje	4,28	7,56	11,24	14,62
nyerszsír	6,36	6,37	6,52	6,46
nyersrost	1,62	3,57	5,99	7,63
nyershamu	12,12	12,31	12,71	13,32
Ca	5,16	4,88	4,86	4,92
kalkulált AMEn (MJ/kg)*	13,10	12,31	11,51	10,73
CYS ¹	0,10	0,16	0,21	0,29
ASP	0,28	0,54	0,85	1,22
MET	0,09	0,15	0,25	0,30
THR	0,16	0,26	0,42	0,55
SER	0,22	0,36	0,52	0,66
GLU	0,95	1,69	2,50	3,20
PRO	0,39	0,57	0,78	0,95
GLY	0,18	0,35	0,60	0,80
ALA	0,23	0,41	0,57	0,70
VAL	0,18	0,37	0,56	0,74
ILE	0,16	0,29	0,43	0,59
LEU	0,41	0,64	0,89	1,13
TYR	0,13	0,21	0,29	0,38
PHE	0,21	0,35	0,53	0,72
HIS	0,12	0,22	0,28	0,36
LYS	0,15	0,24	0,39	0,52
ARG	0,22	0,48	0,79	1,04

K—kontroll; ND10 - kontroll táp 10% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ND20 - kontroll táp 20% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ND30 - kontroll táp 30% extrahált napraforgódarával kiegészítve; * A tápok AMEn tartalmát Fisher és McNab (Fisher C. and McNab 1987) egyenletével határoztuk meg. ¹ cisztin, aszparaginsav, metionin, treonin, szerin, glutaminsav, prolin, glicin, alanin, valin, izoleucin, leucin, tirozin, fenilalanin, tirozin, hisztidin, lizin, arginin.

4.2.2. Takarmányanalitikai módszerek

A kísérleti tápoknak meghatároztuk a szárazanyag (ISO 6496), nyersfehérje (ISO 5983-1: 2005), nyerszsír (ISO 6492), nyersrost (ISO 6865: 2001), teljes P (ISO 6491: 2001) és Ca (ISO 6869: 2001) tartalmát. A keményítőtartalom mérésére a 152/2009 európai irányelvnek megfelelően polarimetriai módszert alkalmaztunk. Az ND és a tápok AMEn-tartalmát Fisher és McNab egyenletével számítottuk ki (Fisher C. and McNab 1987). Mint látható, az ND fokozott beépítése a receptúrába, növelte a takarmányok nyersfehérje és nyersrost-tartalmát is.

4.2.3. Béltartalomból végzett mintavételek

Az ötnapos szoktatási időszak alatt a mind a jércék, mint a tojótyúkوك alkalmazkodtak az egyedi ketrecekhez és teljes mértékben elfogyasztották a napi adagjukat. A 7. napon a madarakat széndioxiddal történő kábítást követően levágtuk és béltartalom gyűjtést végeztünk. A mintákat a Meckel-divertikulumtól 1 cm-re, az ileo-caecalis beszájadzás előtt vettük. Az ileumot rövid darabokra vágtuk, majd a béltartalmat óvatosan kinyomtuk, homogenizáltuk és Eppendorf-csővekben -20 °C-on tároltuk a további elemzésig.

4.2.4. Analitikai módszerek, számítások, statisztika

Az ND és a takarmányok analízisét a hivatalos módszerekkel végeztük. A takarmány és béltartalomminták aminosavtartalmát automata aminosav-analizátorral (Ingos Amino Acid Analyzer AAA 400) határoztuk meg 24 órás savas hidrolízist követően 6 M vizes HCl-lel 110 °C-on. A metionin (MET) és cisztin (CYS) veszteség elkerülése érdekében a hidrolízis előtt a mintákat hangyasavval oxidáltuk. A triptofán-tartalmat nem határoztuk meg. A takarmányok látszólagos aminosav-emészthetőségét a takarmányok ileálisan emészthető aminosav és TiO₂-tartalmából számítottuk ki. A TiO₂-tartalmat spektrofotométerrel (Jenway 6100) határoztuk meg 410 nm-en, Short, Wiseman and Boorman (1996) módszere szerint.

Az aminosavak emészthetőségi együtthatóját (DC) az egyes takarmányok esetében a következő egyenlet szerint számítottuk ki:

$$DC_{AA\ Táp} = (AA_{Táp} - (AA_{Béltartalom} \times TiO_2\ Táp / TiO_2\ Béltartalom)) / AA_{Táp}$$

A napraforgódara ileális aminosav-emészthetőségét a Rodehutschord *et al.* (2004) munkája alapján a napi aminosav-bevitel és az előzetesen felszívódó aminosavak mennyisége közötti lineáris regresszióval számítottuk ki. Az aminosavak napi bevitelét (mg/nap) úgy számítottuk ki, hogy a takarmányfelvételt (g/nap) megszoroztuk a takarmány aminosav tartalmával (mg/g). A precaecálisan felszívódó aminosavak mennyiségét úgy számoltuk ki, hogy az aminosav bevitt (mg/nap) megszoroztuk a takarmányok ileális emészthetőségével (DCAA Táp). Az ND aminosav emészthetősége ebben az esetben a lineáris regressziós egyenlet meredeksége volt. Az ND mért aminosav emészthetőségét összehasonlítottuk a táblázatokban (NRC, 1994; Redshaw *et al.*, 2010; Blok and Dekker, 2017) szereplő adatokkal.

A takarmányok aminosav emészthetőségét egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA), míg a mért és a táblázatos értékeket páros mintás t-próbával hasonlítottuk össze az SPSS 24.0 for

Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) szoftvercsomag segítségével. A különbségeket $P < 0,05$ értéknél tekintettük szignifikánsnak.

4.3. Második állatkísérlet

4.3.1. Állatok és kezelések

Az állatkísérletet a MATE-GC Munkahelyi Állatjóléti Bizottság MÁB-3/2020 engedélyszám alatt hagyta jóvá.

A kutatás során szintén 2 részre bontottuk a kísérletet, melyekhez 48 db Tetra SL jércét és 48 db tojótyúkot alkalmaztunk.

A kísérlet első felében a jércéket 10 hetes korban egyedi anyagcsere ketrecekben helyeztük el. Ezt követően 5 napos szoktatás során fokozatosan cseréltük le a tápjukat a korábban fogyasztott kommersz telepi tápról a kísérleti tápokra. A jércék esetén a kísérlet 7 hétig tartott, mely során hetente mértük az állatok testtömegét. A napi világítási és sötét időszak 16 és 8 óra volt. Az állatok tartási és kísérleti körülményei megegyeztek a második kísérletben leírtakkal.

A kísérlet második felében a tojótyúkokat 50 hetes korban egyedi anyagcsere ketrecekbe helyeztük el, majd a szoktatás a jércéknél leírtaknak megfelelően zajlott. A tyúkok esetén a kísérlet 4 hétig tartott, amelynek során naponta mértük a tojások tömegét és kétnaponta az elfogyasztott táp mennyiségét. A tyúkok induló átlagsúlya 2,09 kg, zárósúlya pedig 2,19 kg volt.

A kísérletet 1 kontroll és 5 kezelési csoporttal állítottuk be: kontroll, kukorica és szója alapú táp (K); 16 / 20% napraforgót tartalmazó táp (ND); 16 / 20% napraforgó + NSP bontó enzim kiegészítés (NSP); 16 / 20% napraforgó + proteáz kiegészítés (P); 16 / 20% napraforgó + NSP bontó enzim + proteáz enzim (NSP+P); 16 / 20% napraforgó extra fitáz kiegészítéssel (F) a jérce és tojótápoknál. A tojótápok esetében 20% ND-t alkalmaztunk, a jércetápok azonban azért tartalmaztak csupán 16% ND-t, mert a gyakorlati körülményekhez hasonló, olajkiegészítés nélküli tápokot alkalmaztunk. A 16%-nál több napraforgódara esetén már szükség lett volna energiakiegészítésre, ami a kontrol táppal összehasonlítva befolyásolta volna a jércék növekedését. Az NSP bontó enzim kiegészítés endo-1,4-béta-xilánázt és endo-1,3(4)-béta-glükánázt (Aextra® XB 201 TPT, Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK) tartalmazott. Az extra fitáz enzim kiegészítés *Buttiauxella* baktériumfaj által termelt enzim volt (Aextra PHY 2000 TPT2, Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK), ami az alaptáp 300 FTU tartalmát növelte. A proteáz

enzimkészítmény (dehidratált élesztőkultúra, szárított *Bacillus licheniformis* fermentációs oldat, búzakorpa; Eazyp®[®], JEFO Nutrition Inc. Saint-Hyacinthe, Canada). A tápokhoz kevert enzimek a következő enzimaktivitást jelentették: Aextra® XB 201 TPT: 2440 U endo-1,4-beta -xilanáz; 304 U endo-1,3(4)-beat-glükanáz; Aextra PHY 2000 TPT2: 1000 FTU; Eazyp®[®]: 15000 U.

A madarak számára a vízhez ad libitum hozzáférést biztosítottunk. Az enzimek a gyártó ajánlása szerint kerültek be a tápok receptúrájába (11-16. táblázat). Látható, hogy a leglényegesebb eltérés a tápok összetételében abban volt, hogy a napraforgó alapú tápok kevesebb búzát, viszont több olajkiegészítést tartalmaztak. Ennek eredményeképpen a napraforgót tartalmazó tápok nyerszsír és rosttartalma nagyobb, keményítőtartalma pedig kisebb volt, mint a kontrol tápé. A tápok fehérje és aminosavtartalmában nem volt lényeges eltérés (13. és 16. táblázat). Az aminosavak közül lizinből a kontrol táp, metioninből pedig az ND tartamú tápok tartalmaztak többet. Az aminosavak valamennyi esetben fedezték a jércék és a tojótyúk szűkségeit.

11. táblázat A kísérlet során etetett jércetápok összetétele [%]

	K	ND	NSP	P	NSP+P	F
kukorica	50,6	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1
búza	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
extrahált szója	25,3	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
extrahált napraforgó	0,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
takarmánymész	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
MCP	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
DL-metionin	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
tojó premix	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
takarmánysó	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Na bikarbonát	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NSP bontó enzim	0	0	0,02	0	0	0
proteáz	0	0	0	0,2	0	0
NSP + proteáz	0	0	0	0	0,22	0
fitáz	0	0	0	0	0	0,005
	1000	1000	1000	1000	1000	1000

(K) kontroll táp; (ND) 16% napraforgót tartalmazó táp; (NSP) 16% napraforgó + NSP bontó enzim kiegészítés; (P) 16% napraforgó + proteáz kiegészítés; (NSP+P) 16% napraforgó + NSP bontó enzim + proteáz enzim; (F) 16% napraforgó extra fitáz kiegészítéssel; ¹Tojó nevelő-tojóelőkészítő premix összetétel: (Agrofeed Kft. Győr, Dunakapu tér 10.) - A vitamin (retinilacetát 3a672a) - 2000000 NE, D3 vitamin (kolikalciferol) - 600000 NE, E vitamin (all-rac-alfa-tokoferil-acetát) - 5000 mg, Betain - 14060 mg, Kolinklorid - 30030 mg, Fe (FeSO₄·H₂O) - 6000 mg, Zu (CuSO₄ x 5H₂O) - 1600 mg, Mn (MnO) - 20000 mg, Zn (ZnO) - 14000 mg, fitáz enzim (6-fitáz EC3.1.3.26) - 60000 FTU, B vitamin, I, Se. ²endo-1,4-béta-xilanáz és endo-1,3(4)-béta-glukanáz (Aextra® XB 201 TPT, Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK), ³ proteáz enzim (dehidratált élesztőkultúra, szárított *Bacillus licheniformis* fermentációs oldat, búzakorpa; Eazyp®[®], JEFO Nutrition Inc. Saint-Hyacinthe, Canada), ⁴Buttiauxella baktériumfaj által termelt enzim (Aextra PHY 2000 TPT2, Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK).

12. táblázat A kísérlet során etetett jércetápok táplálóanyag-tartalma [%]

	Kontroll	ND	NSP	P	NSP+P	F
Szárazanyag	88,20	88,53	88,62	88,60	88,28	88,56
Nyersfehérje	16,42	15,07	15,65	15,85	15,86	14,95
Nyerszsír	2,30	2,37	2,28	2,27	2,17	2,02
Nyersrost	2,75	6,07	6,46	5,31	5,82	5,73
Nyershamu	6,01	6,42	5,90	6,20	5,96	5,87
Ca	1,03	1,05	1,00	0,97	0,99	1,03
P	0,55	0,65	0,65	0,68	0,65	0,65
Keményítő	44,52	44,25	43,65	44,80	45,32	45,49
ME (MJ/kg)	11,29	11,03	11,00	11,22	11,26	11,00
TiO ₂	0,51	0,50	0,54	0,54	0,50	0,48

(K) kontroll táp; (ND) 16 % napraforgót tartalmazó táp; (NSP) 16% napraforgó + NSP bontó enzim kiegészítés; (P) 16% napraforgó + proteáz kiegészítés; (NSP+P) 16% napraforgó + NSP bontó enzim + proteáz enzim; (F) 16% napraforgó extra fitáz kiegészítéssel;

13. táblázat A kísérlet során etetett jércetápok aminosav-összetétele [%]

%	K	ND	NSP	P	NSP+P	F
CYS ¹	0,29	0,28	0,29	0,29	0,28	0,29
ASP	1,56	1,32	1,35	1,37	1,36	1,29
MET	0,35	0,37	0,40	0,39	0,38	0,38
THR	0,62	0,56	0,58	0,58	0,57	0,54
SER	0,81	0,72	0,74	0,74	0,75	0,70
GLU	3,21	3,15	3,21	3,30	3,31	3,11
PRO	1,07	0,98	1,01	1,04	1,05	0,97
GLY	0,67	0,72	0,72	0,75	0,73	0,72
ALA	0,81	0,77	0,78	0,81	0,81	0,73
VAL	0,76	0,72	0,73	0,76	0,74	0,73
ILE	0,66	0,61	0,64	0,63	0,64	0,57
LEU	1,37	1,15	1,31	1,32	1,30	1,25
TYR	0,53	0,43	0,48	0,48	0,48	0,43
PHE	0,83	0,75	0,78	0,76	0,78	0,72
HIS	0,45	0,39	0,41	0,41	0,43	0,39
LYS	0,83	0,67	0,68	0,67	0,68	0,66
ARG	1,04	1,02	1,05	1,06	1,07	1,01

(K) kontroll táp; (ND) 16% napraforgót tartalmazó táp; (NSP) 16% napraforgó + NSP bontó enzim kiegészítés; (P) 16% napraforgó + proteáz kiegészítés; (NSP+P) 16% napraforgó + NSP bontó enzim + proteáz enzim; (F) 16% napraforgó extra fitáz kiegészítéssel; ¹ cisztin, aszparaginsav, metionin, treonin, szerin, glutaminsav, prolin, glicin, alanin, valin, izoleucin, leucin, tirozin, fenilalanin, lizin, tirozin, hisztidin, lizin arginin.

14. táblázat A kísérlet során etetett tojótápok táplálóanyag-tartalma [%]

%	K	ND	NSP	P	NSP+P	F
Szárazanyag	89,35	90,20	90,19	90,14	90,24	90,16
Nyersfehérje	16,87	16,80	17,20	17,37	17,55	17,22
Nyerszsír	4,83	7,39	7,61	7,74	7,52	7,48
Nyersrost	4,57	9,50	8,87	8,89	8,82	9,97
Nyershamu	13,87	13,46	13,57	13,12	14,44	12,76
Ca	4,18	4,05	4,20	4,13	4,08	4,05
P	0,56	0,67	0,70	0,71	0,72	0,71
Keményítő	39,56	33,78	33,68	33,90	32,85	33,65
ME (MJ/kg)	11,38	11,31	11,44	11,53	11,30	11,39
TiO ₂	0,48	0,47	0,46	0,48	0,48	0,50

(K) kontroll táp; (ND) 20% napraforgót tartalmazó táp; (NSP) 20% napraforgó + NSP bontó enzim kiegészítés; (P) 20% napraforgó + proteáz kiegészítés; (NSP+P) 20% napraforgó + NSP bontó enzim + proteáz enzim; (F) 20% napraforgó extra fitáz kiegészítéssel;

15. táblázat A kísérlet során etetett tojótápok összetétele [%]

	K	ND	NSP	P	NSP+P	F
kukorica	37,7	37,9	37,9	37,7	37,7	37,9
búza	20,0	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
extrahált szója	27,4	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9
extrahált napraforgó	0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
napraforgó olaj	3,10	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
takarmánymész	9,6	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
MCP	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
¹ árutojó premix	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
takarmánysó	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Na-bikarbonát	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
² NSP bontó enzim	0	0	0,02	0	0	0
³ proteáz	0	0	0	0,2	0	0
NSP + proteáz	0	0	0	0	0,22	0
⁴ fitáz	0	0	0	0	0	0,005
	1000	1000	1000	1000	1000	1000

(K) kontroll táp; (ND) 20% napraforgót tartalmazó táp; (NSP) 20% napraforgó + NSP bontó enzim kiegészítés; (P) 20% napraforgó + proteáz kiegészítés; (NSP+P) 20% napraforgó + NSP bontó enzim + proteáz enzim; (F) 20% napraforgó extra fitáz kiegészítéssel; ¹Árutojó premix összetétel: (Agrofeed Kft. Győr, Dunakapu tér 10.) - A vitamin (retinilacetát 3a672a) - 2000000 NE, D3 vitamin (kolikalciferol) - 600000 NE, E vitamin (all-rac-alfa-tokoferilacetát) - 6000 mg, Fe (FeSO₄·H₂O) - 1000 mg, Zu (CuSO₄ × 5H₂O) - 1600 mg, Mn (MnO) - 20000 mg, Zn (ZnO) - 16000 mg, I (Ca(IO₃)₂) - 200 mg, Se (as Na₂SeO₃) - 60 mg, fitáz enzim (6-fitáz EC3.1.3.26) - 60000 FTU, cantaxantin - 1210 mg, xantofilok - 1440 mg, klinoptilolit - 23000 mg, BHT - 75 mg, BHA - 75 mg, citromsav - 67,5 mg. ²endo-1,4-béta-xilanáz és endo-1,3(4)-béta-glukanáz (Aextra® XB 201 TPT, Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK), ³proteáz enzim (dehidratált élesztőkultúra, szárított Bacillus licheniformis fermentációs oldat, búzaborpa; Eazypro®, JEFO Nutrition Inc. Saint-Hyacinthe, Canada), ⁴Buttiauxella baktériumfaj által termelt enzim (Aextra PHY 2000 TPT2, Danisco Animal Nutrition, Marlborough, UK).

16. táblázat A kísérlet során etetett tojótápok aminosav-összetétele [%]

%	K	ND	NSP	P	NSP+P	F
CYS ¹	0,29	0,31	0,30	0,30	0,29	0,30
ASP	1,70	1,64	1,61	1,60	1,60	1,63
MET	0,38	0,42	0,42	0,41	0,41	0,43
THR	0,66	0,66	0,64	0,65	0,64	0,65
SER	0,87	0,81	0,80	0,80	0,79	0,81
GLU	3,40	3,47	3,48	3,49	3,43	3,46
PRO	1,10	1,00	1,01	1,04	1,00	1,02
GLY	0,73	0,85	0,84	0,83	0,80	0,85
ALA	0,83	0,86	0,85	0,82	0,83	0,86
VAL	0,82	0,83	0,84	0,83	0,80	0,85
ILE	0,74	0,73	0,73	0,70	0,71	0,73
LEU	1,43	1,37	1,38	1,37	1,33	1,39
TYR	0,58	0,52	0,53	0,51	0,52	0,54
PHE	0,87	0,84	0,86	0,85	0,81	0,86
HIS	0,47	0,45	0,44	0,46	0,45	0,47
LYS	0,90	0,78	0,78	0,76	0,75	0,78
ARG	1,13	1,22	1,20	1,19	1,19	1,22

(K) kontroll táp; (ND) 20% napraforgót tartalmazó táp; (NSP) 20% napraforgó + NSP bontó enzim kiegészítés; (P) 20% napraforgó + proteáz kiegészítés; (NSP+P) 20% napraforgó + NSP bontó enzim + proteáz enzim; (F) 20% napraforgó extra fitáz kiegészítéssel; ¹ cisztin, aszparaginsav, metionin, treonin, szerin, glutaminsav, prolin, glicin, alanin, valin, izoleucin, leucin, tirozin, fenilalanin, lizin, tirozin, hisztidin, lizin arginin.

4.3.2. Takarmányanalitikai módszerek

A takarmányanalitikai módszerek megegyeztek az előző kísérletben leírtakkal. A viszkozitás mérés során a fagyasztott mintákat kiengedés után centrifugáltuk (12,000 G for 10 perc). A felülúszó viszkozitását (0.5ml) Brookfield DV II+ viszkoziméterrel (Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, MA, USA) mértük 25 C°-on CP 40 kónuszfejjel és 60-600s⁻¹ nyírási sebességgel.

4.3.3. Tojásminőség vizsgálat

A tojás minőségének vizsgálata során madaranként 2 hetente 1 tojást vizsgáltunk, összesen 3 időpontban: a kísérlet kezdetén, 2 hét elteltével, és a kísérlet befejezésekor (összesen 4 hetes időtartam). A kísérlet kezdeti időpontjában vett minták a napraforgó etetés megkezdésekor történtek, ez a mintavétel a kontroll mérés, ahol még nem a napraforgó etetésének a hatása látható. A tojásvizsgálatokat DET6000 tojásvizsgálóval végeztük (19. ábra), és a következő paramétereket mértük: tojás tömege (Wt), tojáshéj szilárdság (Str), fehérje magassága (ht), Haugh-egység (HU), sárgája színe (YF), sárgája magassága (YH), sárgája átmérője (YD), sárgája index (YI) és a

tojáshéj vastagsága (Thk). A sárgájaindex a tojássárgája magasságának és a sárgája átmérőjének hányadosa, amely egyben a tojás frissességének jelzője, és hasonlóan változik a Haugh egységgel.



9. ábra DET6000 tojásvizsgáló berendezés

4.3.4. Béltartalomból végzett mintavétel

A jércéknél a 7. hét végén, tojótyúkoknál a 4. hét végén mind a két esetben a mintavétel a csípőbél teljes szakaszából, a Meckel-féle divertikulumtól a vakbél beszájadzása előtti 1 cm-ig történt. A mintavétel során a csípőbelet, rövid 5-6 cm-es darabokra vágtuk, majd a béltartalmat óvatosan eltávolítottuk, homogenizáltuk, majd Eppendorf csövekben -20 °C-on tároltuk a további felhasználásig. A jejunum-tartalmat a bél proximális szakaszából vettük. Az aminosav emészthetőség vizsgálati módszere és az elemzések megegyeztek az előző kísérlet során leírtakkal.

4.3.5. Statisztikai analízis

Az eredmények statisztikai értékelését az ileális aminosav emészthetőségi értékek esetében kéttényezős-varianciaanalízissel végeztük, Tukey teszt használatával. A statisztikailag igazolható különbséget $p \leq 0,05$ -ös szinten határoztuk meg. A két vizsgált tényező a kezelés és az állatok kora volt. A viszkozitás vizsgálat esetén a statisztikai analízis során a kezelések és a korcsoportok közötti különbségek megállapítására szintén többtényezős varianciaanalízist végeztünk Tukey teszt alkalmazásával ($p < 0.05$). Itt a főhatások a mintavétel helye, az állatok kora, valamint a kezelések voltak. A tojásminőség vizsgálata esetén szintén kéttényezős varianciaanalízist alkalmaztunk Tukey teszttel, itt a két változó a kezelések és az eltelt idő volt. A statisztikai számításokhoz az SPSS 24.0 programcsomagot használtuk.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. Az extrahált napraforgódara táplálóanyagtartalma

5.1.1. A napraforgódara minták táplálóanyag tartalma és aminosav összetétele

A 17. táblázat adatai azt mutatják, hogy a laboratóriumi körülmények között mért minták átlagosan 38,5% nyersfehérjét, 1,1% nyerszsírt és 16,6% nyersrostot tartalmaztak 34,3-46,5%; 0,61-1,78% és 6,96-23,02% között. Mind a mért, mind a NIR által becsült eredményekben a legnagyobb szórást (CV%) a nyerszsír 20,3%, a nyersrost 21,9%, az ADF 21,3% és az NDF 18,7% esetében figyeltük meg. A nyersfehérje, a cukor és a foszfor esetében kisebb eltérést találtunk. A bruttó energia volt a legalacsonyabb variabilitású paraméter. A NIR-bebecslésekhez képest valamennyi CV-érték magasabb volt a mért paramétereknél. A GE kivételével az előre jelzett és a mért táplálóanyag-tartalom közötti kapcsolat szignifikáns volt. Az "r" értékek nagy pontosságot mutattak a nyersfehérje, a különböző rostfrakciók és a foszfor esetében. A nyerszsír, a szárazanyag és a fitin foszfor esetében az alacsonyabb korrelációs együtthatók a NIR alacsonyabb pontosságát jelentik.

17. táblázat A vizsgált extrahált napraforgódarák NIR készülékkel becsült és laboratóriumi mérésekkel mért táplálóanyag-tartalmának összehasonlítása (%)

	Sz.a. tartalom	Ny. fehérje	Ny. zsír	Ny. rost	Ny. hamu	ADF ³	NDF ⁴	Cukor	Foszfor	Fitin- foszfor	Bruttó energia
NIR átlag	91,424	41,219	1,810	17,405	7,005	20,355	28,190	5,700	1,194	1,015	17,580
min.	90,030	37,280	1,300	10,500	6,100	12,400	18,100	5,100	1,030	0,870	17,360
max.	92,650	48,100	2,400	21,000	8,100	24,400	33,800	6,600	1,450	1,230	18,140
szórás	0,736	3,304	0,308	3,573	0,607	3,800	5,541	0,514	0,126	0,107	0,167
CV% ²	0,805	8,015	16,999	20,527	8,670	18,666	19,656	9,015	10,586	10,586	0,950
Mért átlag	92,232	38,492	1,084	16,569	7,620	20,248	28,380	6,044	1,389	1,004	17,940
min.	91,090	34,320	0,610	6,960	6,700	10,420	16,090	4,590	1,210	0,830	17,020
max.	92,790	46,500	1,780	23,020	8,840	26,200	38,290	7,380	1,730	1,280	18,230
St. dev.	0,349	4,522	0,260	5,510	0,690	5,250	6,840	0,810	0,180	0,140	2,863
CV%	0,378	11,749	23,532	33,245	9,022	25,917	24,087	13,469	12,854	13,535	1,595
<i>Kétfázisú korrelációs számítás</i>											
r-érték	0,757	0,965	0,457	0,935	0,849	0,934	0,904	0,735	0,911	0,797	0,282
p-érték	0,000	0,000	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,229

¹ Közel infravörös spektroszkópia; ² variációs koefficiens; ³ sav detergens rost; ⁴ neutrál detergens rost, A szignifikáns értékek félkövér betűvel vannak szedve.

Az ND-minták mért aminosavtartalma nagyobb szórást mutatott és a szórás mértéke aminosavfüggő volt (18. táblázat). Az esszenciális aminosavak közül a MET, LYS, THR és HIS szórása volt a legnagyobb, míg a CYS, TYR, ARG, LEU, ILE és VAL szórása kisebb volt. A NIR-eredmények variáciája minden aminosav esetében alacsonyabb és kiegyensúlyozottabb volt ($CV\% = 7,74-9,53$). A variációs együtthatók közötti különbségek ellenére a NIR-előrejelzés pontossága minden esetben szignifikáns volt, magas r -értékekkel.

18. táblázat A vizsgált napraforgódarák laboratóriumi mérésekkel és NIR készülékkel meghatározott aminosavösszetétele (%)

	MET³	CYS	LYS	THR	TYR	ARG	ILE	LEU	VAL	HIS	PHE	GLY	SER	PRO	ALA	ASP	GLU
NIR ¹ átlag	0,932	0,652	1,456	1,498	0,523	3,341	1,664	2,579	2,014	0,977	1,841	2,435	1,720	1,747	1,735	3,647	7,749
min.	0,86	0,60	1,34	1,36	0,47	3,04	1,51	2,34	1,83	0,89	1,70	2,25	1,56	1,58	1,58	3,32	7,11
max.	1,09	0,76	1,71	1,75	0,64	4,02	1,98	3,04	2,38	1,16	2,17	2,85	2,02	2,06	2,04	4,32	9,28
Átlag	0,075	0,053	0,119	0,119	0,050	0,295	0,144	0,215	0,172	0,086	0,144	0,188	0,145	0,144	0,145	0,315	0,672
CV% ³	8,075	8,087	8,161	7,920	9,534	8,838	8,641	8,346	8,535	8,847	7,804	7,740	8,440	8,258	8,334	8,629	8,675
Mért átlag	0,920	0,639	1,433	1,495	1,005	3,290	1,616	2,506	1,980	1,047	1,838	2,349	1,733	1,763	1,742	3,634	8,030
min.	0,79	0,57	1,27	1,31	0,83	2,98	1,43	2,19	1,75	0,90	1,67	2,07	1,52	1,49	1,52	3,29	7,14
max.	1,19	0,76	1,78	1,85	1,17	3,86	1,93	2,93	2,27	1,38	2,18	2,83	2,13	2,20	2,09	4,39	9,98
Átlag	0,139	0,058	0,175	0,196	0,098	0,319	0,167	0,240	0,175	0,178	0,176	0,290	0,229	0,259	0,210	0,413	1,101
CV%	15,072	9,065	12,249	13,096	9,716	9,706	10,326	9,578	8,838	17,011	9,594	12,326	13,224	14,694	12,056	11,360	13,714
<i>Páros mintás t-teszt</i>																	
r-érték	0,973	0,935	0,970	0,955	0,827	0,905	0,917	0,960	0,891	0,971	0,925	0,942	0,967	0,935	0,929	0,962	0,950
p -érték	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

¹ Közeli infravörös spektroszkópia; ² variációs koefficiens; ³ metionin, cisztin, lizine, treonin, tirozin, arginin, izoleucin, leucin, valin, hisztidin, fenilalanin, glicin, szerin, prolin, alanin, aszparaginsav, glutaminsav. A szignifikáns értékek félkövér betűvel vannak szedve.

5.1.2. A napraforgódarák különböző táplálóanyagai közötti, valamint aminosavtartalma és a nyersfehérjetartalom közötti korreláció

A különböző táplálóanyagok között több szignifikáns kölcsönhatást találtunk (19. táblázat). A várakozásoknak megfelelően negatív korreláció áll fenn a nyersfehérje-tartalom és a különböző rostfrakciók között. Másrészt a cukor, a foszfor és a fitin foszfor pozitívan korrelált a napraforgóőrlemények nyersfehérje-tartalmával.

19. táblázat A napraforgódarák különböző táplálóanyagai közötti korreláció

		Ny. fehérje	Ny. zsír	Ny. rost	Ny. hamu	ADF ¹	NDF ²	Cukor	Foszfor	Fitin-foszfor	Bruttó energia
Ny. fehérje	r-érték	1									
	p-érték										
Ny. zsír	r-érték	0,338									
	p-érték	0,145									
Ny. rost	r-érték	-0,984	-0,326								
	p-érték	0,000	0,161								
Ny. hamu	r-érték	0,92	0,335	-0,926							
	p-érték	0,000	0,149	0,000							
ADF	r-érték	-0,988	-0,367	0,984	-0,922						
	p-érték	0,000	0,111	0,000	0,000						
NDF	r-érték	-0,962	-0,315	0,964	-0,953	0,964					
	p-érték	0,000	0,176	0,000	0,000	0,000					
Cukor	r-érték	0,698	0,174	-0,706	0,72	-0,645	-0,702				
	p-érték	0,001	0,462	0,001	0,000	0,002	0,001				
Foszfor	r-érték	0,973	0,319	-0,969	0,922	-0,985	-0,959	0,696			
	p-érték	0,000	0,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001			
Fitin-foszfor	r-érték	0,848	0,332	-0,855	0,847	-0,862	-0,87	0,65	0,895		
	p-érték	0,000	0,153	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000		
Bruttó energia	r-érték	0,244	0,06	-0,189	0,138	-0,204	-0,227	0,495	0,266	0,235	
	p-érték	0,3	0,801	0,424	0,56	0,387	0,335	0,027	0,256	0,318	

¹ sav detergens rost; ² neutrál detergens rost, A szignifikáns értékek félkövér betűvel vannak szedve.

Mivel az ND fontos fehérjeforrás az állati takarmányozásban, a napraforgófehérje esszenciális aminosavai és az aminosav-összetétel állandósága közötti összefüggést is értékeltük. Amint az a 19. táblázat adataiból látható, a MET és a HIS mutatta a legjelentősebb kölcsönhatást a többi

esszenciális aminosavval. A MET negatív korrelációt mutatott a TYR-nal, az ARG-nal, LEU-nal, VAL-nal és PHE-vel és pozitív kapcsolatot a HIS-szel. A HIS változása a napraforgófehérjében pozitív korrelációt mutatott a THR-rel és MET-vanl, valamint negatív korrelációt a CYS-szel, TYR-rel, ARG-vel, LEU-val, VAL-nal és ILE-vel.

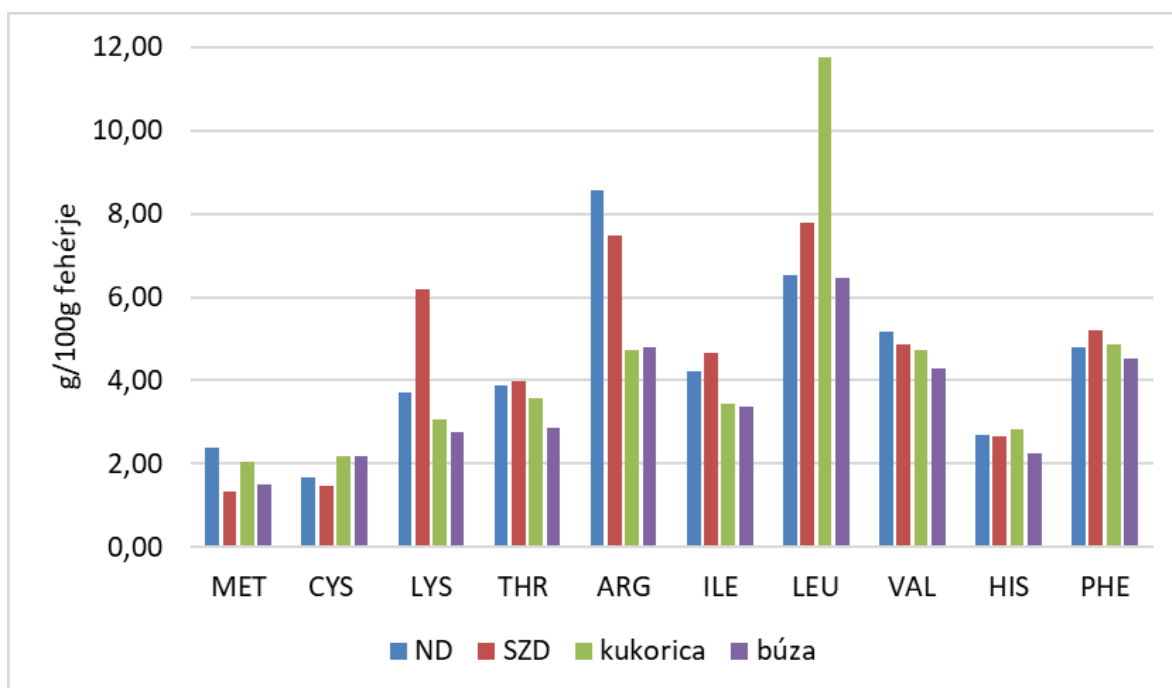
Az ND nyersfehérje-tartalmának változása nem befolyásolta a relatív LYS- és THR-tartalmat (20. táblázat). A relatív MET- és HIS-tartalom azonban nőtt, ha a fehérje magasabb volt. Szignifikáns negatív korrelációt találtunk az egyéb esszenciális aminosavak relatív aránya és a nyersfehérje között.

20. táblázat A napraforgódarák aminosavtartalma és a nyersfehérjetartalom közötti korreláció

		¹ MET	CYS	LYS	THR	TYR	ARG	ILE	LEU	VAL	HIS	PHE
MET	r-érték	1										
	p-érték											
CYS	r-érték	-0,070										
	p-érték	0,768										
LYS	r-érték	0,268	0,071									
	p-érték	0,253	0,767									
THR	r-érték	0,300	-0,184	0,219								
	p-érték	0,198	0,438	0,355								
TYR	r-érték	-0,574	0,336	-0,149	-0,375							
	p-érték	0,008	0,148	0,530	0,103							
ARG	r-érték	-0,576	0,365	-0,420	-0,320	0,462						
	p-érték	0,008	0,114	0,066	0,169	0,041						
ILE	r-érték	-0,243	0,479	-0,272	-0,442	0,236	0,181					
	p-érték	0,301	0,033	0,246	0,051	0,316	0,444					
LEU	r-érték	-0,451	0,304	-0,043	-0,290	0,432	0,162	0,576				
	p-érték	0,046	0,192	0,859	0,215	0,057	0,495	0,008				
VAL	r-érték	-0,766	0,289	-0,487	-0,435	0,590	0,719	0,394	0,536			
	p-érték	0,000	0,217	0,029	0,055	0,006	0,000	0,086	0,015			
HIS	r-érték	0,697	-0,564	0,357	0,444	-0,594	-0,661	-0,616	-0,603	-0,849		
	p-érték	0,001	0,010	0,122	0,050	0,006	0,002	0,004	0,005	0,000		
PHE	r-érték	-0,698	0,276	-0,128	-0,338	0,589	0,74	-0,006	0,403	0,743	-0,581	
	p-érték	0,001	0,239	0,592	0,145	0,006	0,000	0,98	0,078	0,000	0,007	
nyers fehérje	r-érték	0,62	-0,662	0,176	0,336	-0,518	-0,692	-0,468	-0,683	-0,728	0,849	-0,721
	p-érték	0,004	0,001	0,457	0,148	0,019	0,001	0,038	0,001	0,000	0,000	0,000

¹ metionin, cisztin, lizin, treonin, tirozin, arginin, izoleucin, leucin, valin, hisztidin, fenilalanin, glicin, szerin, prolin, alanin, aszparaginsav, glutaminsav. A szignifikáns értékek félkövér betűvel vannak szedve.

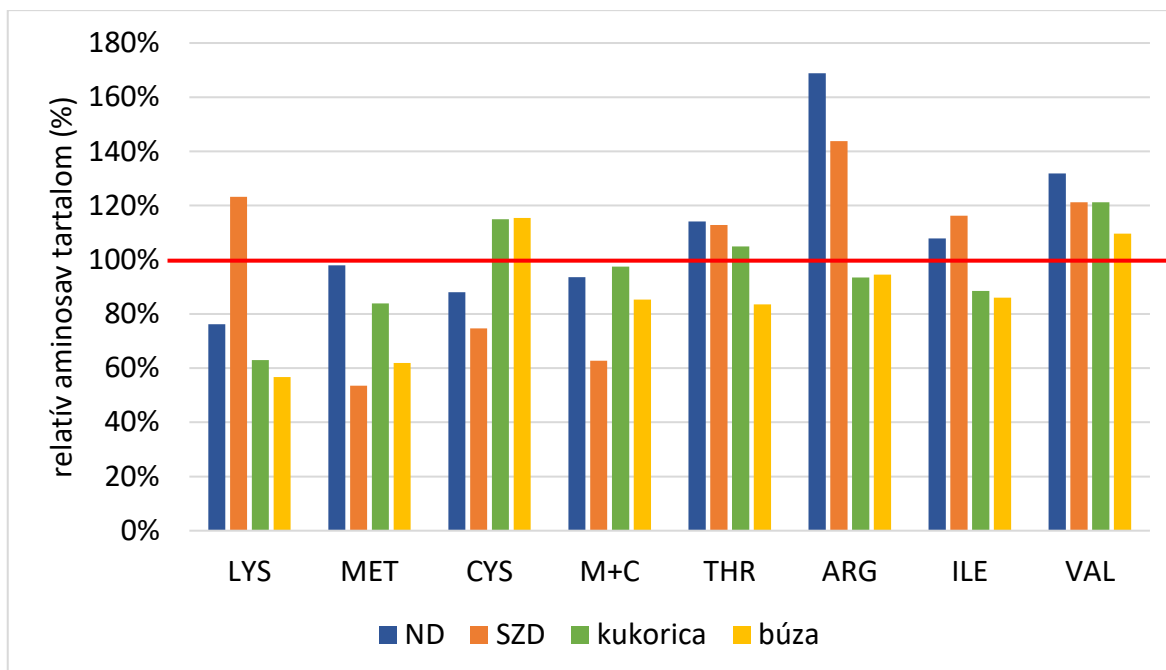
Az ND-fehérje esszenciális aminosav-összetételét összehasonlítva más takarmányokéval, kevesebb LIZ-t és több kénes aminosavat és ARG-t tartalmaz, mint a szójadara (10. ábra). Az ND fehérje egyéb esszenciális aminosavtartalma közel áll a kukoricához és a búzához, kivéve az ARG-t, amelynek aránya közel kétszer magasabb az ND-ben, valamint a LEU-t, amely a kukoricafehérje domináns esszenciális aminosava.



10.ábra A vizsgált napraforgódarák, valamint a szójadara (SZD), a kukorica és a búza fehérjék aminosavösszetétele

¹ metionin, cisztin, lizin, treonin, arginin, izoleucin, leucin, valin, hisztidin, fenilalanin

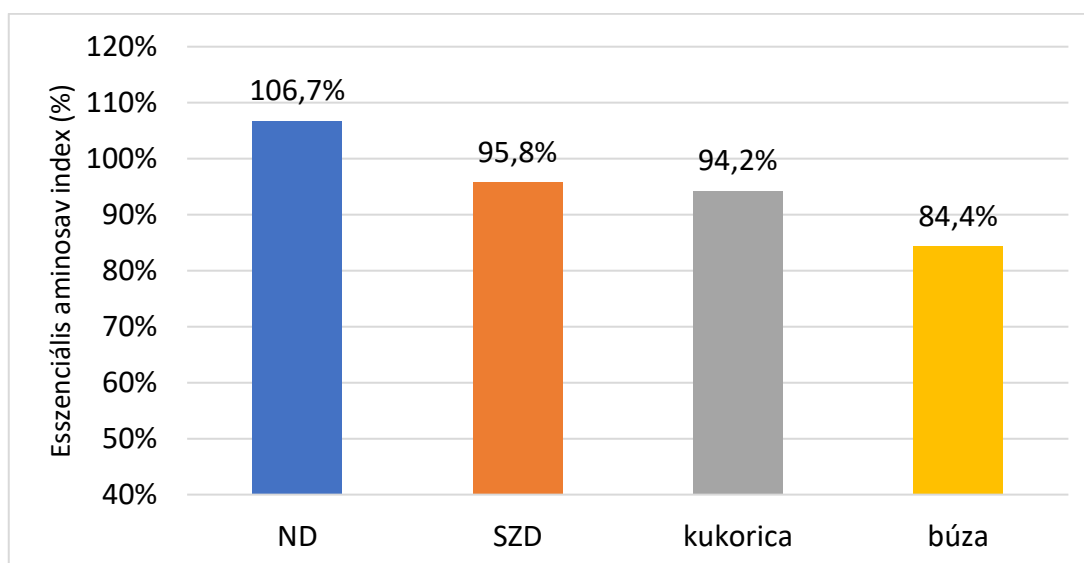
A különböző fehérjeforrások relatív aminosavtartalmát is összehasonlítottuk a tojótyúkok aminosavszükségletével (11. ábra). Minél közelebb vannak az esszenciális aminosavak arányai a szükséglethez (100%, piros vonal), annál kiegyensúlyozottabb a fehérje, vagyis kevesebb a hiány és a többlet. A grafikonon látható, hogy mindkét extrahált dara arginintartalma kb. 60-80%-kal magasabb a csirkék szükségleténél. Ugyanez igaz a kukorica leucintartalmára is. Az összes többi aminosav aránya 100% körül vagy az alatt van. A grafikon azt is mutatja, hogy a szójadara lizin hányadosa és a napraforgódara MET hányadosa egyaránt fedezi a tyúkok szükségletét.



11. ábra A napraforgódara (ND), a szójadara (SZD), a kukorica és a búza aminosavainak aránya a tojótyúkوك szükségletéhez viszonyítva

¹ lizin, metionin, cisztin, metionin+cisztin, treonin, arginin, izoleucin, valin

A 11. ábra aminosav-arányaiból kiszámítottuk a fehérjeforrások esszenciális aminosav-indexét is (12. ábra). A fehérjéknek ez a jellemzője azt veszi figyelembe, hogy az aminosav-arányok mennyire állnak közel a követelményekhez. Ebből a szempontból a napraforgódara fehérje a legkiegyensúlyozottabb.



12. ábra A napraforgódara, a szójadara, a kukorica és a búza fehérjék esszenciális aminosavindexe

5.2. Első állatkísérlet

5.2.1. A napraforgódara jércékkel mért aminosav emészthetősége

A K, ND10, ND20 és ND30 csoportokban a jércék átlagos napi takarmányfelvétele 53 g, 59 g, 58 g és 58 g volt. A madarak tehát valamivel többet fogyasztottak az ND-t tartalmazó takarmányokból, de ez a különbség nem volt szignifikáns. A jércék esetében a takarmányok aminosav emészthetősége 58,6% és 88,9% között mozgott, a legalacsonyabb és legmagasabb értékeket a treonin és a glutaminsav esetében határoztuk meg (21. táblázat). Az ND-t tartalmazó takarmányok magasabb rosttartalma ellenére egyes aminosavak felszívódása jelentősen javult. Az esszenciális aminosavak közül az ND jelentősen növelte a THR, VAL, LYS ARG emészthetőségét. THR esetén az ND bekeverési arányával arányosan nőtt az emészthetőség, a 30%-os bekeverési aránynál már összesen 12,6%-kal ($p=0,000$). VAL esetén ez az emészthetőség javulás a 10 és 30%-os bekeverésnél csupán tendenciális volt, a 20%-osnál azonban 5,8%-kal javult ($p<0,030$) az emészthetőség. LYS-nél hasonló tendenciát láthatunk, csak a 30%-os bekeverhetőségnél igazolható a 6%-os javulás ($p<0,027$). Az ARG-nél a szignifikáns eredmény két esetben is, a 20 és 30%-os bekeverésnél is kimutatható ($p=0,001$) volt. A LEU volt az egyetlen esszenciális aminosav, amelynek az emészthetőségét negatívan befolyásolta. A három nem esszenciális aminosav, a GLY (5,9%-kal, $p=0,031$), és az ASP (6,7%-kal, $p=0,007$) emészthetősége csak az ND20 kezelés hatására nőtt a jércetápokban.

21. táblázat A jércetápok ileális aminosav emészthetősége (%)

Esszenciális aminosavak											
%	MET ¹	THR	CYS	VAL	ILE	LEU	PHE	HIS	LYS	ARG	TYR
K	84,34	58,60 ^b	73,44	74,86 ^b	79,34	85,00 ^a	82,50	77,05	69,85 ^b	80,09 ^b	70,24 ^b
ND10	84,80	64,40 ^a	73,88	76,56 ^{ab}	79,99	82,73 ^{ab}	82,94	77,58	73,04 ^{ab}	82,58 ^{ab}	76,33 ^a
ND20	86,31	66,90 ^a	74,10	79,20 ^a	80,44	82,48 ^{ab}	82,96	77,52	73,20 ^{ab}	84,49 ^a	78,46 ^a
ND30	84,38	66,75 ^a	73,91	78,31 ^{ab}	80,33	79,67 ^b	82,33	76,67	74,04 ^a	85,17 ^a	79,07 ^a
Átlag szórása	0,004	0,007	0,004	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,050	0,007
p-érték	0,384	0,000	0,972	0,030	0,881	0,001	0,957	0,929	0,027	0,001	0,000
Nem esszenciális aminosavak											
%	GLY		ASP	SER	GLU	PRO	ALA				
C	70,23 ^b		72,23 ^b	72,51	88,88	81,08	78,66				
ND10	73,11 ^{ab}		74,60 ^{ab}	73,12	87,55	81,67	77,74				
ND20	74,40 ^a		77,08 ^a	74,88	88,02	82,37	77,99				
ND30	73,32 ^{ab}		75,18 ^{ab}	73,26	86,39	81,24	77,19				
Átlag szórása	0,005		0,006	0,005	0,004	0,004	0,004				
p-érték	0,031		0,007	0,503	0,277	0,763	0,768				

K - kontroll; ND10 - kontroll táp 10% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ND20 - kontroll táp 20% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ND30 - kontroll táp 30% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ¹ metionin, cisztin, lizin, treonin, tirozin, arginin, izoleucin, leucin, valin, hisztidin, fenilalanin, glicin, szerin, prolin, alanin, aszparaginsav, glutaminsav. ^{a, b} Az eltérő betűvel jelzett értékek szignifikáns különbséget jelölnek. A szignifikáns értékek félkövér betűvel vannak szedve.

5.2.2. A napraforgó dara tojótyúkokkal mért aminosav emészthetősége

A tojótyúk kísérletben a napi átlagos takarmányfelvétel csökkent az ND arányának növekedésével (kontroll: 117 g, ND10: 101 g, ND20: 86 g és ND30: 77 g). Az ND kezelésnél 31%-kal, az ND30-as kezelésnél pedig 34%-kal ($p=0,000$) fogyasztottak kevesebb takarmányt a madarak. Az aminosavak emészthetőségi intervalluma 73,6% és 93,6% között volt (22. táblázat). A tojótyúkokkal végzett kísérletben az ND etetése nem változtatta meg az aminosavak emészthetőségét. Az egyetlen szignifikáns különbség az ILE emészthetőségének romlása volt a 20%-os bekeverésnél a 10%-oshoz képest (7,33%-kal, $p=0,025$), azonban a C kezeléstől nem különbözött.

22. táblázat A tojótápok ileális aminosav emészthetősége (%)

Esszenciális aminosavak											
%	MET ¹	THR	CYS	VAL	ILE	LEU	PHE	HIS	LYS	ARG	TYR
K	90,31	73,55	81,65	84,94	88,35 ^{ab}	88,10	88,77	87,38	81,49	88,45	80,83
ND10	90,09	78,57	85,82	87,02	89,25 ^a	89,43	90,13	86,71	84,79	91,41	86,85
ND20	90,07	73,69	81,97	83,73	82,70 ^b	84,77	85,84	82,25	79,00	86,74	81,59
ND30	87,77	74,53	83,04	83,13	84,68 ^{ab}	86,32	87,75	82,95	80,29	89,64	86,01
Átlag szórása	0,006	0,017	0,005	0,011	0,009	0,009	0,007	0,009	0,014	0,008	0,013
p-érték	0,539	0,737	0,581	0,693	0,025	0,363	0,250	0,094	0,450	0,298	0,296
Nem esszenciális aminosavak											
%			GLY	ASP	SER	GLU	PRO	ALA			
K			80,16	83,00	82,35	93,58	88,23	86,78			
ND10			82,73	85,81	84,16	92,56	89,20	87,67			
ND20			79,46	80,22	76,89	90,19	85,34	82,71			
ND30			79,55	82,42	81,32	90,44	85,30	82,88			
Átlag szórása			0,013	0,004	0,012	0,005	0,007	0,009			
p-érték			0,875	0,519	0,214	0,087	0,154	0,098			

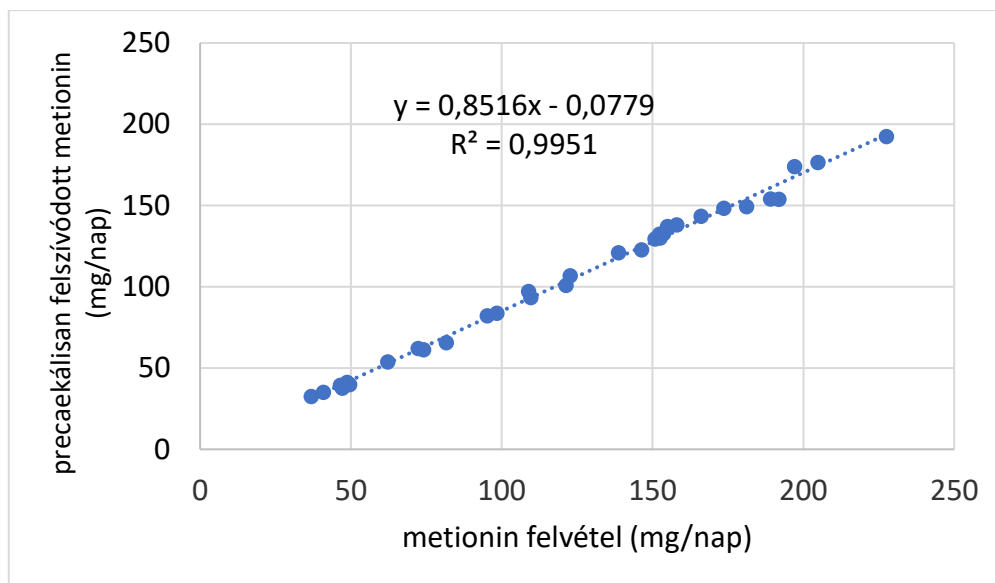
K - kontroll; ND10 - kontroll táp 10% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ND20 - kontroll táp 20% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ND30 - kontroll táp 30% extrahált napraforgódarával kiegészítve; ¹ metionin, cisztin, lizin, treonin, tirozin, arginin, izoleucin, leucin, valin, hisztidin, fenilalanin, glicin, szerin, prolin, alanin, aszparaginsav, glutaminsav. ^{a, b} Az eltérő betűvel jelzett értékek szignifikáns különbséget jelölnek. A szignifikáns értékek félkövér betűvel vannak szedve.

5.2.3. A regresszió analízis eredménye

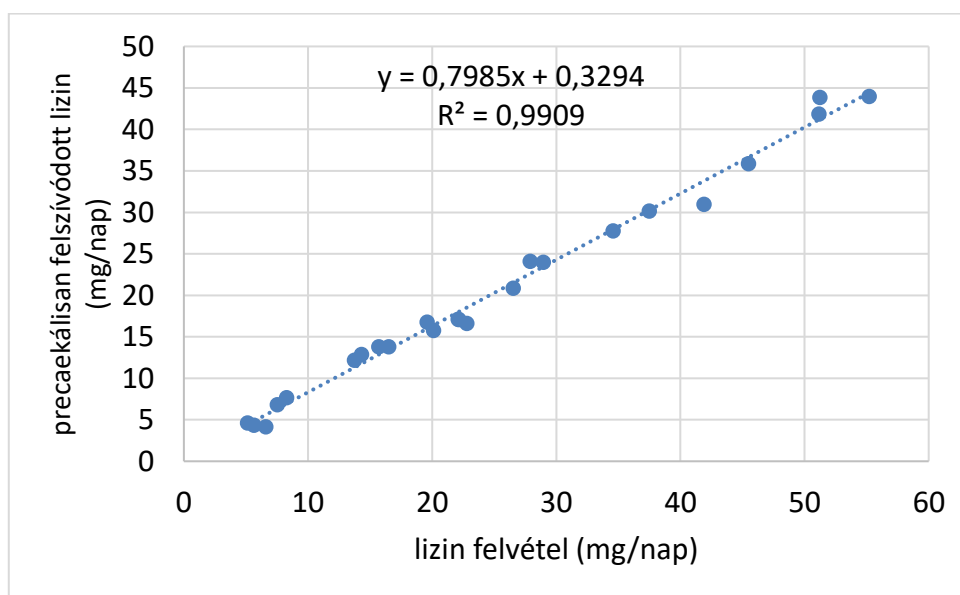
A regressziós elemzések részleteit a 23. táblázat tartalmazza. A napi aminosavbevitel és a vakbél előtt felszívódó aminosavak mennyisége közötti lineáris regresszió minden esetben szignifikáns volt. A táblázat a meredekségeket, az állandókat és a korrelációs együtthatók négyzeteit mutatja. Ebben a módszertanban a meredekségek az ND aminosavak emészthetőségét jelentik. Mint látható, a jérce kísérletben a regressziós egyenesek meredekségei 0,70 (THR) és 0,86 (ARG, GLU) között mozogtak. A tojótyúkknál a legalacsonyabb meredekség szintén a THR-hez (0,74), míg a legmagasabb a MET-hez és az ARG-hez (0,89) tartozott. Minden aminosav esetében magasabb meredekséget kaptunk a tojótyúkknál, mint a jércénél. A két állatsoport közötti különbség a TYR (1,4%), a GLU (2,0%), a PRO (2,2%) és a VAL (2,9) esetében alacsony, a CYS (9,1%) és a LEU (8,8%) esetében pedig magas volt. A lineáris regresszióra bemutatott két példa a 13. és a 14. ábrán látható.

23. táblázat A napi aminosav felvétel (x) és a napi ileálisan felszívód aminosavak (y) viszonyát leíró lineáris regressziós egyenletek paraméterei

	Jérce			Tojótyúk		
	együttható	állandó	r ²	együttható	állandó	r ²
Cisztin	0,7371	0,1628	0,9873	0,8278	0,1086	0,9958
Aszparagin	0,7664	-5,8059	0,9943	0,8208	0,4473	0,9952
Metionin	0,8516	-0,0779	0,9951	0,8902	0,0972	0,9970
Treonin	0,7007	-9,9535	0,9895	0,7482	0,2153	0,9883
Szerin	0,7502	-3,5986	0,9888	0,8038	0,2252	0,9898
Glutamin	0,8646	13,639	0,9938	0,8846	3,6644	0,9974
Prolin	0,8293	-5,1777	0,9890	0,8516	0,8581	0,9972
Glicin	0,7441	-3,3842	0,9938	0,7948	0,3901	0,9897
Alanin	0,7664	3,5366	0,9905	0,8195	0,8044	0,9938
Valin	0,8056	-7,8719	0,9923	0,8350	0,3577	0,9932
Izoleucin	0,8095	-1,6082	0,9936	0,8469	0,2460	0,9951
Leucin	0,7758	21,214	0,9905	0,8639	0,3352	0,9938
Tirozin	0,8300	-9,2035	0,9913	0,8436	0,0835	0,9942
Fenilalanin	0,8225	1,0595	0,9934	0,8619	0,5313	0,9973
Hisztidin	0,7730	-0,1798	0,9906	0,8289	0,2909	0,9933
Lizin	0,7508	-4,0101	0,9931	0,7985	0,3294	0,9909
Arginin	0,8610	-8,3682	0,9971	0,8918	-0,0051	0,9976



13. ábra A metionin felvétel és az ileális felszívódás kapcsolata, jércék esetén.



14. ábra A lizin felvétel és az ileális felszívódás kapcsolata tojóttyúk esetén.

Az ND alternatív fehérjeforrás a baromfi számára (Vieira et al. 1992a). Magas rost és alacsony energiatartalma, valamint kémiai összetételének változatossága azonban a fő korlátozó tényezője annak, hogy a szóját teljes egészében helyettesíteni tudja a baromfitápokban (Senkoylu and Dale 1999). Korábban feltételezték, hogy a baromfitápokban a rostok nagyobb aránya hígító hatású, ami vélhetően a táplálóanyagok rossz hasznosulását okozza (Singh et al. 2017). Azonban kutatások során felismerték a baromfitakarmányozás területén, hogy bizonyos típusú és mennyiségű rostok kedvezően hathatnak a gyomor-bélrendszer fejlődésére, az emésztésre, valamint a bélrendszer egészségére (Desbruslais et al. 2021). Az ételmi rostok nagyobb arányú alkalmazása olyan

stratégia lehet, amely a tojástermelés gazdaságosabbá tételében segítség lehet (Rezaei and Hafezian 2007a). A rendelkezésre álló eredmények szerint azonban a magas rosttartalmú takarmányok etetése esetén elkerülhetetlen az endogén fehérje- és aminosavveszteségek növekedése (Kluth and Rodehutsord 2009). Arról számoltak be, hogy 8% cellulóz bevitele a brojlerek takarmányába magasabb nyersfehérje és aminosavveszteséget (azaz GLU, ASP és THR) eredményezett a 3% cellulózzal etetett takarmányokhoz képest. Ezek az endogén veszteségek nem feltétlenül tartoznak az ún. takarmányspecifikus endogén veszteségek közé (Tejeda and Kim 2021).

Mivel az ND elsősorban fehérjeforrás, különösen fontos a hatása a keverék takarmányok aminosav-emészthetőségére. Az aminosavak emészthetőségét a madaraknál különböző módszerekkel lehet meghatározni. Az ún. differenciál módszer a legelterjedtebb, amikor a vizsgált anyagot egy alaptakarmányreceptúrába építik be, és a vizsgált termék aminosav-emészthetőségét az alap- és a vizsgált terméket tartalmazó takarmányok aminosav-emészthetőségéből számítják ki. Ennek a módszernek az a hátránya, hogy ha a takarmány bekeverési aránya alacsony, a mérés pontatlansága megnő. Továbbá ebben az esetben nem lehet értékelni az esetlegesen depresszív bekeverési arányokat. A regressziós megközelítés előnye továbbá, hogy ezzel a módszerrel az endogén aminosav veszteségek is meghatározhatók (Ravindran et al. 2017).

A napraforgódara aminosav-emészthetőségét csak néhány kutatás során vizsgálták regresszió analízissel, mint például Krieg *et al.* (2020) kísérletében, ahol az ND-t 15 és 30%-os arányban etették a 21. napos korig Ross 308 típusú brojlercsirkével. Alagawany *et al.* (2015) eredményei szerint a nagyobb mennyiségű ND alkalmazása megváltoztatja a baromfitakarmányok aminosavprofilját, nyersrost és energiatartalmát. Eredményeik alapján az ND a baromfi takarmányozási alapanyagok elfogadható komponense lehet és 25%-ban a brojler-, 20%-ban pedig a tojótakarmányokban etethető. Green *et al.* (1987) arról számoltak be, hogy az ND esszenciális aminosavainak valódi emészthetősége alacsonyabb volt, mint a szójadaráé. Eredményeink szerint a napraforgódarának még 30%-os beviteli arány mellett sem volt depresszív hatása a kísérleti takarmányok aminosav-emészthetőségére. Bár a GLY-t a nem esszenciális aminosavak közé sorolták, alacsony fehérjetartalmú takarmányok esetén szintén limitáló hatású lehet (Alves et al. 2019, Siegert and Rodehutsord 2019). Ezért a GLY emészthetőségének javulása pozitív eredmény lehet, mivel a GLY kristályos formában történő pótlása nem engedélyezett az Európai Unióban. Az aminosav-emészthetőség javulásának oka összhangban volt Yokhana *et al.* (2016) eredményeivel. Kísérletükben a takarmány oldhatatlan rost-tartalma jelentősen javította a jércék emésztőkészülékének tömegét és a tripszinaktivitást a vékonybélben, ami hozzájárulhat a takarmányhasznosítás javulásához. Kísérletük során szintén 8 hetes jércéket használtak, de a mi

kísérletünkkel ellentétben csak 1%-os strukturális rost (Arbocell RC) kiegészítést alkalmaztak. Vizsgálatunkban a kísérleti takarmányok nyersrosttartalma 1,78 és 6,46 % között változott. Más eredményekhez hasonlóan ebben a tartományban a nyersrost javíthatta a fehérje emészthetőségét (Jiménez-Moreno et al. 2009, Jaroni et al. 1999).

Eredményeink arra utalnak, hogy a jércék és tojótyúkوك egyaránt nagymértékben tolerálják a takarmányok rosttartalmát, anélkül, hogy ez negatívan befolyásolná a fehérjeemésztésüket. Ez azt jelenti, hogy nemcsak az ND, hanem valószínűleg a többi magas rosttartalmú ipari melléktermék is nagyobb arányban használható lenne a jércék és tojótyúkوك takarmányozásában. A jércéknél több aminosav emészthetőségét befolyásolta szignifikánsan az ND etetése, míg tojók esetében csupán egy esetben volt szignifikáns különbség. Ismert, hogy a vékonybél tripszinaktivitása a madarak életkorának előrehaladtával növekszik (Nitsan et al. 1991). Nagyon valószínű, hogy a tyúkوك enzimkiválasztása magasabb, mint a lényegesen kevesebb takarmányt fogyasztó jércéké. Ezért a béltartalom motilitásának növelése és így a hasnyálmirigy enzimszekréciójának (Sacranie et al. 2012) serkentése az ND hatására a jércéknél jobban kimutatható. A két negatív eredményt hozó aminosav emésztésének oka nem ismert. Az életkor aminosavak emésztésére gyakorolt hatásának vizsgálata különösen azért érdekes, mert a takarmánykészítményekben minden baromfifajra és korcsoportra azonos emészthetőségi értékeket használnak. Ez az alkalmazott gyakorlat természetesen pontatlanságokat eredményezhet.

Az aminosavak emészthetőségének ismerete fontos a takarmányadagok összeállításánál, mivel az aminosavak emészthetősége nagymértékben eltérhet a különböző takarmány alapanyagok és ugyanazon alapanyag több mintája között (Parsons 2020). Jelenleg az ileális aminosav-emészthetőségi értékek használata egyre elterjedtebb a baromfi és sertéstakarmányok formulázása során. Az aminosavak úgynevezett standardizált ileális emészthetősége (SID) az ileum vagy annak terminális részének aminosav-tartalmán alapuló emészthetőségi számításokat jelenti. A standardizálás a látszólagos emészthetőség korrekcióját jelenti a bazális endogén aminosavvesztéssel (BEAAL) (Lemme, Ravindran, and Bryden 2004). A nem emésztett aminosavak mérése az ileumból pontosabb, mivel az ürülék aminosav tartalmát a vakbél mikrobái részben módosítják. Az endogén aminosavvesztésekkel (EAAL) végzett korrekciók azért is fontosak, mert a nyálkából, emésztőenzimekből vagy más bélsárváladékokból származó minta is tartalmazhat aminosavakat (Ravindran 2021). Az ebben a vizsgálatban alkalmazott regressziós modell előnye, hogy nincs szükség az EAAL további mérésére (Rodehutsord et al. 2004). Ez az állítás azonban nem teljesen igaz, mivel az ileális EAAL egy része nem tartozik a BEAAL-hoz, hanem táp-specifikus. Jól ismert, hogy a rosttartalom és az antinutritív tényezők jelenléte is módosíthatja az EAAL mennyiségét. Ez az oka annak, hogy a kísérletünk regressziós

egyenleteiben a konstansok nem csak pozitívak voltak. A baromfi ileális endogén fehérjéjében a legnagyobb mennyiségben előforduló aminosavak a glutaminsav, aszparaginsav, treonin, prolin, szerin és glicin. Ezek az aminosavak magas koncentrációban találhatóak meg a bélben- és hasnyálmirigy-sekrétumban, valamint a nyálkahártya-fehérjékben, ami megerősíti, hogy ezek az endogén fehérje fő összetevői (Ravindran 2021).

5.2.4. Nemzetközi ajánlások irodalmi értékeivel való összehasonlítás eredménye

Összehasonlítva eredményeinket néhány gyakran használt táblázatos értékkel (Redshaw et al. 2010, National Research Council 1994, Blok and Dekker 2017), látható, hogy a jércével mért emészthetőségi együtthatók a hisztidin (CVB) és cisztin (CVB) kivételével minden esetben kisebbek voltak, mint a táblázatban szereplő értékek (24. táblázat). Tojóttyúk esetén a LEU, VAL, PHE és a HIS mutatta a legnagyobb eltérést ($p=0,000$) a nemzetközi ajánlásokhoz viszonyítva (25. táblázat). A mért és a táblázatos értékeket egymintás t-próbával összehasonlítva, a legnagyobb hasonlóságot tyúkokkal mért együttható a CVB-értékek között kaptuk.

24. táblázat A napraforgódara minták mért aminosav emészthetőségi értékeinek és a nemzetközileg használt irodalmi értékek összehasonlítása egymintás t-próbával jércék esetén.

	Nemzetközileg használt értékek			Mért értékek
	Evonik (2017)	CVB (2017)	NRC (1994)	Jérce
lizin	0,87	0,82	0,84	0,75
<i>p-érték</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	
metionin	0,92	0,92	0,93	0,85
<i>p-érték</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	
cisztin	0,80	0,73	0,78	0,74
<i>p-érték</i>	<i>0,000</i>	<i>0,091</i>	<i>0,000</i>	
treonin	0,82	0,76	0,85	0,70
<i>p-érték</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	
arginin	0,93	0,91	0,93	0,86
<i>p-érték</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	
izoleucin	0,89	0,85	0,90	0,81
<i>p-érték</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	
leucin	0,88	0,84	0,91	0,78
<i>p-érték</i>	<i>0,000</i>	<i>0,006</i>	<i>0,000</i>	
valin	0,87	0,83	0,86	0,81
<i>p-érték</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	
hisztidin	0,88	0,77	0,87	0,77
<i>p-érték</i>	<i>0,000</i>	<i>0,700</i>	<i>0,000</i>	
fenilalanin	0,90	0,87	0,93	0,82
<i>p-érték</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	

25. táblázat A napraforgódara minták mért aminosav emészthetőségi értékeinek és a nemzetközileg használt irodalmi értékek összehasonlítása egymintás t-próbával tojóttyúk esetén.

	Nemzetközileg használt értékek			Mért értékek
	Evonik (2017)	CVB (2017)	NRC (1994)	Tojóttyúk
lizin	0,87	0,82	0,84	0,80
<i>p-érték</i>	0,000	0,644	0,054	
metionin	0,92	0,92	0,93	0,89
<i>p-érték</i>	0,001	0,001	0,000	
cisztin	0,80	0,73	0,78	0,83
<i>p-érték</i>	0,011	0,000	0,000	
treonin	0,82	0,76	0,85	0,75
<i>p-érték</i>	0,001	0,606	0,000	
arginin	0,93	0,91	0,93	0,89
<i>p-érték</i>	0,000	0,036	0,000	
izoleucin	0,89	0,85	0,90	0,85
<i>p-érték</i>	0,005	0,183	0,000	
leucin	0,88	0,84	0,91	0,86
<i>p-érték</i>	0,000	0,000	0,000	
valin	0,87	0,83	0,86	0,84
<i>p-érték</i>	0,000	0,000	0,000	
hisztidin	0,88	0,77	0,87	0,83
<i>p-érték</i>	0,000	0,000	0,000	
fenilalanin	0,90	0,87	0,93	0,86
<i>p-érték</i>	0,000	0,000	0,000	

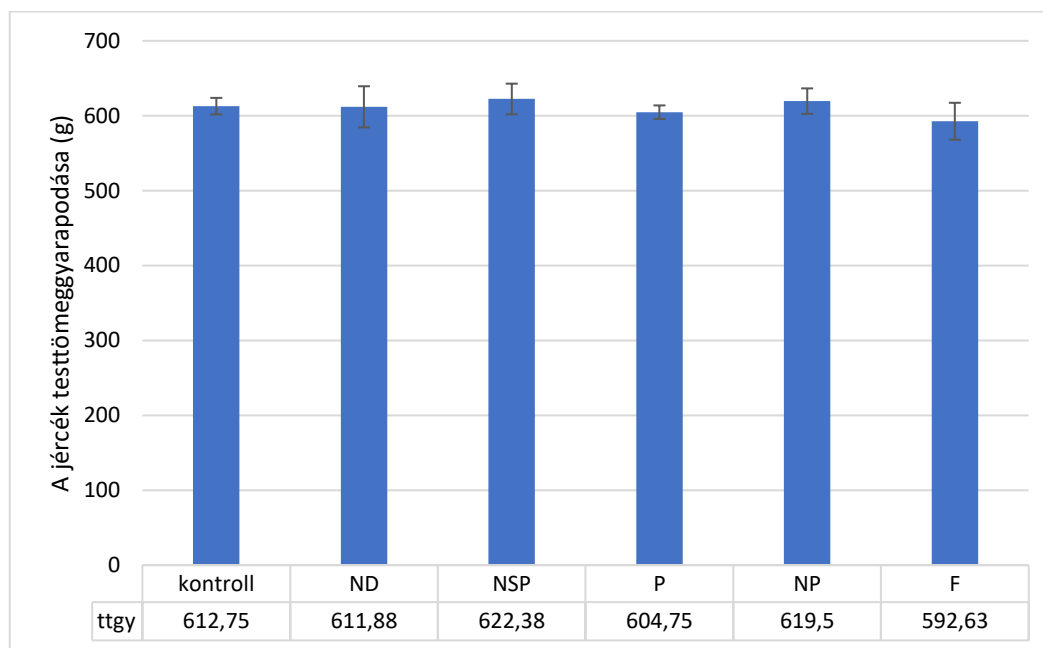
Ha összehasonlítjuk eredményeinket a táblázatban szereplő aminosav-emészthetőségi értékekkel, a legnagyobb különbségeket a LYS (75-88%), a THR (70-85%) és a HIS (77-88%) emészthetőségében tapasztaltuk. E nagy különbségek oka részben az, hogy a táblázatban szereplő értékek különböző módszertanokon alapulnak. Az NRC értékei az úgynevezett precíziós takarmányozási módszerből származnak, amely során kifejtett, vakbélírtott kakasokat használnak, az emészthetőséget az ürüleből számítják ki, és EAAL-korrektciókat alkalmaznak N-mentes

takarmányokkal (Sirbald 1976, McNab and Blair 1988). Ezek az eredmények közel 30 évesek már. Ennél frissebbek Az EVONIK és a CVB adatai, melyek főként ad libitum etetett brojlercsirkéken és ileális mintavételeken alapulnak. A takarmányok aminosav-emészthetőségét ebben az esetben a differenciál módszerrel számították ki, miután a vizsgált takarmányt egy takarmányadagba beépítették. Ezekben a módszerekben a vizsgálandó takarmány tápreceptúrában használt arány is része lehet a pontatlanságnak, mivel az alacsony százalékos arány növeli a meghatározás szórását, a magas arány pedig már depresszív lehet. Emellett a különbségek a vizsgált madaraknak is köszönhetőek. A tojó típusú jércék vagy tojótyúkok használata ezekben a kísérletekben ritka, a madarak viszonylag magas ára miatt. Természetesen a felnőtt kakasok, a brojlercsirkék, a tojótyúkok vagy a korlátozottan etetett növendék jércék emésztési potenciálja eltérő egymástól (Souza et al. 2020, Alencar et al. 2019b, Braz et al. 2011, Lemme 2003).

5.3. Második állatkísérlet

5.3.1. A jércék testtömeggyarapodása

A jércék a tenyésztői ajánlásnak megfelelő, azonos mennyiségű takarmányt kaptak. A 10 hetes állatok napi 53 g-os takarmányadaggal indultak, ami a 14. hétre 68 g-ra nőtt. A jércék az adagolt takarmányt maradéktalanul elfogyasztották. Az állatok átlagsúlyában nem volt szignifikáns különbség a kísérlet kezdetén (K: 682,1 g; ND: 674,1 g; NSP: 702,5 g; P: 749,5 g; NP: 717,8 g; F: 724,6 g) és a különböző kezelések a kísérlet végén sem eredményeztek eltérést ($p=0,906$) az átlagsúlyokban (K: 1294,8 g; ND: 1286,0 g; NSP: 1324,8 g; P: 1354,2 g; NP: 1337,3 g; F: 1317,2 g). Ennek ellenére megállapíthatjuk, hogy meglepő módon az F kezelés esetén tapasztaltuk a legalacsonyabb, valamint az NSP kezelés esetén a legmagasabb értékeket, ahol a két kezelés átlagában 29,7 g különbség volt (15. ábra). Ez a különbség azonban nem szignifikáns ($p=0,906$).



15. ábra A kezelések hatása a jércék átlagos testtömeg gyarapodására

(K) kontroll táp; (ND) 16% napraforgót tartalmazó táp; (NSP) 16% napraforgó + NSP bontó enzim kiegészítés; (P) 16% napraforgó + proteáz kiegészítés; (NSP+P) 16% napraforgó + NSP bontó enzim + proteáz enzim; (F) 16% napraforgó extra fitáz kiegészítéssel;

A fő korlátozó tényező az extrahált napraforgódara baromfitápok receptúráiban való szerepeltetésének annak magas rosttartalma, ami negatívan befolyásolhatja a termelési eredményeket. Senkoylu és Dale (1999) kutatása szerint a napraforgó oldható sejtfal NSP anyagai, a β -glükánok, xilánok, arabanok, pektinek és oligoszacharidok. Más kutatások szerint azonban a meghatározó oldható rostkomponens az arabinoxilán (Mathlouthi et al. 2002, Knudsen 1997,

Amerah, Van de Belt, and Van Der Klis 2015). A napraforgódarában jelenlévő rostokra vonatkozó specifikus adatok hiánya jelenleg megnehezíti a takarmánykészítményekben található táplálóértékük pontos előrejelzését (Lannuzel et al. 2022b). Lannuzel et al. (2022) kutatásukban irodalmi adatokra hivatkozva azt közölték, hogy a napraforgó fő vízoldható frakciói a xilózban gazdag poliszacharidok. Kutatásuk eredményeként megállapították, hogy a repcedarából, szójadarából és napraforgódarából származó NSP anyagok kisebb mértékben járulnak hozzá a béltartalom viszkozitásának változásához, mint a gabonák NSP anyagai (Pustjens et al. 2012, Navarro et al. 2018, Lannuzel et al. 2022b). A gabonafélékben található β -glükánok lineáris homopoliszacharidok, amelyek β -(1 $\rightarrow$ 4) és β -(1 $\rightarrow$ 3) kötések kombinációján keresztül kapcsolódnak össze, szerkezeti különbségeit a triszacharid/tetraszacharid arány okozza. A β -glükánok legnagyobb mennyiségben a zabban és az árpában találhatóak meg körülbelül 4,5%-ban, míg a búza döntően arabinoxilánokat tartalmaz (Izydorczyk, Macri, and MacGregor 1998, Cho and White 1993, Parsaie et al. 2007). Eredményeinkkel egybehangzóan Amerah et al. (2015) vizsgálatai is azt eredményezték, hogy a repcedara és a napraforgódara arányának emelése a brojler tápokban nem növelte az éhbéltartalom viszkozitását. Következtetésképpen elmondható, hogy eredményeink az irodalmi adatokkal megegyeznek.

Brojlersírkék esetén exogén enzimeket (xilanáz, béta-glükánáz, mannanáz) adnak a tápokhoz, hogy segítsék az oldható rostok bontását és ezáltal csökkentsék a teljesítményparaméterekre gyakorolt káros hatásukat (Raza et al. 2009). Waititu et al. (2018) szerint az exogén enzimek használata lehetővé teheti az ND használatát elsősorban a baromfi fejlődésének korai szakaszában, amikor az endogén enzimek emésztésének és kiválasztásának hatékonysága még korlátozott. Kísérletünk eredményei ellentmondanak ennek a feltevésnek, ugyanis egyik enzimkiegészítés hatására sem javultak a jércék teljesítményparaméterei. Eredményeinkhez hasonlóan, Pinheiro et al. (2013) is arra a következtetésre jutottak, hogy a barna tojótyúk takarmányába akár 21% ND is beilleszthető enzimek nélkül, anélkül, hogy ez befolyásolná a súlygyarapodást, a takarmányfelvételt és a takarmányhasznosítást. Brojlersírkék esetén számos kutatás (Rebolé et al. 1999, Kocher et al. 2000, Attia, Al-Harhi, and El-Deek 2003) arról számolt be, hogy a pektináz, glükánáz, xilanáz és cellulóz kereskedelmi forgalomban kapható enzimek nem eredményeztek szignifikáns javulást a madarak növekedésében, de néhány jelentésben javulást tapasztaltak a takarmányok látszólagos metabolizálható energia (AME) szintjében és a takarmányértékesítésben (Mandal et al. 2005, Abbas, Khan, and Sarwar 1998, Alagawany et al. 2015). Tojó típusú jércékről kevés kutatás áll rendelkezésre ezen a területen, azonban Alencar et al. (2022) kutatásunkhoz hasonló eredményeket kapott. Vizsgálatuk során 7-17 hetes barna tojást tojó Hy-Line jércét alkalmaztak termelési kísérletben, 12 és 24%-os extrahált napraforgó tartalmú tápokot etetve

enzim kiegészítésekkel és anélkül. Enzimkiegészítésként α -galaktozidázt, xilanázt, β -glükánázt, proteázokat, és fitázt használtak. Eredményeik szerint nem volt különbség az enzimet kapott és enzim nélküli kezelések testtömeggyarapodásában, takarmányfogyasztásában és takarmányértékesítésében. Kargopoulos et al. (2017) is arra a következtetésre jutottak, hogy a napraforgó darát akár 12,5%-os arányban is be lehet iktatni a receptúrába anélkül, hogy negatív hatással lenne a jércék fejlődésére. Emellett kísérletükben azt az eredményt kapták, hogy enzimkiegészítés hatására (α -galaktozidáz, xilanáz, β -glükánáz, proteáz és fitáz) nőtt a madarak takarmányfelvétele és nőtt a takarmányértékesítése az enzimkiegészítést nem kapott madarakhoz képest. Hasonló eredményeket kaptak Alencar et al. (2022) is, akik ezt azzal magyarázták, hogy az enzimek gyártói által megadott mátrixértékek valószínűleg túlértékelik a valós enzimhatást.

5.3.2. Jérce és tojótyúktápok aminosav emészthetősége

A főhatásokat tekintve látható, hogy a különböző enzim kezelések és az életkor is nagy mértékben befolyásolta az aminosavak emészthetőségét (26. táblázat).

Az enzimkezelési főátlagok között a fitáz kezelés esetén kaptuk a legjobb emészthetőségi értékeket minden aminosav tekintetében. A C kezelés összesen 7 aminosavnál okozta a statisztikailag kimutatható leggyengébb emészthetőségi eredményeket. Ez a javulás a C-hez képest az F kezelésnél az ASP-nél 6,3%, a THR-nél 11,0%, a GLY-nél 6,3%, a VAL-nál 5,5%, a TYR-nél 11,0%, a LYS-nél 5,5%, az ARG-nél 6,3% jelentett ($p=0,000$). A LEU volt az egyetlen aminosav, ahol a C kezelés során kapott eredmény nem különbözött az F kezelés eredményétől, az ND, NSP, P és NP kezelésnél is szignifikánsan gyengébb emészthetőséget mértünk ($p=0,000$). Ez az ND-nél 2,2%, az NSP-nél 2,1%, a P-nél 2,1% és az NP-nél szintén 2,2%-os különbséget jelentett. A MET-nél a P kezelés nem különbözött az F-től, de a C, ND, NSP és NP kezelésnél is rosszabb értékeket kaptunk ($p=0,000$), hasonlóan a PHE-hez ($p=0,000$). A SER és GLU esetében az NP kezelésnél kaptuk a leggyengébb értékeket az F kezeléshez képest (SER-nél 4,6%, GLU-nál 2,8%, $p=0,000$). A PRO minden kezeléstől jobban emészthető az F kezelésnél (2,5-3,6%, $p=0,000$). Az ALA-nál minden kezelés különbözött az F-től (2-3,9%, $p=0,000$). Az ILE-nél csak az ND kezelés nem különbözött az F-től, a HIS-nél pedig a C és ND, minden más kezelés szignifikánsabb rosszabb emészthetőségi értéket eredményezett (ILE-nél 1,3-2,6%, $p=0,000$, HIS-nél 2-3,4%, $p=0,002$).

A kor hatás tekintetében kijelenthető, hogy a tojótyúkok aminosav emésztése kettő aminosav kivételével (MET, GLU) statisztikailag igazolhatóan jobb volt, mint a jércéké.

A kezelés x kor interakció vizsgálat során megállapítható, hogy minden aminosav emészthetőségének vizsgálata esetén kivétel nélkül szignifikáns eredményeket találtunk, melynek oka, hogy a fiatal, 10 hetes állomány esetén az NSP kezelés esetén kaptuk a leggyengébb értékeket, tojótyúk esetén 50 hetes korban azonban már a kontroll táp aminosav emészthetősége bizonyult a leggyengébbnek.

26. táblázat A kezelések és az életkor önálló és együttes hatása a takarmányok átlagos aminosav emészthetőségére jércék és tyúkok esetében

		¹ CYS	ASP	MET	THR	SER	GLU	PRO	GLY	ALA	VAL	ILE	LEU	TYR	PHE	HIS	LYS	ARG
jérce	K	79,24	79,04	88,08	68,810	79,78	92,44	85,83	77,53	84,11	81,30	84,24	88,63	75,83	87,35	83,26	77,88	84,96
	ND	80,14	82,17	88,38	72,71	80,36	91,56	86,04	79,20	82,79	83,47	84,12	85,59	82,87	85,79	82,99	80,41	88,36
	NSP	77,52	78,13	86,99	69,63	77,02	89,66	84,13	76,95	79,55	81,29	82,61	85,23	80,89	85,22	80,09	76,39	87,10
	P	79,66	81,11	89,09	73,06	80,19	91,96	85,92	79,75	81,76	83,64	83,65	86,49	84,33	87,41	81,84	78,17	88,59
	NP	76,49	79,18	87,40	70,49	76,79	90,27	83,99	76,87	80,17	81,22	82,29	84,69	81,22	85,46	80,44	77,47	86,70
	F	81,50	82,92	89,90	74,90	81,61	92,97	88,16	80,69	83,87	85,11	85,02	87,21	84,65	88,59	83,92	81,07	90,05
Átlag szórása		0,004	0,003	0,002	0,005	0,003	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,002	0,003	0,003	0,003
p-érték		0,005	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
tojó	K	78,65	77,59	87,06	66,83	78,04	91,12	84,36	75,38	82,30	81,05	83,23	87,08	75,81	85,97	82,31	76,08	83,81
	ND	80,46	82,12	87,67	75,54	80,43	90,56	85,29	80,10	83,06	83,18	85,22	85,67	83,19	86,92	83,32	80,37	88,96
	NSP	81,87	82,93	88,95	75,81	81,44	91,58	87,04	81,27	84,19	84,76	85,57	86,91	85,13	87,87	84,39	81,29	89,42
	P	79,55	81,07	88,52	72,34	79,17	91,05	86,21	79,49	82,82	83,43	84,98	86,47	84,00	86,75	83,00	78,98	88,05
	NP	80,11	80,85	88,31	73,66	79,51	90,46	86,55	80,82	83,61	83,00	85,43	86,86	84,42	87,42	82,99	80,17	89,08
	F	82,71	84,26	90,63	77,53	81,87	93,00	88,43	82,62	86,00	86,70	86,61	88,47	85,81	87,77	84,98	81,87	90,10
Átlag szórása		0,003	0,004	0,003	0,006	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,005	0,002	0,003	0,004	0,003
p-érték		0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,017	0,030	0,000	0,000
Kezelés hatás																		
Kezelés	K	78,95 ^{bc}	78,32 ^d	87,57 ^b	67,82 ^c	78,91 ^{bc}	91,78 ^b	85,1 ^b	76,45 ^c	83,20 ^b	81,17 ^c	83,73 ^b	87,85 ^a	75,82 ^c	86,66 ^b	82,79 ^{ab}	76,98 ^c	84,38 ^d
	ND	80,30 ^{ab}	82,15 ^{ab}	88,03 ^b	74,13 ^{ab}	80,39 ^{ab}	91,06 ^{bc}	85,67 ^b	79,65 ^b	82,92 ^b	83,33 ^b	84,67 ^{ab}	85,63 ^b	83,03 ^b	86,35 ^b	83,15 ^{ab}	80,39 ^{ab}	88,66 ^b
	NSP	79,69 ^{bc}	80,53 ^{bc}	87,97 ^b	72,72 ^b	79,23 ^{bc}	90,62 ^c	85,58 ^b	79,11 ^b	81,87 ^b	83,03 ^b	84,09 ^b	86,07 ^b	83,01 ^b	86,55 ^b	82,24 ^b	78,84 ^{bc}	88,26 ^{bc}
	P	79,61 ^{bc}	81,09 ^{bc}	88,8 ^{ab}	72,70 ^b	79,68 ^{bc}	91,50 ^b	86,07 ^b	79,62 ^b	82,29 ^b	83,54 ^b	84,31 ^b	86,48 ^b	84,17 ^{ab}	87,08 ^{ab}	82,42 ^b	78,58 ^{bc}	88,32 ^{bc}
	NP	78,04 ^c	79,89 ^{cd}	87,79 ^b	71,84 ^b	77,96 ^c	90,35 ^c	85,09 ^b	78,56 ^b	81,64 ^b	81,98 ^{bc}	83,63 ^b	85,62 ^b	82,59 ^b	86,3 ^b	81,54 ^b	78,63 ^{bc}	87,74 ^c
	F	82,10 ^a	83,59 ^a	90,27 ^a	76,21 ^a	81,74 ^a	92,99 ^a	88,30 ^a	81,66 ^a	84,94 ^a	85,91 ^a	85,82 ^a	87,84 ^a	85,23 ^a	88,18 ^a	84,45 ^a	81,47 ^a	90,08 ^a
Korhatás																		
Kor	jérce	79,09 ^b	80,43 ^b	88,31	71,6 ^b	79,29 ^b	91,48	85,68 ^b	78,5 ^b	82,04 ^b	82,67 ^b	83,65 ^b	86,3 ^b	81,63 ^b	86,64 ^b	82,09 ^b	78,57 ^b	87,63 ^b
	tojó	80,58 ^a	81,5 ^a	88,53	73,61 ^a	80,10 ^a	91,33	86,31 ^a	79,91 ^a	83,67 ^a	83,72 ^a	85,16 ^a	86,91 ^a	83,00 ^a	87,10 ^a	83,52 ^a	79,78 ^a	88,20 ^a
Átlag szórása		0,026	0,025	0,018	0,038	0,023	0,012	0,018	0,027	0,023	0,023	0,018	0,016	0,036	0,015	0,022	0,026	0,021
p-érték																		
Kezelés		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Kor		0,001	0,002	0,509	0,000	0,034	0,225	0,012	0,000	0,000	0,002	0,000	0,017	0,000	0,055	0,000	0,002	0,001
Kezelés x Kor		0,006	0,000	0,061	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000

^{a, b} Az eltérő betűvel jelzett értékek szignifikáns különbséget jelölnek. A szignifikáns értékek félkövér betűvel vannak szedve. (K) kontroll táp; (ND) 16 és 20% napraforgót tartalmazó táp; (NSP) 16 és 20% napraforgó + NSP bontó enzim kiegészítés; (P) 16 és 20% napraforgó + proteáz kiegészítés; (NSP+P) 16 és 20% napraforgó + NSP bontó enzim + proteáz enzim; (F) 16 és 20% napraforgó extra fitáz kiegészítéssel; ¹ cisztin, aszparaginsav, metionin, treonin, szerin, glutaminsav, prolin, glicin, alanin, valin, izoleucin, leucin, tirozin, fenilalanin, hisztidin, lizin, arginin.

A napraforgódarát tartalmazó tápok aminosav emészthetőségéről a tojó állományokban kevés kutatási eredmény áll rendelkezésre. Brojlersírkékkal több vizsgálatot végeztek ezzel kapcsolatban. A napraforgódarák ileális aminosav emészthetőségét brojlersírkékkal végzett kísérletben vizsgálták Ullah et al. (2016), melyben megállapították, hogy napraforgódara aminosavainak átlagos emészthetősége elmarad a szójadaráétól (85,1 és 77,1%), az ND magasabb rosttartalma miatt. A vizsgált mintákban 24%-ot meghaladó rost volt, ami szignifikáns negatív korrelációt mutatott az aminosavak emészthetőségével. Enzimkiegészítést ebben a kísérletben nem alkalmaztak.

5.3.3. A tojótyúkok takarmányfelvételének, a tojások átlagsúlyának, az összes tojás tömeg és a fajlagos takarmányfelhasználás vizsgálatának eredményei

A takarmányfelvételt, a tojások átlagsúlyát, az összes tojás tömeget és a fajlagos takarmányfelhasználást a 27. táblázat tartalmazza. Eredményeink szerint az extrahált napraforgó etetésének, valamint az enzimkiegészítéseknek nem volt statisztikailag kimutatható hatása ezekre a paraméterekre. Tendenciájában megfigyelhető, hogy a napraforgódara alapú tápokból többet fogyasztottak a tyúkok, fajlagos takarmányértékesítésük pedig nőtt, de a különbségek nem voltak szignifikánsak. Eredményünk alapján a 20%-os ND bekeverés is biztonságosan megvalósítható, ha a tápok energia, fehérje és aminosav szintjei fedezik a tyúkok szükségletét.

27. táblázat A takarmánykezelések hatása a tojások átlagtömegére és az összes tojástömegre

Kezelés	Napi takarmány-fogyasztás (g)	A tojások átlagsúlya (g)	Tojástermelés (%)	Fajlagos takarmány-felhasználás (g/g)
K	118,8	64,6	94,6	1,95
ND	133,0	67,4	92,4	2,26
NSP	128,3	66,6	93,3	2,08
P	130,7	66,4	93,3	2,15
NP	128,1	65,3	95,5	1,97
F	128,1	68,1	89,3	2,13
átlag szórása	2,011	0,553	0,732	0,388
p-érték	0,44	0,494	0,198	0,204

(K) kontroll táp; (ND) 20% napraforgót tartalmazó táp; (NSP) 20% napraforgó + NSP bontó enzim kiegészítés; (P) 20% napraforgó + proteáz kiegészítés; (NSP+P) 20% napraforgó + NSP bontó enzim + proteáz enzim; (F) 20% napraforgó extra fitáz kiegészítéssel;

A tojásminőség vizsgált eredményeit a 28. táblázat tartalmazza. A kezelések hatására a kilenc vizsgált mennyiségi és minőségi paraméter közül csupán két esetben, a tojások tömege (Wt) és a sárgája színe (YF) eredményeinél volt statisztikailag kimutatható szignifikáns eltérés. A tojástömegnél az ND kezelés eredményezte a legnagyobb tojásokat ($p=0,034$), a C csoporttól 6,5

%-kal különbözött. Az NSP, P, NP és F kezelés átlaga nem különbözött. A sárgája színe esetén minden kezelés magasabb értékeket eredményezett C kezeléstől (p=0,000).

28. táblázat A takarmánykezelések hatása a tojásparaméterekre

Tulajdonság		Wt ¹ (g)	Str ² (kgf)	Ht ³ (mm)	HU ⁴ (AA)	YF ⁵	YH ⁶ (mm)	YD ⁷ (mm)	YI ⁸	Thk ⁹ (mm)
1. időpont	K	64,250	5,333	7,363	84,238	10,870 ^b	17,200	41,338	0,418	0,473
	ND	68,425	4,233	7,075	80,975	11,870 ^a	18,100	38,363	0,476	0,493
	NSP	65,725	3,941	7,550	84,500	11,500 ^{ab}	17,950	36,075	0,500	0,528
	P	63,950	4,194	6,975	81,587	11,500 ^{ab}	17,437	36,425	0,485	0,500
	NP	67,788	3,683	7,813	86,137	11,880 ^a	17,925	40,375	0,497	0,486
	F	66,625	4,275	7,325	82,475	11,750 ^a	17,287	40,113	0,438	0,491
	Átlag szórása	5,435	1,276	1,254	7,427	0,616	1,206	5,371	0,069	0,058
p-érték		0,493	0,162	0,810	0,749	0,005	0,553	0,252	0,080	0,578
2. időpont	K	64,286	4,444	6,229	76,586	10,570	17,357	42,800	0,406	0,459
	ND	69,963	3,714	6,200	73,675	11,000	18,125	43,150	0,421	0,470
	NSP	67,688	3,865	6,850	79,675	10,880	17,250	44,413	0,389	0,438
	P	65,925	3,911	6,850	80,125	11,000	17,563	42,163	0,421	0,453
	NP	68,325	3,795	6,987	80,812	11,250	17,663	42,875	0,412	0,438
	F	68,429	3,159	6,586	77,929	11,140	17,943	42,914	0,418	0,444
	Átlag szórása	5,612	1,103	1,153	8,372	0,537	1,155	1,957	0,029	0,027
p-érték		0,470	0,594	0,672	0,562	0,216	0,682	0,339	0,204	0,160
3. időpont	K	64,225	2,893	6,713	79,712	10,130 ^b	17,388	41,738	0,417	0,436 ^b
	ND	67,788	4,293	6,900	79,725	11,000 ^{ab}	17,388	44,025	0,398	0,453 ^{ab}
	NSP	67,029	3,723	6,971	80,729	10,860 ^{ab}	18,014	42,857	0,420	0,432 ^b
	P	65,138	3,689	7,388	84,363	11,000 ^{ab}	17,650	42,775	0,414	0,493 ^{ab}
	NP	66,600	3,350	7,075	81,700	10,750 ^{ab}	17,187	37,300	0,365	0,503 ^a
	F	66,100	3,271	7,000	81,375	11,130 ^a	17,313	42,088	0,416	0,470 ^{ab}
	Átlag szórása	3,964	1,356	1,123	7,806	0,647	1,123	6,654	0,065	0,050
p-érték		0,554	0,409	0,915	0,871	0,021	0,781	0,441	0,538	0,008
Kezelés hatás										
Kezelés	K	64,252 ^b	4,213	6,791	80,335	10,520 ^b	17,313	41,922	0,414	0,456
	ND	68,725 ^a	4,080	6,725	78,125	11,290 ^a	17,871	41,846	0,431	0,472
	NSP	66,804 ^{ab}	3,848	7,130	81,674	11,090 ^a	17,726	41,039	0,437	0,467
	P	65,004 ^{ab}	3,931	7,071	82,025	11,170 ^a	17,550	40,454	0,440	0,482
	NP	67,571 ^{ab}	3,609	7,292	82,883	11,290 ^a	17,592	40,183	0,425	0,476
	F	66,991 ^{ab}	3,586	6,987	80,709	11,350 ^a	17,496	41,652	0,424	0,470
Időhatás										
Idő	1. időpont	66,127	4,276 ^a	7,350 ^a	83,319 ^a	11,56 ^a	17,650	38,781 ^b	0,468 ^a	0,495 ^a
	2. időpont	67,483	3,815 ^{ab}	6,626 ^b	78,172 ^b	10,980 ^b	17,650	43,061 ^a	0,411 ^b	0,450 ^b
	3. időpont	66,128	3,532 ^b	7,009 ^{ab}	81,279 ^{ab}	10,810 ^b	17,479	41,774 ^a	0,404 ^b	0,465 ^b
Átlag szórása		5,061	1,279	1,207	8,097	0,681	1,157	5,359	0,064	0,050
p-érték										
Kezelés		0,034	0,414	0,584	0,401	0,000	0,692	0,754	0,634	0,468
Idő		0,367	0,015	0,016	0,009	0,000	0,752	0,000	0,000	0,000
Kezelés x Idő		0,999	0,217	0,977	0,968	0,803	0,755	0,181	0,059	0,027

¹ tojás tömege, ² héjszilárdság, ³ fehérje magasság, ⁴ Haugh egység, ⁵ sárgája színe, ⁶ sárgája magassága, ⁷ sárgája átmérő, ⁸ sárgája index, ⁹ héjvastagság. ^{a, b} Az eltérő betűvel jelzett értékek szignifikáns különbséget jelölnek. A szignifikáns értékek félkövér betűvel vannak szedve. 1. időpont: 1. hét eleje, 2. időpont: 2. hét vége, 3. időpont: 4. hét vége; (K) kontroll táp; (ND) 20% napraforgót tartalmazó táp; (NSP) 20% napraforgó + NSP bontó enzim kiegészítés; (P) 20% napraforgó + proteáz kiegészítés; (NSP+P) 20% napraforgó + NSP bontó enzim + proteáz enzim; (F) 20% napraforgó extra fitáz kiegészítéssel;

Ezzel szemben a mintavétel ideje a vizsgált paraméterek közül hét esetben (héjszilárdság (Str), fehérjemagasság (Ht), Haugh egység (HU), sárgája színe (YF), sárgája átmérője (YD), sárgája

index (YI) és a héjvastagság (Thk) eredményezett szignifikánsan kimutatható különbséget a mintavételi időpontok között. A héj szilárdság és a héj vastagságánál is az első vizsgált időpontban volt a legmagasabb a kapott átlagérték ($p=0,015$ és $p=0,000$). Hasonlóan alakult a fehérje magasságnál és a Haugh egységnél is, azonban ezek esetén csak a 2. mért időponthoz képest volt igazolható a különbség ($p=0,016$ és $p=0,009$), a 3. időponthoz képest nem. A sárgája színe és a sárgája indexnél az első időpont eredményezte a magasabb értékeket és szignifikánsan különbözött a 2. és 3. időponttól is ($p=0,000$ és $p=0,000$). Az egyetlen kivétel, ahol az alacsonyabb értéket az első időpont eredményezte, az a sárgája átmérője volt, mindkét későbbi mérésnél magasabb értékeket kaptunk ($p=0,000$).

A két főhatás vizsgálatának interakciójában (kezelés x mintavételi időpont) megállapítható, hogy a kilenc vizsgált különböző mennyiségi és minőségi paraméter közül összesen kettő esetben a sárgája index (YI) és a héjvastagság (Thk) esetén volt szignifikáns a kölcsönhatás.

Vieira et al. (1992) már 30 évvel ezelőtt megállapították, hogy nagy mennyiségű extrahált napraforgódara sikeresen alkalmazható a tojótyúk és brojlercsirkék takarmányában, ha megfelelő koncentrációban biztosítják annak metabolizálható energia (ME) és LYS tartalmát. Több kutatás eredményei szerint is nagy mennyiségben is beilleszthető a receptúrába anélkül, hogy a termelési eredményekre és a tojásmínőségi paraméterekre káros hatással lenne (Tsuzuki et al. 2003, Casartelli et al. 2006, Rezaei and Hafezian 2007b). Más kutatások szerint az extrahált napraforgó alapú tojótakarmányok LYS pótlása sem tűnik olyan kritikusnak, mint a brojlercsirkék takarmányában, mivel alacsonyabb a LYS igényük (Senkoylu and Dale 1999). Vieira et al. (1992) 13 és 40,5%-ban etettek extrahált napraforgót a tojótápokban, és megfigyelték, hogy ez a kiegészítés nem volt jelentős hatással a tojástermelésre, a tojások tömegére, a tojáshéj minőségére és az elhullásra. A LYS hozzáadása a takarmányhoz csak a madarak testtömegét javította. A tojás minőségi paramétereivel kapcsolatban több kutatást végeztek. Mindazonáltal Karunajeewa et al. (1987) azt találták, hogy az ND-t tartalmazó táppal etetett madarak tojásai alacsonyabb Haugh-egységgel rendelkeztek, mint az ND-t nem fogyasztó madarak.

Khan, Sardar and Siddique (2006), kutatásainkkal ellentétben a tojások összes tömege tekintetében azonban arról számoltak be, hogy az ND-alapú, multienzimet tartalmazó táp javította a takarmányértékesítést és a tojástömeget. Esetükben azonban nem ismert a pontos enzímösszetétel. Az elméleti háttér szerint a specifikus szubsztrátokat célzó multienzimek használata az ND használatakor potenciálisan lehetővé teheti a bekeverhetőségi arány növelését, ezáltal csökkentve a rostok antinutritív hatásait. Ezenkívül a multienzim-kiegészítés az állományok egységességét és a környezetszennyezés csökkentését eredményezheti, mivel a trágyával kevesebb táplálóanyag

távozik, ami kisebb veszteséget eredményez (Mbukwane et al. 2022b). Ezzel ellentétben kísérletünkben a tojások összes átlag súlyára és az összes tojástömegre nem voltak hatással a kezelések. Az ezzel kapcsolatos eredményünk megegyezik számos korábbi kutatás eredményével. Tojótúyúkokkal végzett kutatásuk során Karunajeewa et al. (1987) nem mutattak ki szignifikáns hatást az extrahált napraforgódara arányának emelésekor a tápokban (0; 5,79; 12,19 vagy 18,97%) a tojástermelésre, tojástömegre és takarmányértékesítésre. Megfigyelték azonban, hogy az extrahált napraforgódara arány növelésének hatására tendenciális csökkenés volt tapasztalható a Haugh-egységekben. Hasonló eredményeket találtak Vieira et al (1992) is. A tojástömeget, a tojáshéj minőségét és a tojástermelést nem befolyásolta a tojótápok extrahált napraforgó tartalmának fokozatos emelése (13,5, 27 vagy 40,5%) a tápokban, de pozitív lineáris kapcsolatot írtak le a takarmányfelvétel és a takarmányértékesítés tekintetében.

Mirza and Sial (1992) szerint az ND 15%-ig történő beépítése a tojótakarmányokba nem eredményez kedvezőtlen hatást a sárgája indexre és a Haugh-egységre, esetükben azonban megnőtt a tojások héjvastagsága. Ezzel ellentétben a ND 30%-os használata a tojások héjvastagságára nem volt hatással (Deaton, McNaughton, and Burdick 1979b). Kutatásunk eredményei szerint a tojáshéj vastagsága esetén az NP kezelés hatására szignifikáns pozitív eredményt kaptunk a kontroll kezeléshez képest. Ez a kezelés NSP bontó és proteáz enzim kiegészítést tartalmazott. Korábbi kutatások nem tapasztaltak javulást a héj vastagságában proteáz és NSP enzimek különálló használatakor, és nem is áll rendelkezésre olyan irodalmi eredmény, ami a proteáz, vagy az NSP bontó enzim kiegészítés kapcsolatát írta le a Ca anyagcserével (Chen et al. 2021, Poudel et al. 2023). Azonban több olyan kutatási eredmény is található, ahol hasonló enzimkomplexet adtak a tápokhoz és kutatásunkhoz hasonló eredményeket értek el vele. Walker et al. (2024) kutatásában egy búza-, kukorica- és szója alapú táp esetén használtak normál és alacsony AMEn érték mellett enzimkomplexet (fitáz, pektináz, proteáz, 1,4-b-xilanáz, β -glükánáz, celluláz és amiláz). Eredményeik szerint az enzimkomplex szignifikánsan javította a Ca retencióját. Véleményük szerint ennek oka a fitáz kiegészítés volt. Eredményünk alapján azonban az NSP bontó és proteáz enzim kiegészítésnek is hozzá kellett járulnia ehhez a változáshoz, ami azzal állhat összefüggésben, hogy a xilanáz és β -glükánáz a fitáz által szabaddá tethoz képest további Ca-ot és P-t tesznek hasznosíthatóvá. Hasonló eredményeket értek el kutatásuk során Baghban-Kanani et al. (2018), mely során 0, 10 és 20% mértékben szerepeltettek extrahált napraforgódarát a kísérleti tápokban, enzimkiegészítéssel és anélkül. Az enzimkomplex xilanázt, cellulázt, β -glükánázt, *Trichoderma reesei* és a *Trichoderma longibrachiatum* baktériumfajok által termelt pektinázt, továbbá proteázt, *Aspergillus niger* által termelt fitázt valamint *Bacillus subtilis* által termelt α -amilázt tartalmazott. Hasonlóan eredményeinkhez, a kezelések nem

befolyásolták a tojástermelést, a héj szilárdságot és vastagságot, a tojás fajsúlyát, a Haugh-egységet, a triglicerid-tartalmat, a plazma glutation-peroxidáz (GSH) aktivitását és a malondialdehid (MDA) szintjét, azonban - ellentétesen eredményeinkkel - a tojás tömeget sem. A rosttípusok hatásának vizsgálata során Braz et al. (2011) növekvő NDF-szinteket használtak a 7-17 hetes tojó típusú jércék esetén, majd ugyanezen állomány 35 hetes tojótyúkjainak takarmányában. Annak ellenére, hogy a növekvő rost rontotta a jércék súlygyarapodását és takarmányértékesítését, a tojóknál nem tapasztaltak teljesítmény romlást. A kísérlet során nem találtak különbséget a tojáshéj százalékos arányában sem, és arra a következtetésre jutottak, hogy a jércék akár 18,50 % NDF-et is fogyaszthatnak a nevelés során anélkül, hogy a későbbiekben a tojástermelés minőségi paraméterei romlanának.

Vizsgálatunkban a tojás minősítés során, az összes tojás átlagsúlyának mérési eredményével ellentétesen, szignifikáns pozitív eredményt kaptunk a tojás tömegében. A tápok napraforgókiegészítésének hatására a tojások átlagsúlya 4,5 g-mal nőtt a kontroll csoport tojásaihoz képest. Ez a tendencia az összes tojás átlagtömegénél is látható, azonban az eredmény ott nem volt szignifikáns. Kutatások és gyakorlati megfigyelések alapján kimutatták, hogy a tojások mérete elsősorban a takarmány metionin-, zsír- és linolsavtartalmától függ (Grobas *et al.*, 1999a; Safaa *et al.*, 2008; Pérez-Bonilla *et al.*, 2011). Azok a korábbi vizsgálatok, amelyekben az extrahált szója közel felét extrahált napraforgóval helyettesítették a tojótyúk takarmányában, magas arányú kristályos aminosav- és olaj kiegészítést igényeltek a táplálóanyag profilok kiegyensúlyozása érdekében (Karunajeewa *et al.*, 1989; Vieira *et al.*, 1992; Shi *et al.*, 2012). Jelen kísérletben az extrahált napraforgódarát 20%-ban használtuk, ami a nyersrost vonatkozásában a kontroll táphoz képest (4,57%) 9,5% nyersrostot eredményezett. A takarmány extrahált napraforgó tartalmának növelésével a receptúrában általában nő az olajkiegészítés aránya és ezzel összefüggésben a táp linolsav tartalma (Mirza *et al.*, 1992; Viera *et al.*, 1992; Laudadio *et al.*, 2014a). Jelen kísérletben az extrahált napraforgót tartalmazó tápok 3%-kal több napraforgó olajat tartalmaztak, ami táp szinten megemelte a linolsav mennyiségét. Shi *et al.* (2012) vizsgálatai során a 8, 16 és 24% fullfat napraforgót tartalmazó tápoknak mérték a linolsav tartalmát. A tápoknak a napraforgódara bekeverési mennyiségével arányosan növekedett a linolsav tartalma (1,87-2,15-2,09-2,14 %). Esetükben a kezelések nem voltak hatással a tojótyúk testtömeg-gyarapodására, tojástermelésre és takarmányértékesítésére azonban eredményünkkel ellentétben a tojástömegre és a takarmányfelvételre sem. Ehhez kapcsolódóan fontos eredmény, amit Ramos *et al.* (2009) vizsgálataik során tapasztaltak. Kimutatták, hogy a magas olajsavtartalmú napraforgóolaj esetében a palmitin-, sztearin-, linol- és olajsavtartalom 4,6%, 3,4%, 27,5% és 62,8% volt. A közönséges

napraforgóolaj esetében ezek az értékek 6,2%, 3,7%, 25,2% és 63,1% voltak. Eredményeik bizonyítják, hogy a napraforgóolaj növelheti a tápok linolsav tartalmát. Saleh *et al.* (2021a) kísérletében az ND 50 g/kg-ról 100 g/kg-ra történő emelése a tápokban nem befolyásolta a testtömeg-gyarapodást, a takarmányfelvételt és a tojástömeget sem, azonban javította a tojástermelést, a takarmányértékesítést, a törött tojások arányát, a sárgája színének pontszámát és a sárgája magasságát. Emellett az ND csökkentette a tojássárgája koleszterinszintjét, míg a tojássárgája E-vitamin-, A-vitamin-, linolsav-, linolénsav- és olajsavtartalma nőtt. Eredményeik szerint az ND 10%-os felhasználása a tojótyúk takarmányában a tojástermelési ciklus késői szakaszában javíthatja a termelési teljesítményt, a tojásmínőséget, a tojássárgája linolénsav- és olajsavtartalmát, valamint a táplálóanyagok emészthetőségét, miközben csökkenti a tojássárgája koleszterinszintjét. A linolsav tojásméretre gyakorolt hatása azonban vita tárgyát képezi. A kutatók és a gyakorlati takarmányozási szakemberek között jelentős véleménykülönbségek vannak a tojótyúk linolsav szükségletét illetően. Míg a korábbi kutatások (Safaa *et al.* 2008a, Pérez-Bonilla *et al.* 2011b, Guzmán *et al.* 2016, Grobas *et al.* 2001, 1999, Grobas, Mateos, and Mendez 1999b, Bouvarel, Nys, and Lescoat 2011) 10-11 g/kg linolsavat javasoltak a tojásméret növeléséhez a fehér és barna tollú fajtáknál, addig a fehér tollú tyúkok takarmányozására vonatkozó legújabb kereskedelmi útmutatók (Lohmann 2016) szerint a takarmány linolsav szintjét legalább 18 g/kg-ra szükséges növelni, ha a tojásméretet maximalizálni szeretnénk.

A tojások tömegének növekedése kapcsán Mateos and Sell (1980, 1981) vizsgálataik során azt az eredményt kapták, hogy a kísérleti takarmányok energiaegyenértékének fenntartása érdekében a több zsír (2,6% és 5,2%) hozzáadása az extrahált napraforgóhoz hozzáadott takarmányokhoz jelentős javulást idézett elő a tojástömeg esetén. Továbbá a tojástömeg szorosan korrelált a takarmányértékesítéssel, mivel a szójaolajjal és extrahált napraforgóval kiegészített takarmányokkal etetett tyúkoknál kevesebb takarmányra volt szükség egy kg tojástermelésre. Következésképpen megállapították, hogy a zsírpótlás javítja a takarmányok egyes nem lipid tartalmú összetevőinek hasznosítását, ezáltal növelve a metabolizálható energiát. Emellett a zsírok (Mateos and Sell, 1981; Mateos *et al.*, 1982) és a rostok (Hetland *et al.*, 2005; Mtei *et al.*, 2019) lelassítják a takarmány emésztőkészüléken való áthaladásának sebességét, ami javíthat a táplálóanyag felszívódásán a felszívó felület növelésével, ami a takarmány hatékonyabb emésztését eredményezi (Tuckey *et al.*, 1958; Mateos and Sell, 1981). Esetünkben a kontroll táp olajtartalma alacsonyabb volt, mint a kezelt csoportoké, azonban az ME tartalma megegyezett azokkal.

Köztudott, hogy a tojássárgája színe az elfogyasztott takarmány pigmenttartalmától függ (Mueller 1956). A tojássárgája jól emészthető lipidekből, koleszterinből, trigliceridekből és

foszfolipidekből álló mátrix, xantofilokat tartalmaz a mátrixban diszpergálva. Emellett tartalmaz még zsírban oldódó vitaminokat is (US Department of Agriculture 1989). Vizsgálatunk során a tojássárgája színe az első és a harmadik időpontban is különbözött. A kontroll kezelés eredményezte a legalacsonyabb pontszámokat. Ezt a főhatás eredménye is tükrözi, ahol minden kezelés pontszáma felülmúlja a kontroll csoportét. Eredményeink szerint, az idő előrehaladtával kis mértékben, de szignifikánsan fakult a sárgája színe. Ennek oka valószínűleg az lehet, hogy az életkor előrehaladtával a tyúkok pigmentbeépítő képessége is romlik. Míg a napraforgó magja főleg lipideket, fehérjéket és bioaktív vegyületeket tartalmaz, (tanninokat, szaponinokat, alkaloidokat, fenolos vegyületeket és fitoszterolokat), addig a virágok és szirmok tartalmazzák nagy mennyiségben azokat a karotinoidokat és telítetlen szénhidrogéneket, amelyek a növényekben hatékonyak szerves hidrofób pigmentként, antioxidánsként és fényvédőként működnek (Ricarte et al. 2020). Az extrahált darák a növény ezen részét nem tartalmazzák nagy mennyiségben. Ennek ellenére több vizsgálat során is kaptak olyan eredményeket, ahol az ND javította a sárgája színét (Saleh et al. 2021a). Laudadio et al. (2014) eredményei szerint a színváltozás mértéke az ND-ben található természetes pigmentek számával függhet össze. Emellett fontos lehet ebből a szempontból a tápok olajtartalma is, mivel felgyorsítja a pigment és a zsírban oldódó vitaminok felszívódását (Costa et al. 2008). Ezt támasztják alá Oliveira et al. (2016) eredményei is, akik leírták, hogy vizsgálatukban az ND-ben lévő lipidek mennyisége javította a pigmentek felszívódását, ami a sárgája színének javulását eredményezte. Vizsgálatunkban a kezelések hatására javuló pontszámokat okozhatta a tápok magasabb olajtartalma a kontroll táphoz képest.

5.3.4. A viszkozitás mérés eredményei

A jércék és tojók ileum és jejunum mintavételéből történt viszkozitás vizsgálati adatok esetében az önálló helyhatás, korcsoport hatás és kezelés hatás vizsgálat, valamint ezek interakcióinak vizsgálatai alapján megállapítható, hogy a mintavételi helyek között nem volt különbség (29. táblázat). A korcsoport hatás és a kezelés hatás esetében egyértelműen statisztikailag igazolható szignifikáns különbségek láthatóak. A tojótyúkok vékonybél tartalom viszkozitása a jércékhez képest magasabb volt ($p=0,000$). A keveréktakarmányok szójatartalmának csökkentésével és azt 20% ND-vel történt kiegészítés hatására a vékonybél viszkozitása 29,8%-kal, az ezen felüli NSP kiegészítés hatására pedig 23,2%-kal csökkent ($p=0,000$). A P, NP és F kezelés eredménye nem különbözött a C kezeléstől.

A viszkozitás a folyékony anyag belső ellenállása. A baromfitakarmányozásban számos tanulmány negatív összefüggést mutatott ki a nem-keményítő poliszacharidok (NSP), az energia és a táplálóanyagok emészthetősége között, ami azok antinutritív hatását bizonyítja (Ward 1996). Az NSP anyagok gélképző hatásúak a béltraktusban, amelyek oldható frakciója jelentősen növelheti a béltartalom viszkozitását (Zarghi 2018). Ez a táplálóanyagok és ásványi anyagok (különösen Na, P, Ca) emészthetőségének romlását, az emésztőenzimek számára való hozzáférhetőségüket, valamint a táplálóanyagok diffúziójának és a bélfal felé történő mozgásának mechanikai akadályozását eredményezi. Ez kisebb súlygyarapodást, tojástermelést és egyéb anyagcserezavarokat eredményezhet (Tellez et al. 2014, Novotný et al. 2023). Az NSP-k fő poliszacharidjai a cellulóz, pektinek, β -glükánok, pentozánok és xilánok. Ezek egyike sem hidrolizálható a nem kérődző állatok endogén enzimjeivel. Általános egyetértés van abban, hogy a táplálékkal bevitt NSP nagy része csaknem érintetlenül hagyja el a vékonybelet, és a kommenzális mikroflóra a vastagbélben (vakbélben és vastagbélben) fermentálja. A növények általában mind az oldható, mind az oldhatatlan NSP keverékét tartalmazzák, arányuk az érés típusától és stádiumától függően változik (Montagne, Pluske, and Hampson 2003).

A kezelés hatás vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy a kontroll csoportszignifikánsan különbözött az ND és az NSP kezelésektől. Továbbá az F kezelésnél is igazolhatóan magasabb viszkozitási értékeket rögzítettünk, mint az ND kezelésnél ($p=0,000$). A kísérletünkben a legalacsonyabb viszkozitás értékeket az ND kezelés esetén kaptuk, ez a kezelés 20% extrahált napraforgódarát tartalmazott. Az NSP, P és NP kezelés viszkozitás értékei nem különböztek az ND kezeléstől, csak a K és F kezelések között volt szignifikáns eltérés. Feltételezhető, hogy a takarmány-összetétel különbsége legalább részben okozhatta ezt az eltérést, mivel a K kezelés tojótúkok esetén 10%-kal több búzát tartalmazott, ami a benne lévő oldható arabinoxilán miatt xilanáz enzimkiegészítés nélkül megnövelheti a béltartalom viszkozitását (Smits and Annison 1996, Choct and Annison 1992, Parsaie et al. 2007). Az F kezelés magasabb viszkozitás értékeit pedig az okozhatta, hogy a fitáz enzim nem csupán a fitinsavakat bontja, hanem a fitátokkal kötésben lévő fehérjéket, keményítőt és rostokat is. Ennek során a mirigyes és zúzó gyomorban a savas pH viszonyok között megemelkedhet a szabaddá váló oldható rostok aránya. Az NSP, P és NP kezelések nem befolyásolták a napraforgót tartalmazó tápok etetését követően mért viszkozitás értékeket. Ennek oka, hogy a napraforgó rostösszetétele nagyon változatos és relatíve kevesebbet tartalmaz az oldható béta-glükánból, arabinoxilánból, amelyek bontására a kísérletünkben szereplő exogén enzimeket kifejlesztették (Choct 2006).

A korhatás vizsgálata során egyértelműen megállapítható, hogy a tyúkok esetében mértük a szignifikánsan magasabb viszkozitási értékeket. Ennek oka vélhetően a korrall összefüggő bél mikrobióta összetételi különbségek is lehetnek. Bedford et al. (2018) kutatásában azt a kérdést veti fel, hogy a viszkozitás nem egyszerűen a takarmány táplálóanyag-tartalmától függ, hanem a takarmány és a mikrobiom kölcsönhatásától is. Minden olyan beavatkozás, amely megváltoztatja az oldhatatlan NSP-ből viszkózus anyag előállításáért felelős mikrobiomot és/vagy csökkenti az oldható, viszkózus NSP mennyiségét, megváltoztatja a viszkozitást, és ezáltal az állat teljesítményére gyakorolt hatást. Fischer (2003) brojlersírkéssel végzett kutatása során leírta, hogy a béltartalom viszkozitása az életkor előrehaladtával 21–28 napos korig nő, majd ezt követően jelentősen csökken. A nem fermentálható szénhidrát etetése valószínűleg nem eredményez ilyen korfüggő viszkozitáscsökkenést, és így a negatív hatások az alkalmazkodó életkoron túl is fennmaradnak (Smits et al. 1997). Az előzőleg leírt korcsoportokhoz képest az általunk vizsgált állományok kora 10 és 50 hét volt. A magasabb viszkozitás értékeket pedig az idősebb 50 hetes madarak esetében kaptuk. A tojótyúk bél mikrobióta közösségének felépítését számos tényező befolyásolja, például az állomány kora, a termelési rendszer, a betegségek, a takarmányozás, továbbá az esetleges gyógyszeres, antibiotikum kezelések (Kers et al. 2018). Azonban nehéz megállapításokat tenni róla, mivel sokkal kevesebb tanulmány áll rendelkezésre ennek alakulásáról a korrall összefüggésben, mint brojlersírkénél. Az életkor csökkentheti a bél permeabilitását és alacsonyabb emésztőenzim-aktivitáshoz és táplálóanyag-retencióhoz vezethet, valamint negatívan befolyásolhatja a tojásmínőséget a tojócsúcsot követően (Gu et al. 2021). Emiatt a 70 hetesnél idősebb tojótyúkoknál alacsonyabb a tojástermelés és gyengébb a tojás minősége (Rattanawut, Pimpa, and Yamauchi 2018, Molnár et al. 2017). Kutatások eredményei szerint ennek oka főként a gyengülő antioxidáns kapacitás és immunrendszer, ennek tulajdonítható az idős tojótyúkok gyengébb termelési teljesítménye (Holmes et al. 2003, Wan et al. 2017, Claudio et al. 2000). A stressz tovább csökkenti a takarmányozás hatékonyságát, immunszuppressziót, a bél mikrobióta diszfunkcióját okozva (Zhu et al. 2019). Az idős tyúkok nem tudnak alkalmazkodni a külső kihívásokhoz, így elmaradnak potenciális termelési kapacitásuktól (Gan et al. 2020). A kísérletünkben alkalmazott állomány, még csúcstermelésben lévő, 50 hetes állomány volt, amelynél a szignifikáns különbséget főként a kontroll, enzim nélkül etetett, magasabb búza tartalmú táp okozta. Esetünkben a bél mikrobiom kevésbé tudta támogatni a több könnyen oldódó szénhidrát feldolgozását. Kutatások szerint a tojótyúkok bél mikrobiotájának túlnyomó részét termelési csúcsidőszakban (30–50 hét) főként a *Bacteroidetes* (47,5–62,0%), a *Firmicutes* (30,8–60,4%), a *Proteobacteria* (2,0–10,0%) és a *Fusobacteria* (2,0–5,0%) alkotják (Dai 2020, Dai et al. 2022). A *Bacteroidetes* relatív abundanciája a korai tojásrakási időszakról növekszik, a

Firmicutes relatív abundanciája viszont csökken, amíg a termelési csúcsideőszakban el nem éri az egyensúlyt. A késői fázisban a *Bacteroidetes* relatív abundanciája meghaladja a *Firmicutes*-ét (Dai et al. 2022). Ez azért lényeges viszkozitás szempontjából, mivel a *Bacteroidetes* a tojó számára is energiát adhat azáltal, hogy komplex poliszacharidokat használ propion- és vajsavak előállítására (Gibiino et al. 2018). Kutatásunk során mikrobiom vizsgálatot nem végeztünk, ezért nem tudjuk igazolni a kevesebb poliszacharid bontó baktérium jelenlétét, az azonban kutatások során alátámasztásra került, hogy a *Bacteroidetes* törzs aránya egyedenként és állományonként nagy mértékben változik (Molnár et al. 2020).

A táblázatban található és bemutatott különböző hatások interakciójában egyedülként a korcsoport x kezelés esetében tapasztaltunk statisztikailag igazolható szignifikáns különbséget. Ennek oka, hogy a kontroll csoport magasabb búzatartalma hatására a magasabb arabinoxilán tartalom a tojó állatoknál idősebb korban okozott magasabb viszkozitást, fiatal jérce korban ez a különbség nem volt markánsan tapasztalható. A korcsoportok közötti viszkozitás különbségeket a két állomány eltérő takarmányfogyasztása és ezzel összefüggésben a bélbe jutó viszkózus anyagok mennyisége is okozhatta.

29. táblázat A takarmánykezelések és az életkor hatása a Tetra SL jércék és tojótyúkok vékonybél viszkozitására

Jejunum				Ileum			
(mPas)							
jérce		tojó		jérce		tojó	
K	3,800	K	5,043	K	3,991	K	5,127
ND	3,100	ND	4,228	ND	3,144	ND	3,484
NSP	3,587	NSP	3,633	NSP	3,462	NSP	3,849
P	3,805	P	3,608	P	4,250	P	3,511
NP	3,458	NP	4,308	NP	3,805	NP	4,213
F	4,070	F	4,493	F	3,934	F	5,005
Mintavétel helye							
Jejunum						3,949	
Ileum						3,965	
Korhatás							
Jérce						3,721 ^b	
Tojó						4,181 ^a	
Kezeléshatás							
K						4,492 ^a	
ND						3,461 ^c	
NSP						3,647 ^{bc}	
P						3,803 ^{abc}	
NP						3,991 ^{abc}	
F						4,307 ^{ab}	
Átlag szórása						0,987	
p-érték							
Mintavételi hely						0,702	
Korcsoport						0,000	
Kezelés						0,000	
Mintavételi hely * Korcsoport						0,598	
Mintavételi hely * Kezelés						0,881	
Korcsoport * Kezelés						0,012	
Mintavételi hely * Korcsoport * Kezelés						0,688	

^{a, b} Az eltérő betűvel jelzett értékek szignifikáns különbséget jelölnek. A szignifikáns értékek félkövér betűvel vannak szedve. (K) kontroll táp; (ND) 16 és 20% napraforgót tartalmazó táp; (NSP) 16 és 20% napraforgó + NSP bontó enzim kiegészítés; (P) 16 és 20% napraforgó + proteáz kiegészítés; (NSP+P) 16 és 20% napraforgó + NSP bontó enzim + proteáz enzim; (F) 16 és 20% napraforgó extra fitáz kiegészítéssel;

6. Következtetések és javaslatok

Az extrahált napraforgódara az extrahált szójadara lokálisan könnyen elérhető alternatívája számos országban. Kutatásaink során megállapítottuk, hogy az extrahált napraforgódara táplálóanyag tartalmának NIR készülékekkel történő becslése megfelelő pontosságú, a kapott korrelációs együtthatók a nyerszsír és a bruttó energia kivételével valamennyi táplálóanyag kategóriánál és az aminosavaknál is magasak voltak. A napraforgódara fehérje aminosav összetétele viszont nem konstans. Az esszenciális aminosavak közül a lizin és a treonin aránya nem változik. A fehérje metionin és hisztidin aránya nő, míg a többi esszenciális aminosav aránya csökken a napraforgódara fehérjetartalmának növekedésekor. Ennek gyakorlati jelentősége abban van, hogy a takarmány alapanyagok aminosavtartalmát általában a nyersfehérjetartalom alapján számítják regressziós egyenletekkel.

Az emésztési kísérlet eredményei alapján a jércék és a tojótyúkok tolerálják a napraforgódara magasabb rostját. Még a 30%-os bekeverése sem befolyásolja negatívan a takarmánykeverékek aminosav-emészthetőségét. Fiatal jércék esetében több aminosav emészthetősége is növekedett a napraforgó etetés hatására, amit valószínűleg a napraforgó strukturális rostjainak zúzóműködést stimuláló hatásával lehet magyarázni. Ez a hatás nem volt kimutatható a tojótyúkoknál. Eredményünk felhívja a figyelmet az életkor és a fajspecifikus aminosav emésztési együtthatók fontosságára a rostosabb takarmányok esetében. A napraforgódara aminosavainak mért és táblázatokban publikált emésztési együtthatói között eltéréseket tapasztaltunk. Ennek oka elsősorban az emészthetőség-meghatározás állatmodelljei közötti eltérés. Figyelemreméltó, szignifikáns különbséget tapasztaltunk a jércék és a tyúkok aminosav emésztő képességében. Ennek figyelembevétele gyakorlati szempontból úgyszintén fontos lenne. A napraforgódarát tartalmazó tápok etetésekor a jércéknél és a tyúkoknál is a fitáz javította legnagyobb mértékben az aminosavak emészthetőségét.

A második állatkísérletünk eredményeiből levonhatjuk azt a következtetést, hogy megfelelő energia és aminosav kiegészítés mellett az extrahált napraforgódara 20%-os arányban biztonságosan felhasználható mind a jércék, mind a tyúkok takarmányozásában. Ez a bekeverési arány nem módosítja sem a jércék növekedését, sem a tyúkok tojástermelését. A napraforgó etetése növelte a tojástömeget és a sárgája színárnyalatát is fokozta. A napraforgó tartalmú tápok extra fitázzal, NSP-bontó enzimekkel vagy proteázzal történő kiegészítése nincs hatással a termelési eredményekre. A napraforgódara etetése a várakozásainkkal ellentétben nem növelte, hanem

csökkentette a vékonybél tartalom viszkozitását. A viszkozitást az exogén enzimek közül a fitáz növelte, de a többi exogén enzim nem befolyásolta. A különböző enzimkészítmények hatékonysága a fentiek miatt a napraforgó etetésekor csupán limitált.

7. Új tudományos eredmények

1. Az extrahált napraforgódara fehérjetartalmának változása nem befolyásolja a fehérje lizin és treonin szintjét. A fehérje metionin és hisztidin tartalma ugyanakkor nő, a többi esszenciális aminosavé pedig csökken, ha a napraforgódara fehérjetartalma nő.
2. Jércetápok 10-20-30%-ban történő napraforgódara kiegészítése javítja a tápok treonin, valin, lizin és arginin emészthetőségét, rontja viszont a leucin felszívódását. Tojóttyúkknál a napraforgódara hatása kis mértékű, csupán az izoleucin emészthetőségére volt hatással a napraforgódara etetése.
3. Az extrahált napraforgódara aminosavainak mért és táblázatokban található emészthetőségi értékeit összehasonlítva megállapítható, hogy az általunk mért értékek általában kisebbek. A jércékkel meghatározott emésztési együtthatók valamennyi összehasonlításban szignifikánsan kisebbek voltak.
4. Az extrahált napraforgódarát tartalmazó jérce és tojótápok esetében az extra fitáz-kiegészítés okozza a legnagyobb javulást az aminosavak emészthetőségében.
5. A 20% napraforgódarát tartalmazó tojótáp etetésekor nő a tojástömeg és a sárgája szintónusa.
6. A 20% napraforgódara etetésekor jércékben és tyúkokban is csökken a vékonybél tartalom viszkozitása. A tyúkok éhbél és csípőbél tartalmának viszkozitás értékei szignifikánsan magasabbak, mint a jércéké. A napraforgó tartalmú tápok extra fitáz kiegészítése növeli a béltartalom viszkozitását.

8. Összefoglalás

A jelen doktori munka keretében az extrahált napraforgódara (ND) takarmányértékét és etethetőségét vizsgáltuk NIR készülékkel, laboratóriumi módszerekkel, továbbá jércékkel valamint tojótyúkokkal végzett állatkísérletekkel. A begyűjtött 20 napraforgó minta összetételét vizsgálva megállapíthatjuk, hogy azokban a nyerszsírnak és az egyes rostfrakcióknak volt a legnagyobb a szórása. A NIR készülékre alapozott becslés pontosnak bizonyult a weendei kategóriákra és az aminosavakra vonatkozóan egyaránt. Minden esetben szignifikáns korrelációt kaptunk magas korrelációs együtthatókkal. A napraforgódara fehérje aminosav összetétele annak lizin és treonin tartalma nem változott, a metionin és a hisztidin szintje növekedett, az összes többi esszenciális aminosav mennyisége pedig csökkent, amikor az ND fehérje tartalma nőtt.

Egy emésztési kísérletben 10 hetes jércéket és 50 hetes tojótyúkokat etettünk 10-20 és 30% napraforgódaránál tartalmazó tápokkal. A napraforgót ezúttal kukoricakeményítő helyett illesztettük be a receptúrákba. Meglepetésre a napraforgódara szignifikánsan javította a tápok lizin, treonin, valin és arginin tartalmának emészthetőségét, csupán a leucin emészthetősége csökkent a napraforgó etetésekor. A napraforgódarára vonatkozó aminosav emésztési együtthatókat is meghatároztuk. A lineáris regressziós módszer során a naponta elfogyasztott és a naponta ileálisan felszívódott aminosavak mennyiségét hasonlítottuk össze. A miért aminosav emésztési együtthatók szignifikánsan nagyobbak voltak a tojótyúkoknál, mint a jércéknél. A mért értékek általában alacsonyabbak voltak a különböző takarmányozási táblázatokban (CVB, NRC, EVONIK) találhatóéhoz képest. Ennek oka valószínűleg az állatkísérleti metodikákban lévő különbség.

Harmadik kísérletünkben a jércék növekedését és a tyúkok tojástermelését vizsgáltuk 6 héten keresztül. Ebben a kísérletben különböző exogén enzimek (extra fitáz; NSP bontók; proteáz) és ezek kombinációinak (NSP bontó + proteáz) hatását is vizsgáltuk. A kísérletben különböző tojás minőségi paramétereket is mértünk. A kontrol táp mellett a napraforgó darát ezúttal 20%-ban etettük. A napraforgót tartalmazó tápok etetése nem befolyásolta a jércék súlygyarapodását és a tyúkok tojástermelését. Néhány tojásmínőségi paraméterben azonban voltak különbségek. A napraforgódara etetésekor szignifikánsan nőtt a tojások tömege és a tojássárgája színértéke a kontrollhoz képest. A kísérlet végén az állatok levágását követően ebben a kísérletben is meghatároztuk az aminosavak ileális emészthetőségét, továbbá a vékonybél tartalom viszkozitását.

Az enzim kezelések közül csupán az extra fitáz javította az aminosavak emészthetőségét a jércéknél és tojótyúkoknál egyaránt. Hasonlóan a korábbi emésztési kísérlet eredményeihez az aminosavak felszívódása ezúttal is jobb volt a tyúkoknál. A várakozásokkal ellentétben a napraforgódara etetése csökkentette a vékonybél tartalom viszkozitását, az extradózis fitáz azonban megnövelte a viszkozitási értékeket. Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a napraforgódara nem tartalmaz olyan nagy molekulatömegű oldható rost frakciókat, amelyek negatívan befolyásolnák a madarak emésztését, vagy növelnék a béltartalom viszkozitását.

.

9. Summary

In the frame of this PhD work the nutritive value and the potentials of feeding extracted sunflower meal (SFM) was evaluated by NIR analysis, wet chemistry and animal experiments with layer type pullets and laying hens. Comparing the nutrient composition of 20 different SFM samples, the highest variance was found in their crude fat and fibre fractions. The NIR prediction is accurate enough for the evaluation the proximates and amino acids. In all cases significant correlation was found with high correlation coefficients. The amino acid (AA) composition of SFM protein was not constant. The lysine and threonine contents of the protein were not changed, the ratio of methionine and histidine increased, while all the other essential amino acids decreased if the protein content of SFM increased.

In the digestibility trials with 10-week-old pullets and 50-week-old laying hens SFM was fed at 10, 20 and 30 on the expense of corn starch. Surprisingly, feeding SFM improved the digestibility of lysine, threonine, valine, and arginine significantly. Only the digestion of leucin impaired due to SFM feeding. The amino acid digestibility coefficients of SFM were also calculated by the linear regression method when the relationship between the consumed and ileal absorbed amino acids were analysed. The measured AA digestibility values were significantly higher in laying hens compared with pullets. The measured values were lower than those published in the different international databases (CVB, NRC, EVONIK). The reason for it was at least partly the differences in the methodologies, used for the digestibility trials.

In the third trial the growth rate of pullets and the egg production of laying hens were investigated during 6-week-long trials. In this experiment different exogenous enzymes (extra phytase, NSPase, protease) and their combinations (NSPase + protease) were also used, and the different egg quality parameters also measured. The SFM was fed in this case at 20%. Feeding the SFM containing diets did not affect the growth of pullets and the egg production of laying hens. However, some of the egg quality parameters changed significantly. The SFM diets significantly increased the egg weight and the egg yolk colour score, compared with the control. At the end of this trial the birds were slaughtered, and the ileal digestibility of AAs and the viscosity of the jejunum and ileum contents determined. Only the extra phytase treatment increased significantly the AA digestibility in both pullets and laying hens. In this case, similarly to the previous digestibility trial, the AA absorption rate in pullets was significantly lower compared with the hens. Surprisingly, SFM decreased the viscosity of the small intestine contents compared with the control treatment. However, extra phytase increased the viscosity values. It seems, that SFM do not contain such

high molecular weight soluble fibre fractions that can affect the digestion and the gut viscosity values.

10. Mellékletek

M1. Irodalomjegyzék

- Abbas, W., Khan, S.H., and Sarwar, M. (1998) 'Sunflower Oil Meal as a Substitute for Soybean Meal in Broiler Ration with or without Multi-Enzyme (K Enzyme)'. *Pakistan Veterinary Journal* 18 (3), 124–129
- Abdallah, A.G. and Beshara, M.M. (2015) 'Effect of Different Levels and Sources of Dietary Fibre on Productive and Economic Performance in Local Laying Hens during Growing Period and Subsequent Laying Performance'. *Egyptian Poultry Science Journal* 35, 367–398
- Abebe, F., Mulatu, H., and Kelemework, S. (2023) 'Review of Factors Affecting Egg Quality and Its Effect'. *Journal of Animal Health* 3 (2), 17–32
- Adeola, O. and Cowieson, A.J. (2011) 'Board-Invited Review: Opportunities and Challenges in Using Exogenous Enzymes to Improve Nonruminant Animal Production'. *Journal of Animal Science* 89 (10), 3189–3218
- AKI (2023) *Statisztikai Jelentések, Takarmánygyártás 2022.Év.*
- Alagawany, M., Attia, A.I., Ibrahim, Z.A., Mahmoud, R.A., and El-Sayed, S.A. (2017) 'The Effectiveness of Dietary Sunflower Meal and Exogenous Enzyme on Growth, Digestive Enzymes, Carcass Traits, and Blood Chemistry of Broilers'. *Environmental Science and Pollution Research International* [online] 24 (13), 12319–12327. available from <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28357795/>> [28 November 2023]
- Alagawany, M., Elnesr, S.S., and Farag, M.R. (2018) 'The Role of Exogenous Enzymes in Promoting Growth and Improving Nutrient Digestibility in Poultry.' *Iranian Journal of Veterinary Research* 19 (3), 157–164
- Alagawany, M., Farag, M.R., El-Hack, M.E.A., and Dhama, K. (2015) 'The Practical Application of Sunflower Meal in Poultry Nutrition'. *Advances in Animal and Veterinary Sciences* 3 (12), 634–648
- Alencar, A.V.O., Gomes, T.R., Nascimento, G.A.J., Freitas, E.R., Watanabe, P.H., and Nepomuceno, R.C. (2022) 'Performance of Brown-Egg Laying Pullets Fed Diets with Sunflower Meal and Enzyme Complexes'. *Livestock Science* 255, 104776

- Alencar, A.V.O., Nascimento, G.A.J. do, Freitas, E.R., Souza, D.H., Costa, M.K. de O., and Rocha, A.K.S. (2019a) 'Performance of Lightweight Replacement Pullets Fed Rations with Sunflower Cake and the Addition of Enzymes'. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 54
- Alencar, A.V.O., Nascimento, G.A.J. do, Freitas, E.R., Souza, D.H., Costa, M.K. de O., and Rocha, A.K.S. (2019b) 'Performance of Lightweight Replacement Pullets Fed Rations with Sunflower Cake and the Addition of Enzymes'. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 54
- Alewi, M., Melesse, A., and Teklegiorgis, Y. (2012) 'Crossbreeding Effect on Egg Quality Traits of Local Chickens and Their F1 Crosses with Rhode Island Red and Fayoumi Chicken Breeds under Farmers' Management Conditions'. *Journal of Animal Science* 2 (8), 697–705
- Alexander, J.C. and Hill, D.C. (1952) 'The Effect of Heat on the Lysine and Methionine in Sunflower Seed Oil Meal'. *The Journal of Nutrition* 48 (2), 149–159
- Alves, A., Bassot, A., Bulteau, A.-L., Pirola, L., and Morio, B. (2019) 'Glycine Metabolism and Its Alterations in Obesity and Metabolic Diseases'. *Nutrients* 11 (6), 1356
- Amerah, A.M., Van de Belt, K., and Van Der Klis, J.D. (2015) 'Effect of Different Levels of Rapeseed Meal and Sunflower Meal and Enzyme Combination on the Performance, Digesta Viscosity and Carcass Traits of Broiler Chickens Fed Wheat-Based Diets'. *Animal* 9 (7), 1131–1137
- Áprily, S., Matics, Z., Sütő, Z., and Szász, S. (2020) *Tanulmányok Az Európai Unióban a Ketreces Tartás Jövőbeni Betiltásának Várható Következményeiről a Magyar Állati Termék-Előállításra*. ed. by Sütő, Z. Kaposvár: Kaposvári Egyetem, Agrár és Környezettudományi Kar
- Arija, I., Brenes, A., Viveros, A., and Elices, R. (1998) 'Effects of Inclusion of Full-Fat Sunflower Kernels and Hulls in Diets for Growing Broiler Chickens'. *Animal Feed Science and Technology* 70 (1–2), 137–149
- Attia, G., Hassanein, E., El-Eraky, W., and El-Gamal, M. (2016) 'Effect of Dietary Inclusion of Sunflower Meal on Performance, Carcass Traits, Litter Moisture and Economic Efficiency of Broiler Chickens'. *Zagazig Veterinary Journal* 44 (3), 234–243
- Attia, Y.A., Al-Harhi, M.A., and El-Deek, A.A. (2003) 'Nutritive Value of Unhulled Sunflower Meal as Affected by Multienzyme Supplementation to Broiler Diets.' *Archiv Für Geflügelkunde* 67 (3), 97–106

- Attia, Y.A., Burke, W.H., and Yamani, K.A. (1994) 'Response of Broiler Breeder Hens to Forced Molting by Hormonal and Dietary Manipulations'. *Poultry Science* 73 (2), 245–258
- Attia, Y.A., Hussein, A.S., Tag El-Din, A.E., Qota, E.M., Abed El-Ghany, A.I., and El-Sudany, A.M. (2009) 'Improving Productive and Reproductive Performance of Dual-Purpose Crossbred Hens in the Tropics by Lecithin Supplementation'. *Tropical Animal Health and Production* 41 (4), 461–475
- Azizi, M., Seidavi, A.R., Ragni, M., Laudadio, V., and Tufarelli, V. (2018) 'Practical Applications of Agricultural Wastes in Poultry Feeding in Mediterranean and Middle East Regions. Part 1: Citrus, Grape, Pomegranate and Apple Wastes'. *World's Poultry Science Journal* 74 (3), 489–498
- Baghban-Kanani, P., Hosseintabar-Ghasemabad, B., Azimi-Youvalari, S., Seidavi, A., Ayaşan, T., Laudadio, V., and Tufarelli, V. (2018) 'Effect of Different Levels of Sunflower Meal and Multi-Enzyme Complex on Performance, Biochemical Parameters and Antioxidant Status of Laying Hens'. *South African Journal of Animal Science* 48 (2), 390
- Bázár, Gy., Tóth, T., Romvári, R., and Kovács, Z. (2018) 'Néhány Gondolat a Gyorsvizsgálati NIR Technika Mezőgazdasági Alkalmazásairól'. *Agro Napló* 4, 1–4
- Beć, K.B., Grabska, J., Siesler, H.W., and Huck, C.W. (2020) 'Handheld Near-Infrared Spectrometers: Where Are We Heading?' *NIR News* 31 (3–4), 28–35
- Bedford, M.R. (2018) 'The Evolution and Application of Enzymes in the Animal Feed Industry: The Role of Data Interpretation'. *British Poultry Science* [online] 59 (5), 486–493. available from <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29877713/>> [27 October 2021]
- Bekele, F., Gjøen, H.M., Kathle, J., Ådnøy, T., and Abebe, G. (2009) 'Genotype X Environment Interaction in Two Breeds of Chickens Kept under Two Management Systems in Southern Ethiopia'. *Tropical Animal Health and Production* 41 (7), 1101–1114
- Berardo, N., Pisacane, V., Battilani, P., Scandolara, A., Pietri, A., and Marocco, A. (2005) 'Rapid Detection of Kernel Rots and Mycotoxins in Maize by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy'. *J. Agr. Food Chem.* 53, 8128–8134
- Bilal, M., Mirza, M.A., Kaleem, M., Saeed, M., Reyad- ul-ferdous, Md., and Abd El-Hack, M.E. (2017) 'Significant Effect of NSP-ase Enzyme Supplementation in Sunflower Meal-based

- Diet on the Growth and Nutrient Digestibility in Broilers'. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 101 (2), 222–228
- Blanco, M., Coello, J., Iturriaga, H., Maspoch, S., and Bertran, E. (1994) 'Analysis of Cotton-Polyester Yarns by near-Infrared Reflectance Spectroscopy'. *Analyst* 119, 1779–1785
- Blanco, M., Coello, J., Iturriaga, H., Maspoch, S., and de la Pezuela, C. (1998) 'Near-Infrared Spectroscopy in the Pharmaceutical Industry'. *Analyst* 123, 135–150
- Blok, M.C. and Dekker, R.A. (2017) *Table 'Standardized Ileal Digestibility of Amino Acids in Feedstuffs for Poultry'*. Wageningen
- Bouvarel, I., Nys, Y., and Lescoat, P. (2011) 'Hen Nutrition for Sustained Egg Quality'. in *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products*. Elsevier, 261–299
- Brandt, A.W., Norris, K.H., and Chin, G. (1953) 'A Spectrophotometric Method for Detecting Blood in White- Shell Eggs.' *Poultry Science* 32, 357–363
- Braz, N. de M., Freitas, E.R., Bezerra, R.M., Cruz, C.E.B., Farias, N.N.P., Silva, N.M. da, Sá, N.L., and Xavier, R.P. de S. (2011) 'Fibra Na Ração de Crescimento e Seus Efeitos No Desempenho de Poedeiras Nas Fases de Crescimento e Postura'. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40 (12), 2744–2753
- Casartelli, E., Filardi, R., and Junqueira, O. (2006) 'Sunflower Meal in Commercial Layer Diets Formulated on Total and Digestible Amino Acids Basis'. *Brazilian Journal of Poultry Science* 8, 167–171
- Casartelli, E., Filardi, R., Junqueira, O., Laurentiz, A., Assuena, V., and Duarte, K. (2006) 'Sunflower Meal in Commercial Layer Diets Formulated on Total and Digestible Amino Acids Basis'. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 8 (3), 167–171
- Chen, Xiaochen, Ma, W., Hu, N., Yan, Y., Zhu, Y., Wang, Z., Jiao, G., and Chen, Xiaoyu (2021) 'Effects of Alkaline Protease on the Production Performance, Egg Quality, and Cecal Microbiota of Hens during Late Laying Period'. *Animal Science Journal* 92 (1)
- Cheva-Isarakul, B. and Tangtaweewipat, S. (1991) 'Effect of Different Levels of Sunflower Seed in Broiler Rations'. *Poultry Science* 70, 2284–2294
- Cho, K.C. and White, P.J. (1993) 'Enzymatic Analysis of B-Glucan Content in Different Oat Genotypes.' *Cereal Chem* 70 (5), 539–542

- Choct, M. (2006) 'Enzymes for the Feed Industry: Past, Present and Future'. *World's Poultry Science Journal* 62 (1), 5–16
- Choct, M. and Annison, G. (1992) 'Anti-nutritive Effect of Wheat Pentosans in Broiler Chickens: Roles of Viscosity and Gut Microflora'. *British Poultry Science* 33 (4), 821–834
- Ciurescu, G., Vasilachi, A., Grigore, D., and Grosu, H. (2019) 'Growth Performance, Carcass Traits, and Blood Biochemistry of Broiler Chicks Fed with Low-Fibre Sunflower Meal and Phytase'. *South African Journal of Animal Science* 49 (4), 735
- Clandinin, D.R. and Robblee, A.R. (1950) 'The Effect of Methods of Processing on the Nutritive Value of Sunflower Meal'. *Poultry Science* 29 (5), 746–789
- Claudio, F., Bonafé, M., Valensin, S., Olivieri, F., De Luca, M., Ottaviani, E., and De Benedictis, G. (2000) 'Inflamm-aging: An Evolutionary Perspective on Immunosenescence'. *Annals of the New York Academy of Sciences* 908 (1), 244–254
- Costa, F.G.P., Souza, C.J. de, Goulart, C. de C., Lima Neto, R. da C., Costa, J.S. da, and Pereira, W.E. (2008) 'Desempenho e Qualidade Dos Ovos de Poedeiras Semipesadas Alimentadas Com Dietas Contendo Óleos de Soja e Canola'. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37 (8), 1412–1418
- Coutts, J.A. and Wilson, G.C. (2007) *Optimum Egg Quality: A Practical Approach*. 5M Publishing
- Coutts, J.A. and Wilson, G.C. (1990) *Egg Quality Handbook*. Australia: Queensland Department of Primary Industries
- Csorbai Attila, Fodor Zoltán, Kristóf Beáta, Látits Miklós, and Molnár Györgyi (2023) 'A Magyar Baromfiágazat 2023.Évének Első Negyedéve'. *Baromfiágazat* 2
- Dai, D., Qi, G. hai, Wang, J., Zhang, H. jun, Qiu, K., and Wu, S. geng (2022) 'Intestinal Microbiota of Layer Hens and Its Association with Egg Quality and Safety'. *Poultry Science* 101 (9), 102008
- Dai, D.Y. (2020) 'Rethinking Human Potential From a Talent Development Perspective*'. *Journal for the Education of the Gifted* 43 (1), 19–37.
- Deaton, J.W., McNaughton, J.L., and Burdick, D. (1979a) 'High-fibre Sunflower Meal as a Replacement for Soyabean Meal in Layer Diets'. *British Poultry Science* 20 (2), 159–162

- Desbruslais, A., Wealleans, A., Gonzalez-Sanchez, D., and di Benedetto, M. (2021) 'Dietary Fibre in Laying Hens: A Review of Effects on Performance, Gut Health and Feather Pecking'. *World's Poultry Science Journal* [online] 77 (4), 797–823. available from <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00439339.2021.1960236>> [28 November 2023]
- Dickens, J.E. (2010) 'Overview of Process Analysis and PAT'. in *Process Analytical Technology*. Wiley, 1–15
- Düsterhöft, E., Posthumus, M.A., and Voragen, A.G.J. (1992) 'Non-starch Polysaccharides from Sunflower (*Helianthus Annuus*) Meal and Palm-kernel (*Elaeis Guineensis*) Meal—Investigation of the Structure of Major Polysaccharides'. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 59 (2), 151–160
- European Commission, D.-G. for A. and R.D., Peyraud, J., and MacLeod, M. (2020) *Future of EU Livestock – How to Contribute to a Sustainable Agricultural Sector ? – Final Report*.
- Evonik Nutrition and Care Ltd. (2017) *European Raw Material Crop Report*.
- FAO (2020) *Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets: June 2020*. Rome
- Fischer, E.N. (2003) *Interrelationship of Diet Fibre and Endoxylanase with Bacteria in the Chicken Gut*. Saskatoon: University of Saskatchewan
- Fisher C. and McNab, J.M. (1987) 'Techniques for Determining the Metabolizable Energy (ME) Content of Poultry Feeds'. in *Recent Advances in Animal Nutrition*. ed. by Haresign, W. and Cole, J.A.D. Butterworths, London, 3–18
- Florou-Paneri, P., Efterpi, C., Ilias, G., Eleftherios, B., Ioannis, S., Anastasios, T., Athina, T., and Jian, P. (2014) 'Alternative Protein Sources to Soybean Meal in Pig Diets'. *Journal of Food Agriculture & Environment* 12, 655–660
- Foley, J., Barbi, A., Eden, E., Jerred, M., Giri, A., and DeMatteo, J. (2010) 'Precision Animal Nutrition: The Role of Portable NIR on the Farm'. in *The First North American Conference on Precision Dairy Management*. held 2010. 1–7
- Fu, Z., Su, G., Yang, H., Sun, Q., Zhong, T., and Wang, Z. (2021) 'Effects of Dietary Rapeseed Meal on Growth Performance, Carcass Traits, Serum Parameters, and Intestinal Development of Geese'. *Animals* 11 (6), 1488

- Gan, L., Zhao, Y., Mahmood, T., and Guo, Y. (2020) 'Effects of Dietary Vitamins Supplementation Level on the Production Performance and Intestinal Microbiota of Aged Laying Hens'. *Poultry Science* 99 (7), 3594–3605
- García-Moreno, M.J., Fernández-Martínez, J.M., Velasco, L., and Pérez-Vich, B. (2012) 'Genetic Basis of Unstable Expression of High Gamma-Tocopherol Content in Sunflower Seeds'. *BMC Plant Biology* 12 (1), 71
- Georgieva, V., Chobanova, S., Todorov, N., and Pavlov, D. (2014) 'Effect of Dietary Crude Fiber on Endogenous Dry Matter and Nitrogen Excretion in Cockerels'. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 20 (4), 903
- Gibiino, G., Lopetuso, L.R., Scaldaferri, F., Rizzatti, G., Binda, C., and Gasbarrini, A. (2018) 'Exploring Bacteroidetes: Metabolic Key Points and Immunological Tricks of Our Gut Commensals'. *Digestive and Liver Disease* 50 (7), 635–639
- Givens, D.I., De Boever, J.L., and Deaville, E.R. (1997) 'The Principles, Practices and Some Future Applications of near Infrared Spectroscopy for Predicting the Nutritive Value of Foods for Animals and Humans'. *Nutrition Research Reviews* 10 (1), 83–114
- Godoy, M.G., Amorim, G.M., Barreto, M.S., and Freire, D.M.G. (2018) 'Agricultural Residues as Animal Feed'. in *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier, 235–256
- Green, S., Bertrand, S.L., Duron, M.J.C., and Maillard, R. (1987) 'Digestibilities of Amino Acids in Soyabean, Sunflower and Groundnut Meals, Determined with Intact and Caecectomised Cockerels'. *British Poultry Science* [online] 28 (4), 643–652. available from <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3446334/>> [30 September 2022]
- Grobas, S., Mateos, G.G., and Mendez, J. (1999a) 'Influence of Dietary Linoleic Acid on Production and Weight of Eggs and Egg Components in Young Brown Hens'. *Journal of Applied Poultry Research* 8 (2), 177–184
- Grobas, S., Mateos, G.G., and Mendez, J. (1999b) 'Influence of Dietary Linoleic Acid on Production and Weight of Eggs and Egg Components in Young Brown Hens'. *Journal of Applied Poultry Research* 8 (2), 177–184

- Grobas, S., Mendez, J., De Blas, C., and Mateos, G. (1999) 'Laying Hen Productivity as Affected by Energy, Supplemental Fat, and Linoleic Acid Concentration of the Diet'. *Poultry Science* 78 (11), 1542–1551
- Grobas, S., Méndez, J., Lázaro, R., de Blas, C., and Mateo, G.G. (2001) 'Influence of Source and Percentage of Fat Added to Diet on Performance and Fatty Acid Composition of Egg Yolks of Two Strains of Laying Hens'. *Poultry Science* 80 (8), 1171–1179
- Gu, Y.F., Chen, Y.P., Jin, R., Wang, C., Wen, C., and Zhou, Y.M. (2021) 'A Comparison of Intestinal Integrity, Digestive Function, and Egg Quality in Laying Hens with Different Ages'. *Poultry Science* 100 (3), 100949
- Guzmán, P., Saldaña, B., Bouali, O., Cámara, L., and Mateos, G.G. (2016) 'Effect of Level of Fiber of the Rearing Phase Diets on Egg Production, Digestive Tract Traits, and Body Measurements of Brown Egg-Laying Hens Fed Diets Differing in Energy Concentration'. *Poultry Science* 95 (8), 1836–1847
- Hafez, H.M. and Attia, Y.A. (2020) 'Challenges to the Poultry Industry: Current Perspectives and Strategic Future After the COVID-19 Outbreak'. *Frontiers in Veterinary Science* 7
- Hammershoj, M. and Steenfeldt, S. (2005) 'Effects of Blue Lupin (*Lupinus Angustifolius*) in Organic Layer Diets and Supplementation with Foraging Material on Egg Production and Some Egg Quality Parameters'. *Poultry Science* 84 (5), 723–733
- Häusling, M. (2011) *REPORT The EU Protein Deficit: What Solution for a Long-Standing Problem?* | A7-0026/2011 | *European Parliament* [online] available from <https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-7-2011-0026_EN.html> [4 March 2024]
- Hetland, H., Svihus, B., and Choct, M. (2005) 'Role of Insoluble Fiber on Gizzard Activity in Layers'. *Journal of Applied Poultry Research* 14 (1), 38–46
- Holmes, D.J., Thomson, S.L., Wu, J., and Ottinger, M.A. (2003) 'Reproductive Aging in Female Birds'. *Experimental Gerontology* 38 (7), 751–756
- Horvatovic, M., Glamocic, D., Zikic, D., and Hadnadjev, T. (2015) 'Performance and Some Intestinal Functions of Broilers Fed Diets with Different Inclusion Levels of Sunflower Meal and Supplemented or Not with Enzymes'. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 17 (1), 25–30

- US Department of Agriculture, H.N.I.S. (1989) *Eating Better When Eating out : Using the Dietary Guidelines*.
- Izydorczyk, M.S., Macri, L.J., and MacGregor, A.W. (1998) 'Structure and Physicochemical Properties of Barley Non-Starch Polysaccharides — I. Water-Extractable β -Glucans and Arabinoxylans'. *Carbohydrate Polymers* 35 (3–4), 249–258
- Jaroni, D., Scheideler, S.E., Beck, M.M., and Wyatt, C. (1999) 'The Effect of Dietary Wheat Middlings and Enzyme Supplementation II: Apparent Nutrient Digestibility, Digestive Tract Size, Gut Viscosity, and Gut Morphology in Two Strains of Leghorn Hens'. *Poultry Science* 78 (12), 1664–1674
- Jha, R. and Mishra, P. (2021) 'Dietary Fiber in Poultry Nutrition and Their Effects on Nutrient Utilization, Performance, Gut Health, and on the Environment: A Review'. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 12 (1), 51
- Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, J.M., de Coca-Sinova, A., Lázaro, R., and Mateos, G.G. (2009) 'Effects of Source of Fibre on the Development and PH of the Gastrointestinal Tract of Broilers'. *Animal Feed Science and Technology* 154 (1–2), 93–101
- Kaffka, K.J. (2008) 'How the NIR Technology Came to and Spread in Europe for Quality Assessment and Control in the Food Industry'. *Acta Alimentaria Hungarica* 37, 141–145
- Kaffka, K.J. (1988) 'A Közeli Infravörös Spektroszkópia Segítségével a Mezőgazdaságban És Az Élelmiszeriparban Elért Eredmények Az Összetétel Gyors És Roncsolásmentes Meghatározása Területén'. *Élelmiszerfizikai Közlemények* 34, 53–63
- Kaffka, K.J. and Kulcsár F. (1982) 'Attempts to Determine Egg Content in Pastry Products Using the NIR Technique.' *Acta Alimentaria Hungarica* 11, 47–64
- Karayagiz, I. and Bulbul, T. (2015) 'Effects of Combined Use of Canola and Sunflower Meals in Quail Diet on Performance and Some Carcass Quality Traits'. *Pakistan Journal of Zoology* 47 (5), 1373–1380
- Kargopoulos, A., Bonos, E., Basdagianni, Z., and Nikolakakis, I. (2017) 'Use of Sunflower Cake in the Diet of ISA Brown Pullets'. *Journal of Agricultural Science and Technology A* 7 (2)
- Karunajeewa, H., Abu-Serewa, S., Tham, H., and Eason, P. (1987) 'The Effects of Dietary Level of Sunflower Seeds and Lysine on Egg Quality and Laying Performance of White Leghorn Hens'. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 41, 325–333

- Karunajeewa, Hector, Abu-Serewa, S., Tham, S.H., and Eason, P. (1987) 'The Effects of Dietary Level of Sunflower Seeds and Lysine on Egg Quality and Laying Performance of White Leghorn Hens'. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 41 (4), 325–333
- Kashani, A.B. and Carlson, C.W. (1988) 'Use of Sunflower Seeds in Grower Diets for Pullets and Subsequent Performance as Affected by Aureomycin and Pelleting'. *Poultry Science* 67 (3), 445–451
- Kers, J.G., Velkers, F.C., Fischer, E.A.J., Hermes, G.D.A., Stegeman, J.A., and Smidt, H. (2018) 'Host and Environmental Factors Affecting the Intestinal Microbiota in Chickens.' *Frontiers in Microbiology* 9, 235
- Khan, S.H., Sardar, R., and Siddique, B. (2006) 'Influence of Enzymes on Performance of Broilers Fed Sunflower-Corn Based Diets'. *Pakistan Veterinary Journal* 26 (3), 109–114
- Kiarie, E., Romero, L.F., and Ravindran, V. (2014) 'Growth Performance, Nutrient Utilization, and Digesta Characteristics in Broiler Chickens Fed Corn or Wheat Diets without or with Supplemental Xylanase'. *Poultry Science* 93 (5), 1186–1196
- Kluth, H. and Rodehutsord, M. (2009) 'Effect of Inclusion of Cellulose in the Diet on the Inevitable Endogenous Amino Acid Losses in the Ileum of Broiler Chicken'. *Poultry Science* 88 (6), 1199–1205
- Knudsen, K.E.B. (1997) 'Carbohydrate and Lignin Contents of Plant Materials Used in Animal Feeding'. *Animal Feed Science and Technology* 67 (4), 319–338
- Koçer, B., Bozkurt, M., Ege, G., and Tüzün, A.E. (2021) 'Effects of Sunflower Meal Supplementation in the Diet on Productive Performance, Egg Quality and Gastrointestinal Tract Traits of Laying Hens'. *British Poultry Science* 62 (1), 101–109
- Kocher, A., Chret, M., Porter, M.D., and Broz, J. (2000) 'The Effects of Enzyme Addition to Broiler Diets Containing High Concentrations of Canola or Sunflower Meal. '. *Poultry Science* 79 (12), 1767–1774
- Kralik, Z., Radišić, Ž., Grčević, M., and Kralik, G. (2013) 'Comparison of Table Eggs Quality Originating from Hens Kept in Different Housing Systems'. in *Proceedings of XV European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products and XXI European Symposium on the Quality of Poultry Meat* . held 2013 at Petracci,

Massimiliano -Bergamo. The Italian Branch of The World's Poultry Science Association, 1–5

- Krieg, J., Siegert, W., Berghaus, D., Bock, J., Feuerstein, D., and Rodehutsord, M. (2020) 'Phytase Supplementation Effects on Amino Acid Digestibility Depend on the Protein Source in the Diet but Are Not Related to InsP6 Degradation in Broiler Chickens'. *Poultry Science* 99 (6), 3251–3265
- Lannuzel, C., Smith, A., Mary, A.L., Della Pia, E.A., Kabel, M.A., and de Vries, S. (2022a) 'Improving Fiber Utilization from Rapeseed and Sunflower Seed Meals to Substitute Soybean Meal in Pig and Chicken Diets: A Review'. *Animal Feed Science and Technology* 285, 115213
- Laudadio, V., Ceci, E., Lastella, N.M.B., and Tufarelli, V. (2014) 'Effect of Feeding Low-Fiber Fraction of Air-Classified Sunflower (*Helianthus Annus* L.) Meal on Laying Hen Productive Performance and Egg Yolk Cholesterol'. *Poultry Science* 93 (11), 2864–2869
- Laudadio, Vito, Introna, M., Lastella, N.M.B., and Tufarelli, V. (2014) 'Feeding of Low-Fibre Sunflower (*Helianthus Annus*) Meal as Substitute of Soybean Meal in Turkey Rations: Effects on Growth Performance and Meat Quality'. *The Journal of Poultry Science* 51 (2), 185–190
- Leeson, S. and Summers, J.D. (2008) *Commercial Poultry Nutrition*. 3rd edn. Thrumpton, Nottingham: Nottingham University Press
- Lemme, A. (2003) 'The "Ideal Protein Concept" in Broiler Nutrition 1. Methodological Aspects - Opportunities and Limitations'. *AminoNews* 4, 2–9
- Lemme, A., Ravindran, V., and Bryden, W.L. (2004) 'Ileal Digestibility of Amino Acids in Feed Ingredients for Broilers'. *World's Poultry Science Journal* 60, 421–435
- Lohmann (2016) *General Management Guide for Lohmann Brown Classic Hens*.
- Lu, J., Qu, L., Li, Y., Ma, M., Shen, M., Wang, X., Guo, J., Hu, Y., Dou, T., Yang, Z., and Wang, K. (2021) 'Effects of Energy-Restricted Feeding during Rearing on the Performance, Uniformity, and Development of Rugao Layer Breeders at the Initiation of the Laying Period'. *Animals* 11 (8), 2222

- Mabusela, S.P., Nkukwana, T.T., Mokoma, M., and Muchenje, V. (2018) 'Layer Performance, Fatty Acid Profile and the Quality of Eggs from Hens Supplemented with <Moringa Oleifera> Whole Seed Meal'. *South African Journal of Animal Science* 48 (2), 234
- Maheri-Sis, N., Baradaran-Hasanzadeh, A.R., Salamatdoust, R., Khosravifar, O., Agajanzadeh-Golshani, A., and Dolg, J. (2011) 'Effect of Microwave Irradiation on Nutritive Value of Sunflower Meal for Ruminants Using in Vitro Gas Production Technique'. *J. Anim. Plant Sci.* 21 (2), 126–131
- Mandal, A.B., Elangovan, A.V., Tyagi, Pramod K., Tyagi, Praveen K., Johri, A.K., and Kaur, S. (2005) 'Effect of Enzyme Supplementation on the Metabolisable Energy Content of Solvent-Extracted Rapeseed and Sunflower Seed Meals for Chicken, Guinea Fowl and Quail'. *British Poultry Science* 46 (1), 75–79
- Mateos, G.G. and Sell, J.L. (1981) 'Influence of Fat and Carbohydrate Source on Rate of Food Passage of Semipurified Diets for Laying Hens'. *Poultry Science* 60 (9), 2114–2119
- Mateos, G.G. and Sell, J.L. (1980) 'True and Apparent Metabolizable Energy Value of Fat for Laying Hens: Influence of Level of Use'. *Poultry Science* 59 (2), 369–373
- Mateos, G. G. and Sell, J.L. (1980) 'Influence of Carbohydrate and Supplemental Fat Source on the Metabolizable Energy of the Diet'. *Poultry Science* 59 (9), 2129–2135
- Mathlouthi, N., Saulnier, L., Quemener, B., and Larbier, M. (2002) 'Xylanase, β -Glucanase, and Other Side Enzymatic Activities Have Greater Effects on the Viscosity of Several Feedstuffs than Xylanase and β -Glucanase Used Alone or in Combination'. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50 (18), 5121–5127
- Mbukwane, M.J., Nkukwana, T.T., Plumstead, P.W., and Snyman, N. (2022a) 'Sunflower Meal Inclusion Rate and the Effect of Exogenous Enzymes on Growth Performance of Broiler Chickens'. *Animals* 12 (3), 253
- McGonigle, A., Wilkes, T., Pering, T., Willmott, J., Cook, J., Mims, F., and Parisi, A. (2018) 'Smartphone Spectrometers'. *Sensors* 18 (2), 223
- McNab, J.M. and Blair, J.C. (1988) 'Modified Assay for True and Apparent Metabolisable Energy Based on Tube Feeding'. *British Poultry Science* 29 (4), 697–707

- Mendoza-Rodríguez, Y.Y., Brambila-Paz, J.J., Arana-Coronado, J.J., Sangerman-Jarquín, D.M., and Molina-Gómez, J.N. (2016) 'Egg Market in Mexico: A Tendency towards Differentiation in Consumption'. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7, 1455–1466
- Michel, J.N. and Sunde, M.L. (1985) 'Sunflower Meals in Pullet Developer Diets'. *Poultry Science* 64 (4), 669–674
- Miranda, J., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J., Lamas, A., Franco, C., and Cepeda, A. (2015) 'Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and Use as Functional Foods'. *Nutrients* 7 (1), 706–729
- Mirza, M.A. and Sial, M.A. (1992) 'Sunflower Meal as a Major Vegetable Protein Source in Layers' Ration'. *Archiv Für Tierernaehrung* 42 (3–4), 273–277
- Molnár, A., Hamelin, C., Delezie, E., and Nys, Y. (2018) 'Sequential and Choice Feeding in Laying Hens: Adapting Nutrient Supply to Requirements during the Egg Formation Cycle'. *World's Poultry Science Journal* 74 (2), 199–210
- Molnár, A., Maertens, L., Ampe, B., Buyse, J., Zoons, J., and Delezie, E. (2017) 'Supplementation of Fine and Coarse Limestone in Different Ratios in a Split Feeding System: Effects on Performance, Egg Quality, and Bone Strength in Old Laying Hens'. *Poultry Science* 96 (6), 1659–1671
- Molnár, A., Such, N., Farkas, V., Pál, L., Menyhárt, L., Wágner, L., Husvéth, F., and Dublec, K. (2020) 'Effects of Wheat Bran and Clostridium Butyricum Supplementation on Cecal Microbiota, Short-Chain Fatty Acid Concentration, PH and Histomorphometry in Broiler Chickens'. *Animals* [online] 10 (12), 2230. available from <<https://www.mdpi.com/2076-2615/10/12/2230>> [3 August 2021]
- Molnár, S. and Szöllősi, L. (2021) 'Az Étkezési Tojástermelésben Alkalmazott Tartástechnológiák Fenntarthatósági Kérdései'. *Economica* 12 (1–2)
- Montagne, L., Pluske, J.R., and Hampson, D.J. (2003) 'A Review of Interactions between Dietary Fibre and the Intestinal Mucosa, and Their Consequences on Digestive Health in Young Non-Ruminant Animals'. *Animal Feed Science and Technology* 108 (1–4), 95–117
- de Moraes Oliveira, V.R., de Arruda, A.M.V., Silva, L.N.S., de Souza, J.B.F., de Queiroz, J.P.A.F., da Silva Melo, A., and Holanda, J.S. (2016) 'Sunflower Meal as a Nutritional and

- Economically Viable Substitute for Soybean Meal in Diets for Free-Range Laying Hens'. *Animal Feed Science and Technology* 220, 103–108
- Morrison, A.B., Clandinin, D.R., and Robblee, A.R. (1953) 'The Effects of Processing Variables on the Nutritive Value of Sunflower Seed Oil Meal'. *Poultry Science* 32 (3), 492–496
- Mueller, W.J. (1956) 'The Influence of Energy Source, Energy-Fiber Concentration and Protein Source of the Diet on Certain Egg Quality Characteristics'. *Poultry Science* 35 (5), 1074–1078
- Nassiri Moghaddam, H., Salari, S., Arshami, J., Golian, A., and Maleki, M. (2012) 'Evaluation of the Nutritional Value of Sunflower Meal and Its Effect on Performance, Digestive Enzyme Activity, Organ Weight, and Histological Alterations of the Intestinal Villi of Broiler Chickens'. *Journal of Applied Poultry Research* 21 (2), 293–304
- National Research Council (1994) *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th edn. Washington D. C.: National Academy Press
- Navarro, D.M.D.L., Bruininx, E.M.A.M., de Jong, L., and Stein, H.H. (2018) 'Effects of Physicochemical Characteristics of Feed Ingredients on the Apparent Total Tract Digestibility of Energy, DM, and Nutrients by Growing Pigs¹'. *Journal of Animal Science* 96 (6), 2265–2277
- Nimalaratne, C. and Wu, J. (2015) 'Hen Egg as an Antioxidant Food Commodity: A Review'. *Nutrients* 7 (10), 8274–8293
- Nitsan, Z., Ben-Avraham, G., Zoref, Z., and Nir, I. (1991) 'Growth and Development of the Digestive Organs and Some Enzymes in Broiler Chicks after Hatching*'. *British Poultry Science* 32 (3), 515–523
- Nolte, T., Jansen, S., Weigend, S., Moerlein, D., Halle, I., Simianer, H., and Sharifi, A.R. (2021) 'Genotypic and Dietary Effects on Egg Quality of Local Chicken Breeds and Their Crosses Fed with Faba Beans'. *Animals* [online] 11 (7), 1947. available from <<https://www.mdpi.com/2076-2615/11/7/1947/htm>> [4 March 2024]
- Novotný, J., Horáková, L., Řiháček, M., Zálešáková, D., Šťastník, O., Mrkvicová, E., Kumbár, V., and Pavlata, L. (2023) 'Effect of Different Feed Particle Size on Gastrointestinal Tract Morphology, Ileal Digesta Viscosity, and Blood Biochemical Parameters as Markers of Health Status in Broiler Chickens'. *Animals* 13 (15), 2532

- Panaite, C. V., Criste, R.D., Dragotoiu, D., Panaite, T.D., and Olteanu, M. (2016) 'Effect of Crude Fibre Concentration in Pullet Diets (9-16 Weeks) on Their Subsequent Performance'. in *The International Conference of the University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest Agriculture for Life, Life for Agriculture*. held 2016 at Bucharest, Romania
- Panaite, T.D., Turcu, R.P., Soica, C., and Visinescu, P. (2020) 'Nutritional Parameters of Eggs from Laying Hens Fed with Flaxseed Meal or Mixture with Rapeseed Meal or Rice Bran'. *Journal of Applied Animal Research* 48 (1), 566–574
- Parsaie, S., Shariatmadari, F., Zamiri, M., and Khajeh, K. (2007) 'Influence of Wheat-Based Diets Supplemented with Xylanase, Bile Acid and Antibiotics on Performance, Digestive Tract Measurements and Gut Morphology of Broilers Compared with a Maize-Based Diet'. *British Poultry Science* 48 (5), 594–600
- Parsons, C.M. (2020) 'Unresolved Issues for Amino Acid Digestibility in Poultry Nutrition'. *Journal of Applied Poultry Research* 29 (1), 1–10
- Pérez de Nanclares, M., Marcussen, C., Tauson, A.-H., Hansen, J.Ø., Kjos, N.P., Mydland, L.T., Bach Knudsen, K.E., and Øverland, M. (2019) 'Increasing Levels of Rapeseed Expeller Meal in Diets for Pigs: Effects on Protein and Energy Metabolism'. *Animal* 13 (2), 273–282
- Pérez-Bonilla, A., Frikha, M., Mirzaie, S., García, J., and Mateos, G.G. (2011a) 'Effects of the Main Cereal and Type of Fat of the Diet on Productive Performance and Egg Quality of Brown-Egg Laying Hens from 22 to 54 Weeks of Age'. *Poultry Science* 90 (12), 2801–2810
- Peric, L., Milic, D., and Bjedov, S. (2010) 'The Effect of Sunflower Meal on Growth Performance of Broiler Chicks'. in *Proceedings of the 13th European Poultry Conference*. held 7 August 2010 at Tours, France. 23–27
- Pinheiro, J.W., Fonseca, N.A.N., Silva, C.A. da, Cabrera, L., Bruneli, F.A.T., and Takahashi, S.E. (2002) 'Farelo de Girassol Na Alimentação de Frangos de Corte Em Diferentes Fases de Desenvolvimento'. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31 (3 suppl), 1418–1425
- Pinheiro, J.W., Fonseca, N.A.N., Silva, C.A. da, Oba, A., Balarin, M.R.S., and Brunelli, S.R. (2013) 'Torta de Girassol Na Alimentação de Poedeiras Semipesadas'. *Semina: Ciências Agrárias* 34 (6Supl2), 3959

- Popp, J., Pető, K., and Oláh, J. (2018) 'Alternatív Fehérjeforrás: A Rovarfogyasztás Kilátásai Magyarországon. I. Magyar Rovaripari Konferencia, Szent István Egyetem'. *A Falu* 22 (2), 37–46
- Poudel, I., Hodge, V.R., Wamsley, K.G.S., Roberson, K.D., and Adhikari, P.A. (2023) 'Effects of Protease Enzyme Supplementation and Varying Levels of Amino Acid Inclusion on Productive Performance, Egg Quality, and Amino Acid Digestibility in Laying Hens from 30 to 50 Weeks of Age'. *Poultry Science* 102 (3), 102465
- Pousga, S., Boly, H., and Ogle, B. (2005) 'Choice Feeding of Poultry: A Review'. *Livestock Research for Rural Development* 17 (4), 45
- Pustjens, A.M., de Vries, S., Gerrits, W.J.J., Kabel, M.A., Schols, H.A., and Gruppen, H. (2012) 'Residual Carbohydrates from in Vitro Digested Processed Rapeseed (Brassica Napus) Meal'. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60 (34), 8257–8263
- Rama Rao, S.V., Raju, M.V.L.N., Panda, A.K., and Reddy, M.R. (2006) 'Sunflower Seed Meal as a Substitute for Soybean Meal in Commercial Broiler Chicken Diets'. *British Poultry Science* 47 (5), 592–598
- Ramos, M.J., Fernández, C.M., Casas, A., Rodríguez, L., and Pérez, Á. (2009) 'Influence of Fatty Acid Composition of Raw Materials on Biodiesel Properties'. *Bioresource Technology* 100 (1), 261–268
- Rattanawut, J., Pimpa, O., and Yamauchi, K. (2018) 'Effects of Dietary Bamboo Vinegar Supplementation on Performance, Eggshell Quality, Ileal Microflora Composition, and Intestinal Villus Morphology of Laying Hens in the Late Phase of Production'. *Animal Science Journal* 89 (11), 1572–1580
- Ravindran, V. (2021) 'Progress in Ileal Endogenous Amino Acid Flow Research in Poultry'. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 12 (1), 5
- Ravindran, V., Adeola, O., Rodehutscord, M., Kluth, H., van der Klis, J.D., van Eerden, E., and Helmbrecht, A. (2017) 'Determination of Ileal Digestibility of Amino Acids in Raw Materials for Broiler Chickens – Results of Collaborative Studies and Assay Recommendations'. *Animal Feed Science and Technology* 225, 62–72
- Ravindran, V. and Blair, R. (1992) 'Feed Resources for Poultry Production in Asia and the Pacific. II. Plant Protein Sources'. *World's Poultry Science Journal* 48 (3), 205–231

- Raza, S., Ashraf, M., Pasha, T.N., Latif, F., Babar, M.E., and Hashmi, A.S. (2009) 'Effect of Enzyme Supplemented High Fibre Sunflower Meal on Performance of Broilers'. *Pak. J. Zool.* 41 (1), 57–60
- Rebolé, A., Rodríguez, M.L., Alzueta, C., Ortiz, L.T., and Treviño, J. (1999) 'A Short Note on Effect of Enzyme Supplement on the Nutritive Value of Broiler Chick Diets Containing Maize, Soyabean Meal and Full-Fat Sunflower Seed'. *Animal Feed Science and Technology* 78 (1–2), 153–158
- Redshaw, M.S., Fickler, J., Fontaine, J., Heimbeck, W., Hess, V., and Reimann, I. (2010) *AminoDat 4.0 - 50 Years Amino Acid Analysis*. Evonik Degussa GmbH.
- Rezaei, M. and Hafezian, H. (2007b) 'Use of Different Levels of High Fiber Sunflower Meal in Commercial Leghorn Type Layer Diets'. *International Journal of Poultry Science* 6 (6), 431–433
- Ricarte, G.N., Coelho, M.A.Z., Marrucho, I.M., and Ribeiro, B.D. (2020) 'Enzyme-Assisted Extraction of Carotenoids and Phenolic Compounds from Sunflower Wastes Using Green Solvents'. *3 Biotech* 10 (9), 405
- Rizzi, C. and Marangon, A. (2012) 'Quality of Organic Eggs of Hybrid and Italian Breed Hens'. *Poultry Science* 91 (9), 2330–2340
- Rodehutsord, M., Kapocius, M., Timmler, R., and Dieckmann, A. (2004) 'Linear Regression Approach to Study Amino Acid Digestibility in Broiler Chickens'. *British Poultry Science* 45 (1), 85–92
- Rodríguez, M.L., Ortiz, L., Trevin, T.J., Rebole, O., Alzueta, A., and Centeno, C. (1998) 'Studies on the Nutritive Value of Full Fat Sunflower Seed in Broiler Chick Diets'. *Anim. Feed Sci. Tech.* 71 (3–4), 341–349
- Rose, R.J., Coit, R.N., and Sell, J.L. (1972) 'Sunflower Seed Meal as a Replacement for Soybean Meal Protein in Laying Hen Rations ', *Poultry Science* 51 (3), 960–967
- Sacranie, A., Svihus, B., Denstadli, V., Moen, B., Iji, P.A., and Choct, M. (2012) 'The Effect of Insoluble Fiber and Intermittent Feeding on Gizzard Development, Gut Motility, and Performance of Broiler Chickens'. *Poultry Science* 91 (3), 693–700
- Safaa, H.M., Serrano, M.P., Valencia, D.G., Arbe, X., Jiménez-Moreno, E., Lázaro, R., and Mateos, G.G. (2008a) 'Effects of the Levels of Methionine, Linoleic Acid, and Added Fat in

- the Diet on Productive Performance and Egg Quality of Brown Laying Hens in the Late Phase of Production'. *Poultry Science* 87 (8), 1595–1602
- Safaa, H.M., Serrano, M.P., Valencia, D.G., Frikha, M., Jiménez-Moreno, E., and Mateos, G.G. (2008b) 'Productive Performance and Egg Quality of Brown Egg-Laying Hens in the Late Phase of Production as Influenced by Level and Source of Calcium in the Diet'. *Poultry Science* 87 (10), 2043–2051
- Saleh, A.A., El-Awady, A., Amber, K., Eid, Y.Z., Alzawqari, M.H., Selim, S., Soliman, M.M., and Shukry, M. (2021a) 'Effects of Sunflower Meal Supplementation as a Complementary Protein Source in the Laying Hen's Diet on Productive Performance, Egg Quality, and Nutrient Digestibility'. *Sustainability* 13 (6), 3557
- Samiullah, S., Omar, A.S., Roberts, J., and Chousalkar, K. (2017) 'Effect of Production System and Flock Age on Eggshell and Egg Internal Quality Measurements'. *Poultry Science* 96 (1), 246–258
- San Juan, L.D. and Villamide, M.J. (2001) 'Nutritional Evaluation of Sunflower Products for Poultry as Affected by the Oil Extraction Process'. *Poultry Science* 80 (4), 431–437
- Sateri, S., Seidavi, A., Bouyeh, M., Neumann, P., Kutzler, M., Laudadio, V., Loperfido, F., and Tufarelli, V. (2017) 'Effect of Olive Meal and Supplemental Enzymes on Performance Traits, Blood Biochemistry, Humoral Immunity Response and Caecal Microbiota of Broilers'. *South African Journal of Animal Science* 47 (6), 804
- Şekeroglu, A., Sarica, M., Demir, E., Ulutaş, Z., Tilki, M., and Saatç, M. (2008) 'The Effects of Housing System and Storage Length on the Quality of Eggs Produced by Two Lines of Laying Hens'. *Archiv Für Geflügelkunde* 72 (3), 106–109
- Senkoylu, N. and Dale, N. (2019) 'Sunflower Meal in Poultry Diets: A Review'. *World's Poultry Science Journal* [online] 55 (2), 153. available from <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1079/WPS19990011>> [13 October 2022]
- Senkoylu, N. and Dale, N. (1999) 'Sunflower Meal in Poultry Diets: A Review'. *World's Poultry Science Journal* 55, 153–174
- Shi, S.R., Lu, J., Tong, H.B., Zou, J.M., and Wang, K.H. (2012) 'Effects of Graded Replacement of Soybean Meal by Sunflower Seed Meal in Laying Hen Diets on Hen Performance, Egg

- Quality, Egg Fatty Acid Composition, and Cholesterol Content'. *Journal of Applied Poultry Research* 21 (2), 367–374
- Shim, M.Y., Song, E., Billard, L., Aggrey, S.E., Pesti, G.M., and Sodsee, P. (2013a) 'Effects of Balanced Dietary Protein Levels on Egg Production and Egg Quality Parameters of Individual Commercial Layers'. *Poultry Science* 92 (10), 2687–2696
- Short, F.J., Wiseman, J., and Boorman, N. (1996) 'Apparent Digestibility of Amino Acids in Two Varieties of Wheat'. *British Poultry Science* 37, 76
- Siegert, W. and Rodehutschord, M. (2019) 'The Relevance of Glycine and Serine in Poultry Nutrition: A Review'. *British Poultry Science* 60 (5), 579–588
- Singh, A.K., Berrocoso, J.F.D., Dersjant-Li, Y., Awati, A., and Jha, R. (2017) 'Effect of a Combination of Xylanase, Amylase and Protease on Growth Performance of Broilers Fed Low and High Fiber Diets'. *Animal Feed Science and Technology* 232, 16–20
- Sirbald, I.R. (1976) 'A Bioassay for True Metabolizable Energy in Feedingstuffs'. *Poultry Science* 55 (1), 303–308
- Smits, C.H.M. and Annison, G. (1996) 'Non-Starch Plant Polysaccharides in Broiler Nutrition—towards 203–221., Physiologically Valid Approach to Their Determination'. *World's Poultry Science Journal* 52, 203–221
- Smits, C.H.M., Veldman, A., Verstegen, M.W.A., and Beynen, A.C. (1997) 'Dietary Carboxymethylcellulose with High Instead of Low Viscosity Reduces Macronutrient Digestion in Broiler Chickens'. *The Journal of Nutrition* 127 (3), 483–487
- Souza, D.H., Freitas, E.R., Alencar, A.V.O., Costa, M.K.O., Santos, A.S., Freire, J.F., Rocha, A.K.S., Coelho, R.D., and Nepomuceno, R.C. (2020) 'Sunflower Cake in Brown-Egg Laying Pullet Diets: Effects on the Growing Phase and on the Beginning of Production Cycle'. *Animal Feed Science and Technology* 269, 114663
- Stefler, J., Bogenfürst, F., Csató, L., Makray, S., Sütő, Z., Szendrő, Z., and Toldi, G. (2004) 'Present Situation of the Hungarian Animal Production Considering the Ecological and Ethical Standards'. *Acta Agriculturae Slovenica* 1, 29–35
- Suresh, B. V., Reddy, V.R., and Reddy, A.R. (2000) 'Effect of Dietary Dilution with Sunflower Seed Hulls on the Performance of Broilers'. *Archiv Für Geflügelkunde* 64 (4), 162–166

- Tavernari, F., Albino, L., Morata, R., Dutra Júnior, W., Rostagno, H., and Viana, M. (2008) 'Inclusion of Sunflower Meal, with or without Enzyme Supplementation, in Broiler Diets'. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 10 (4), 233–238
- Tejeda, J.O. and Kim, K.W. (2021) 'Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition'. *Animals* 11 (2), 461
- Tellez, G., Latorre, J.D., Kuttappan, V.A., Kogut, M.H., Wolfenden, A., Hernandez-Velasco, X., Hargis, B.M., Bottje, W.G., Bielke, L.R., and Faulkner, O.B. (2014) 'Utilization of Rye as Energy Source Affects Bacterial Translocation, Intestinal Viscosity, Microbiota Composition, and Bone Mineralization in Broiler Chickens'. *Frontiers in Genetics* 5
- Tetra Ltd. (2019) *Tetra SL tojóhibrid tartástechnológia*. [online] available from <<https://www.babolnatetra.com/wp-content/uploads/2022/12/layers-cc-mng.pdf>> [18 március 2019]
- Tsuzuki, E., Garcia, E. de M., Murakami, A., Sakamoto, M., and Galli, J. (2003) 'Utilization of Sunflower Seed in Laying Hen Rations'. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 5 (3), 179–182
- Tufarelli, V., Dario, M., and Laudadio, V. (2007) 'Effect of Xylanase Supplementation and Particle-Size on Performance of Guinea Fowl Broilers Fed Wheat-Based Diets'. *International Journal of Poultry Science* 6 (4), 302–307
- Uddin, M. and Okazaki, E. (2004) 'Classification of Fresh and Frozen-thawed Fish by Near-infrared Spectroscopy'. *Journal of Food Science* 69 (8), 665–668
- Ullah, Z., Ahmed, G., Nisa, M. un, and Sarwar, M. (2016) 'Standardized Ileal Amino Acid Digestibility of Commonly Used Feed Ingredients in Growing Broilers'. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29 (9), 1322–1330
- Vieira, S.L., Penz, A.M., Lebouté, E.M., and Corteline, J. (1992a) 'A Nutritional Evaluation of a High Fiber Sunflower Meal'. *J. Appl. Poult. Res.* 1, 382–388
- Vieira, S.L., Penz, A.M., Lebouté, E.M., and Corteline, J. (1992b) 'A Nutritional Evaluation of a High Fibre Sunflower Meal'. *J. Appl. Poult. Res.* 1 (4), 382–388
- Waititu, S.M., Sanjayan, N., Hossain, M.M., Leterme, P., and Nyachoti, C.M. (2018) 'Improvement of the Nutritional Value of High-Protein Sunflower Meal for Broiler Chickens Using Multi-Enzyme Mixtures'. *Poultry Science* 97 (4), 1245–1252

- Walker, H., Vartiainen, S., Apajalahti, J., Taylor-Pickard, J., Nikodinoska, I., and Moran, C.A. (2024) 'The Effect of Including a Mixed-Enzyme Product in Broiler Diets on Performance, Metabolizable Energy, Phosphorus and Calcium Retention'. *Animals* 14 (2), 328
- Wan, Q.-L., Shi, X., Liu, J., Ding, A.-J., Pu, Y.-Z., Li, Z., Wu, G.-S., and Luo, H.-R. (2017) 'Metabolomic Signature Associated with Reproduction-Regulated Aging in *Caenorhabditis Elegans*'. *Aging* 9 (2), 447–474
- Ward, N. (1996) 'Intestinal Viscosity, Broiler Performance'. *Poultry Digest* 55, 12–17
- Wetzel, D.L. (2001) 'Contemporary Near-Infrared Instrumentation'. in *Near-Infrared Spectroscopy in the Agricultural and Food Industries*. ed. by P. C. Williams and K. H. Norris. St. Paul. American Association of Cereal Chemists Inc.
- World's Poultry Science Association (1989) *European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs*. 3rd edn. ed. by WPSA, B.
- Wüst, E. and Rudzik, L. (2003) 'The Use of Infrared Spectroscopy in the Dairy Industry'. *Journal of Molecular Structure* 661–662, 291–298
- Wyatt, J.S., Cope, M., Delpy, D.T., Richardson, C.E., Edwards, A.D., Wray, S., and Reynolds, E.O. (1990) 'Quantitation of Cerebral Blood Volume in Human Infants by Near-Infrared Spectroscopy'. *Journal of Applied Physiology* 68, 1086–1091
- Yakubu, H.G., Kovacs, Z., Toth, T., and Bazar, G. (2022) 'The Recent Advances of Near-Infrared Spectroscopy in Dairy Production—a Review'. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 62 (3), 810–831
- Yan, H. and Siesler, H.W. (2018) 'Hand-Held near-Infrared Spectrometers: State-of-the-Art Instrumentation and Practical Applications'. *NIR News* 29 (7), 8–12
- Yenice, G., Kaynar, O., Ileriturk, M., Hira, F., and Hayirli, A. (2016) 'Quality of Eggs in Different Production Systems'. *Czech Journal of Food Sciences* 34 (4), 370–376
- Yokhana, J.S., Parkinson, G., and Frankel, T.L. (2016) 'Effect of Insoluble Fiber Supplementation Applied at Different Ages on Digestive Organ Weight and Digestive Enzymes of Layer-Strain Poultry'. *Poultry Science* 95 (3), 550–559

- Zarghi, H. (2018) 'Application of Xylanase and β -Glucanase to Improve Nutrient Utilization in Poultry Fed Cereal Base Diets: Use of Enzymes in Poultry Diet.' *Insights in Enzyme Research* 2 (1), 11–17
- Zhang, Y.E. and Parsons, C.M. (1994) 'Effects of Overprocessing on the Nutritional Quality of Sunflower Meal'. *Poultry Science* 73 (3), 436–442
- Zhu, L., Liao, R., Wu, N., Zhu, G., and Yang, C. (2019) 'Heat Stress Mediates Changes in Fecal Microbiome and Functional Pathways of Laying Hens'. *Applied Microbiology and Biotechnology* 103 (1), 461–472
- Zoltán, P. (2023) *Az Állati Termék Előállítás És Keveréktakarmány Gyártás Helyzete És Irányai*. Pilisvörösvár, Magyarország

M2. Táblázatok

M1. táblázat. A 20 ND minta nedveskémiai módszerrel mért tápláló- és energiatartalma

Minta neve	Száraz- anyag	Ny. fehérje	Ny. zsír	Ny. rost	Ny. hamu	ADF	NDF	Cukor	P	Phy-P	BE	ME
1	92,62	37,50	0,61	18,41	7,52	21,37	29,40	6,12	1,39	1,03	18130	7,22
2	92,75	34,32	1,07	23,02	7,50	26,20	33,46	6,29	1,23	0,90	18127	6,91
3	92,35	35,90	1,17	18,59	7,25	21,95	31,22	6,37	1,37	1,05	18087	7,12
4	92,60	38,68	0,80	17,36	7,39	19,83	25,91	5,61	1,40	0,99	17864	7,42
5	92,08	34,95	0,80	18,48	7,13	23,74	32,55	5,64	1,28	0,95	18020	6,83
6	92,15	35,93	0,87	20,02	7,16	23,26	32,68	5,72	1,32	0,93	18076	6,97
7	92,79	36,29	0,83	19,76	7,10	22,85	33,94	5,31	1,29	0,89	18155	7,00
8	92,13	36,14	1,16	18,55	7,50	23,87	30,56	6,81	1,29	0,89	18011	7,19
9	92,26	36,22	1,07	18,18	7,22	22,29	31,19	5,68	1,34	0,96	17800	7,10
10	92,30	36,69	0,94	17,71	7,68	22,43	32,00	5,67	1,30	1,02	17027	7,22
11	92,25	35,64	1,27	21,63	6,89	24,32	34,78	5,49	1,25	1,00	18234	7,14
12	92,23	35,36	1,08	20,34	7,29	24,55	31,60	6,71	1,21	0,93	18113	7,07
13	92,05	36,04	1,01	19,80	6,87	24,05	32,34	4,88	1,21	0,83	17646	6,93
14	92,08	34,82	1,31	21,86	6,70	24,22	38,29	4,91	1,22	0,84	17717	6,82
15	92,24	35,57	1,39	19,71	7,75	21,47	29,55	4,59	1,30	0,89	17568	7,02
16	92,17	45,97	1,27	6,96	8,83	12,04	16,09	6,83	1,63	1,25	18079	9,01
17	92,23	46,50	1,78	7,09	8,64	10,42	16,58	6,97	1,73	1,28	18177	9,16
18	91,09	45,14	1,05	8,66	8,84	12,22	17,03	6,65	1,70	1,28	17917	8,74
19	92,15	46,08	1,09	7,34	8,58	11,71	18,77	7,38	1,67	1,08	18070	8,97
20	92,12	46,09	1,11	7,90	8,56	12,17	19,65	7,24	1,64	1,08	18158	8,92

M2. táblázat. A 20 ND minta nedveskémiai módszerrel mért aminosavtartalma

Minta neve	MET	CYS	LYS	THR	TYR	ARG	ILE	LEU	VAL	HIS	PHE	GLY	SER	PRO	ALA	ASP	GLU
1	0,87	0,65	1,36	1,41	0,98	3,18	1,65	2,48	1,99	0,95	1,78	2,32	1,62	1,67	1,72	3,56	7,89
2	0,84	0,62	1,30	1,37	0,93	2,98	1,43	2,29	1,75	0,92	1,67	2,07	1,56	1,49	1,52	3,30	7,14
3	0,88	0,65	1,37	1,36	0,98	3,06	1,56	2,35	1,82	0,97	1,70	2,16	1,64	1,63	1,66	3,39	7,42
4	0,90	0,65	1,40	1,45	1,05	3,39	1,75	2,52	2,11	0,99	1,83	2,27	1,77	1,81	1,77	3,63	7,83
5	0,85	0,60	1,27	1,37	0,83	3,18	1,46	2,19	1,82	0,93	1,69	2,10	1,57	1,50	1,59	3,38	7,29
6	0,82	0,58	1,31	1,44	0,99	3,11	1,52	2,48	1,96	0,95	1,77	2,10	1,64	1,54	1,52	3,38	7,42
7	0,84	0,61	1,37	1,45	0,98	3,11	1,57	2,42	1,86	0,93	1,72	2,20	1,52	1,63	1,62	3,44	7,46
8	0,86	0,62	1,33	1,45	0,94	3,08	1,50	2,34	1,92	0,96	1,76	2,25	1,66	1,65	1,68	3,44	7,46
9	0,91	0,61	1,34	1,35	0,94	3,02	1,59	2,47	1,82	0,97	1,71	2,27	1,67	1,66	1,59	3,42	7,42
10	0,84	0,60	1,36	1,42	0,95	3,19	1,59	2,45	1,92	0,95	1,73	2,28	1,61	1,65	1,69	3,46	7,51
11	0,79	0,60	1,35	1,40	0,94	3,05	1,48	2,30	1,83	0,95	1,75	2,22	1,63	1,60	1,67	3,35	7,37
12	0,81	0,60	1,30	1,33	0,96	3,09	1,51	2,36	1,84	0,96	1,74	2,20	1,53	1,61	1,62	3,35	7,30
13	0,82	0,57	1,37	1,35	0,91	3,08	1,50	2,45	1,93	0,97	1,79	2,17	1,65	1,65	1,68	3,29	7,29
14	0,83	0,60	1,30	1,35	0,92	3,00	1,44	2,31	1,85	0,91	1,67	2,15	1,52	1,59	1,60	3,32	7,21
15	0,80	0,59	1,31	1,31	1,05	3,25	1,44	2,28	1,96	0,90	1,83	2,10	1,54	1,65	1,52	3,39	7,27
16	1,15	0,72	1,72	1,81	1,15	3,78	1,87	2,90	2,26	1,33	2,11	2,83	2,11	2,18	2,08	4,31	9,98
17	1,19	0,76	1,78	1,85	1,12	3,86	1,93	2,93	2,25	1,38	2,18	2,82	2,12	2,17	2,07	4,39	9,89
18	1,10	0,68	1,66	1,80	1,15	3,80	1,80	2,81	2,19	1,35	2,10	2,82	2,05	2,19	2,09	4,26	9,74
19	1,14	0,75	1,73	1,82	1,17	3,80	1,85	2,88	2,25	1,33	2,12	2,82	2,13	2,20	2,07	4,31	9,86
20	1,15	0,73	1,72	1,81	1,15	3,79	1,87	2,90	2,27	1,33	2,12	2,83	2,12	2,19	2,09	4,32	9,85

M3. táblázat. A 20 ND minta NIR készülékkel becsült tápláló- és energiatartalma

Minta száma	Száraz- anyag	Ny. fehérje	Ny. zsír	Ny. rost	Ny. hamu	ADF	NDF	Cukor	P	Phi-P	BE	ME
1	92,54	40,26	1,60	18,60	6,90	21,90	31,90	5,60	11530	9801	17,69	6,95
2	92,19	39,32	2,40	18,20	7,40	21,60	31,10	5,50	11575	9839	17,65	7,03
3	91,94	39,50	2,40	19,10	6,80	22,10	31,30	5,40	11723	9965	17,75	7,07
4	91,76	40,48	1,30	18,70	7,00	21,70	29,70	5,60	11257	9569	17,49	6,88
5	90,92	38,44	1,60	19,90	6,40	23,10	32,00	5,20	10548	8966	17,36	6,71
6	91,36	40,08	2,00	17,60	6,90	20,60	28,90	5,50	11975	10179	17,56	6,99
7	92,65	38,85	1,50	21,00	6,40	24,10	33,20	5,30	11806	10035	17,68	6,78
8	91,76	39,52	1,70	19,40	6,70	22,20	31,10	5,50	11159	9485	17,57	6,88
9	91,75	40,90	1,60	18,10	6,80	20,90	29,80	5,60	11576	9840	17,61	7,00
10	91,78	38,90	1,70	19,90	6,70	23,00	31,60	5,30	11375	9669	17,53	6,82
11	91,37	39,73	2,10	20,50	6,50	23,30	31,60	5,10	10878	9246	17,64	6,99
12	91,07	39,26	1,80	19,00	6,80	22,20	30,30	5,60	11060	9401	17,44	6,86
13	91,45	39,23	2,10	20,00	6,50	22,50	31,80	5,60	11322	9623	17,62	6,95
14	90,97	39,81	1,70	19,30	6,60	22,60	30,30	5,10	11088	9425	17,47	6,90
15	91,43	37,28	1,70	20,90	6,10	24,40	33,80	5,50	10260	8721	17,48	6,65
16	90,25	46,11	1,70	12,30	7,80	14,90	19,70	6,30	14100	11985	17,50	7,50
17	92,21	48,10	2,30	10,50	7,70	12,40	18,10	6,60	14526	12347	18,14	7,94
18	90,03	44,79	1,80	11,80	8,00	15,00	21,00	6,60	13154	11181	17,38	7,38
19	90,68	47,06	1,70	11,60	8,00	14,10	18,10	6,60	13874	11793	17,59	7,60
20	90,36	46,76	1,50	11,70	8,10	14,50	18,50	6,50	13967	11872	17,48	7,52

M4. táblázat A 20 ND minta NIR készülékkel becsült aminosavtartalma

Minta száma	MET	CYS	LYS	THR	TYR	ARG	ILE	LEU	VAL	HIS	PHE	GLY	SER	PRO	ALA	ASP	GLU
1	0,90	0,63	1,38	1,45	0,50	3,22	1,60	2,49	1,94	0,94	1,78	2,33	1,66	1,71	1,68	3,51	7,38
2	0,87	0,64	1,39	1,41	0,51	3,24	1,58	2,43	1,90	0,91	1,76	2,27	1,63	1,65	1,64	3,46	7,37
3	0,89	0,63	1,40	1,45	0,50	3,20	1,59	2,47	1,92	0,94	1,78	2,36	1,66	1,69	1,67	3,50	7,40
4	0,92	0,64	1,43	1,46	0,52	3,32	1,64	2,53	1,98	0,95	1,82	2,39	1,68	1,71	1,69	3,58	7,70
5	0,86	0,61	1,34	1,39	0,49	3,12	1,55	2,39	1,87	0,90	1,74	2,27	1,60	1,61	1,60	3,39	7,28
6	0,91	0,64	1,42	1,47	0,52	3,28	1,63	2,53	1,98	0,95	1,82	2,39	1,69	1,72	1,70	3,57	7,66
7	0,89	0,61	1,37	1,42	0,49	3,13	1,56	2,44	1,91	0,93	1,75	2,31	1,62	1,65	1,64	3,43	7,31
8	0,90	0,62	1,41	1,45	0,49	3,18	1,59	2,47	1,92	0,93	1,75	2,34	1,64	1,67	1,67	3,48	7,32
9	0,92	0,64	1,45	1,49	0,51	3,32	1,65	2,55	1,99	0,97	1,83	2,42	1,70	1,73	1,73	3,62	7,65
10	0,89	0,61	1,38	1,41	0,49	3,13	1,57	2,43	1,90	0,92	1,73	2,30	1,61	1,64	1,64	3,42	7,29
11	0,89	0,62	1,39	1,44	0,47	3,13	1,59	2,47	1,91	0,93	1,73	2,32	1,65	1,66	1,66	3,47	7,29
12	0,89	0,62	1,40	1,43	0,49	3,12	1,57	2,44	1,90	0,92	1,74	2,32	1,63	1,66	1,65	3,45	7,26
13	0,89	0,61	1,38	1,44	0,48	3,10	1,57	2,46	1,91	0,93	1,75	2,35	1,63	1,67	1,65	3,45	7,25
14	0,91	0,64	1,41	1,45	0,50	3,24	1,61	2,51	1,96	0,95	1,80	2,39	1,67	1,69	1,67	3,53	7,60
15	0,86	0,60	1,34	1,36	0,47	3,04	1,51	2,34	1,83	0,89	1,70	2,25	1,56	1,58	1,58	3,32	7,11
16	1,05	0,73	1,64	1,69	0,59	3,76	1,88	2,91	2,28	1,11	2,04	2,73	1,95	1,96	1,96	4,12	8,70
17	1,09	0,76	1,71	1,75	0,64	4,02	1,98	3,04	2,38	1,16	2,17	2,85	2,02	2,06	2,04	4,32	9,28
18	1,01	0,71	1,58	1,62	0,57	3,61	1,80	2,79	2,19	1,06	1,98	2,60	1,88	1,89	1,89	3,97	8,38
19	1,07	0,75	1,67	1,70	0,61	3,86	1,92	2,96	2,32	1,13	2,09	2,76	1,97	1,99	1,98	4,20	8,93
20	1,06	0,74	1,66	1,70	0,60	3,81	1,89	2,93	2,30	1,13	2,07	2,74	1,97	1,99	1,98	4,18	8,83

11. Köszönetnyilvánítás

Szeretném tisztelettel megköszönni a mentori és konzulensi segítségét Dr. Dubleczy Károlynak, aki a kezdetektől segítette, irányította és támogatta a tudományos munkámat. Mindig bizalommal fordulhattam hozzá a különböző technikai és szakmai akadályok, kérdések esetén. Igazán megtisztelő volt a számomra ez a néhány éves közös szakmai munka.

Szintén külön köszönettel tartozom Dr. Such Nikolettának számára, a tudományos munkám és kísérleteim során nyújtott technikai, statisztikai és szakmai segítségért.

Köszönettel tartozom Dr. Husvéth Ferencnek, Dr. Wágner Lászlónak és Dr. Pál Lászlónak a szakmai beszélgetésekért és az elhangzott javaslatokért.

Emellett köszönettel tartozom a Georgikon Takarmányozástani Tanszékén, valamint az állatkísérleti telepen dolgozó összes kollégának a munkám során nyújtott támogatásukért.

Külön köszönöm Csitkovics Tibor Úrnak az Agrofeed Kft ügyvezetőjének a személyes támogatását és bizalmát a szakmai és tudományos tevékenységem elvégzéséhez.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm szépen a családom, különösen a kedves feleségem támogatását és türelmét, ami nélkül igen nehéz lett volna ezt a munkát elvégezni...