

Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Zárójelentés

**Tejelő szarvasmarha robottakarmány tovább fejlesztése
kiegészítve precíziós NIR eszközzel elvégzett telepi
gyorsvizsgálattal**



Projektazonosító: GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00059

Emőd, 2025.03.21.

Tartalomjegyzék

Bevezetés, a projekt indokoltsága	2
Projektcél, feladatok.....	4
Elvégzett feladatok, eredmények	5
NIR eszköz és laboratóriumi (e-orr) berendezés fejlesztése a PMR minőségi paramétereinek telepi meghatározására	6
Komplex robottakarmány és PMR alapú takarmányozási technológia fejlesztése	9
Robottakarmány etetésének és termelésre gyakorolt jótékony hatásának igazolása.....	10
Huminsav tartalmú takarmánykiegészítő vizsgálata.....	11
Oregánó tartalmú takarmánykiegészítő hatásának vizsgálata	12
Toxinkötő hatású takarmánykiegészítő hatásának vizsgálata.....	15
Összefoglalás.....	16

Bevezetés, a projekt indokoltsága

A szarvasmarhatartásban a takarmányellátás, a trágyaeltávolítás, a tejelő állományok esetében a fejés jelenti a legnagyobb volumenű, egyben a legnehezebb munkát, az agráriumban közismert tény, hogy a tejelő szarvasmarhatartás a mezőgazdaság nehézipara. Az év minden napján, napi több órát igénybe vevő feladatok automatizálásának és robotizálásának lehetőségei hamar felkeltették a szakemberek érdeklődését, a gazdák felől érkező igény a fejlesztési törekvéseket rövidesen visszaigazolta, kontextusba helyezte. A növénytermesztési ágazatban a feladatok karakterisztikájából adódóan korábban és gyorsabban történt az automatizálás, de a technológia fejlődésével elkezdődött a szarvasmarhatartás legmunkaigényesebb műveleteinek fejlesztése, az emberi fizikai jelenlét csökkentése az istállóban. Napjainkban számos munkaterület robotizálása megtörtént, az istállóban megtalálható robotok között a leggyakoribb a takarmánykiosztó, a trágyát takarító, az almozó, valamint a fejőrobot. A nagymértékű munkaerőhiány jelentősen hozzájárul a fejőrobotok terjedéséhez, melyek a fejés mellett számos más funkció betöltésére is alkalmasak. A fejés munkafolyamatával egyidejűleg a rendszer egyedileg azonosítja az állatot, adatokat szolgáltat annak egészségi állapotáról, a fejt tej minőségi paramétereiről, valamint egyedre szabott mennyiségű és típusú kiegészítő abraktakarmánnyal kínálja a tehenet. A fejőrobotok napi használata jelentősen átformálja az addig használt technológia és menedzsment megoldásokat, takarmányozási rendszereket, a robotok hatékonyságának maximalizálására számos koncepcionális módosítást kell végrehajtani.

Az Emődi Mg. Zrt. Magyarországon az elsők között alkalmazta a robotizált takarmányozási technológiát. Céljuk nem csupán a termelési eredmények javítása, hanem egy olyan technológia bevezetése, amely lehetővé teszi a takarmány felhasználásának optimalizálását, az állatok egyedi szükségleteinek figyelembevételével, így növelve a tehenek hosszú és hasznos élettartamát.

Napjainkban a tejelő szarvasmarha telepeken tömegtakarmányokat és kiegészítő takarmányokat használnak, hogy a létfenntartáshoz és a termeléshez szükséges tápanyagokat biztosítsák. Nagyüzemi rendszerekben, így az Emődi Mezőgazdasági Zrt. telepén is, a folyamatos és biztonságos takarmányellátás érdekében monodiétás takarmányozási rendszert alkalmaznak. Az állomány a termelési szintjéhez igazított, tartósított tömegtakarmányokból, gabonákból, fehérjehordozókból, ásványi anyagokból, vitaminokból és egyéb adalékokból álló keveréket (Total Mixed Ration – **TMR**) kap évszaktól függetlenül. A robottechnológia beüzemelése azonban ezt megváltoztatta, bevezetésre került a részleges takarmányadag

(Partially Mixed Ration - PMR), mely kevesebb abrakmennyiséget tartalmaz, mivel a fejőrobot a kiegészítő takarmányként funkcionáló robottáp által egyedi szinten elégíti ki a termelési szintre korrigált abrak fejadagot, amit az állat a fejési idő alatt vesz fel. A robottakarmány ízletes alkotóinak köszönhetően csalogató hatással rendelkezik, ami elősegíti a robot látogatottságot, és olyan célzottan alkalmazott takarmánykomponensekből áll, amely a PMR tápanyagprofilját kiegészítve járul hozzá a megfelelő tápanyagok felvételéhez. A tehenek egyedi azonosítóval vannak ellátva, így a rendszer az egyedi igényeknek megfelelően tudja kiosztani a szükséges mennyiségű abrakadagot. A takarmány fogyasztása és összetétele folyamatosan rögzítésre kerül, ami szükség esetén lehetővé teszi az azonnali beavatkozást.



Fejőrobot az Emődi Mg. Zrt. telepén

Az Emődi Mg. Zrt. telepén azonban nemcsak a kiegészítő takarmányozás történik automatizálva, de az állománnyal etetett tömegtakarmány (PMR) összeállítását és kiosztását is robot végzi. A robot a megadott receptúra alapján összegyűjti a betárolt alapanyagokból a szükséges mennyiséget, majd a keverést követően kiosztja azt a kijelölt állománynak. A robottal történő gyakoribb takarmánykiosztás által nő a takarmányfelvétel száma hiszen az mindig friss PMR-t juttat ki az állatok elé, amit szívesebben fogyasztanak. A bendő pH is kedvezőbben alakul a gyakoribb takarmányfelvételnek köszönhetően, ami jelentős mértékben hozzájárul a bendőacidózis elkerüléséhez.



Tömegtakarmány keverő-kiosztó robot az Emődi Mg. Zrt. telepén

A takarmányozás teljes automatizálásának köszönhetően igen precíz alapanyag és takarmánybeméréssel dolgoznak a telepen így az átlagosnál jobban nyomon követhető a napi takarmányfogyasztás.

Projektcél, feladatok

A projekt célja egy komplex takarmányozási technológia fejlesztése volt, amelynek részeként kialakításra kerülő granulált robottakarmány, az állatok termelési szintjéhez igazodva tartalmaz koncentrált energia- és N-forrásokat. A munka során olyan speciális kiegészítők kerültek felhasználásra, amelyek hozzájárultak az állatok életfenntartó és termelési szükségleteinek maximális kielégítéséhez.

A precíziós eszközök segítségével a takarmányozási szakemberek naprakész információkat kaphattak a PMR és a tartósított tömegtakarmányok fontosabb kémiai összetételéről, ezzel javítva a telepek termelési és gazdaságossági mutatóit. Célunk továbbá az automatizált takarmánykiosztás során készített PMR összetételének telepi gyorsvizsgálata volt egy speciális NIR eszközzel. A fejlesztendő NIR eszköz kiegészítésre került egy laboratóriumi (e-orr) berendezéssel, amellyel részben telepi (NIRS) körülmények között biztosíthatóak a tartósított tömegtakarmányok minőségi vizsgálatai.

A projektben fejleszteni és tesztelni kívánt takarmányok és precíziós eszközök:

1. NIR eszköz a felhasznált takarmány alapanyagok beltartalmi paramétereinek meghatározására telepi körülmények között;
2. E-orr berendezés a felhasznált tömegtakarmányok minőségének meghatározására;
3. Csalogató hatással rendelkező és a tej beltartalmi paramétereit (tejzsír) növelő alapanyagokkal kialakított robottakarmány és PMR;

Elvégzett feladatok, eredmények

A kísérleti munka az Emődi Mg. Zrt. tejelő telepén zajlott két alvállalkozó, a Vitafort Zrt. és az Adexgo Kft. bevonásával. A Vitafort Zrt. a takarmányozási projektben számos fontos feladatot látott el. A projekt során teljes körű mintavételezést hajtott végre (200 db elszámolt minta), majd a mintákat kémiai laboratóriumi vizsgálatoknak vetette alá. A kapott eredmények kiemelkedő jelentőséggel bírtak, hiszen a mintákból származó adatmennyiség az Adexgo Kft. fejlesztési munkájának nélkülözhetetlen alapját képezte, miközben a Vitafort Zrt. szakemberei számára is alapvető információkat nyújtott a receptúrák finomhangolásához és a takarmánykeverékek szakszerű összeállításához.

Az Adexgo Kft. a tömegtakarmányokat, illetve a PMR egyéb alapanyagait kézi NIRS spektrométerrel vizsgálta, valamint az elkészített PMR vizsgálatára kémiai laboratóriumi referencia eredmények felhasználásával NIRS kalibrációs modelleket illesztett, melyek a napi rutinban használható eredményeket szolgáltatottak a takarmányozási szakemberek számára. Ezzel egyidejűleg elektronikus orr alkalmazásával komplex minőségvizsgálatot végzett a tartósított tömegtakarmányokon, az aromajellemzők objektív leírására, mely jelentős előrelépést jelentett az intelligens telepírányítási és takarmányozási rendszerek felé.

A munka során az Emődi Mg. Zrt. feladatai közé tartozott a projekt keretében fejlesztett granulált robottakarmány összetételének meghatározása. Emellett különböző robottakarmányokat tesztelt, és etetési kísérleteket hajtott végre. A kísérletek alatt folyamatosan rögzítette a termelési adatokat, az optimális megoldások kidolgozásért. Munkáját a Vitafort Zrt segítette, a takarmányozási kísérletekhez, a minták laboratóriumi vizsgálatainak eredménye alapján energiaszámításokat végzett és meghatározta a szarvasmarhák viselkedési és élettani mutatóit a takarmányok állományra gyakorolt hatásának definiálására. Kísérleti tervet készített, és folyamatosan értékelte az eredményeket. A projekt során szaktanácsadást nyújtott, ezzel segítve az Emődi Mg. Zrt. menedzsmentjét a szakmai döntéshozatal során. A takarmányok formulázásával a legideálisabb összetétel kialakítására törekedett, hogy az állatok számára optimális tápanyagellátás biztosított legyen. Ezen feladatok összehangolt végrehajtása útján támogatta a projekt sikeres megvalósítását és a hatékony takarmányozási megoldások fejlesztését.

NIR eszköz és laboratóriumi (e-orr) berendezés fejlesztése a PMR minőségi paramétereinek telepi meghatározására

A Vitafort Zrt. 2023. 02.01-től 2024. 04.03-ig 275 db mintát vett és küldött laboratóriumába, ebből 200 darab került elszámolásra a pályázatban. A tömegtakarmányok mintavételezése a 152/2009 EK rendeletben foglaltaknak megfelelően történt. A mintázást követően a Vitafort Zrt. laboratóriumában a kémiai vizsgálatok során a következő paraméterek kerültek meghatározásra: nedvesség, hamu, nyers fehérje, nyerszsír, nyersrost, NDF, ADF, ADL, össz. cukor, keményítő, illózsírsav és tejsav. A laborvizsgálatok során kapott paraméterek eredmények kiemelkedő fontossággal bírtak, hiszen az Adexgo Kft. fejlesztéseinek nélkülözhetetlen alapkőve volt a mintákból származó adatmennyiség, valamint a szakemberek számára is alapvető fontosságú információkat biztosítottak a receptúrák optimalizálásához és a takarmánykeverékek összeállításához szükséges energiaszámításokhoz.

Az Adexgo Kft. „telepi vizsgálatra alkalmas közeli-infravörös spektroszkópiás (NIRS) kalibrációk készítése” című részfeladat végrehajtása során széles minőségi skálát lefedő kukoricaszilázs és rozsszenázs mintákkal végzett közeli-infravörös spektroszkópiás kalibrációfejlesztéseket, melyek slope és bias korrekciója a validációs eredmények alapján történt. A NIR spektrumokat számos hatás torzíthatja. Ezek közé tartoznak a fizikai szerkezetből adódó, a fény szóródásának eléréseire visszavezethető elváltozások. Az azonos kémiai összetételű, de különböző szerkezetű mintákról másként szóródik a fény, így a felvett spektrumok eltérőek lesznek. Az összetétel megfelelő becsléséhez ezeket a hatásokat ki kell iktatni, vagy csökkenteni kell, hogy a spektrumok lehetőleg csak a kémiai információt tartalmazzák (vagy a lehető legkevesebb egyéb információt tartalmazzanak). Az MSC és SNV korrekciók olyan matematikai transzformációk, amelyekkel a fény szóródásának negatív hatásai hatékonyan csökkenthetők. Apró különbségek okán érdemes mindkettőt tesztelni a különböző mintatípusok esetén. A különböző spektrum-előkezelésekkel elkészített NIRS modellek egyes kémiai összetevőkre vonatkozó determinációs együtthatói (R^2) láthatóak az alábbi táblázatban. A 0-1 közötti értékek azt jelölik, hogy mennyire pontosan becsülhető a NIR spektrumokból az adott kémiai összetevő ($R^2 = 1 \rightarrow$ tökéletes becslés, azaz a becsült érték egyezik a kémiai laboratóriumban mért analitikai értékkel). A legjobb eredmények vastagon szedve szerepelnek. A fény szóródása gyakran az abszorbancia lineáris változását (a spektrum y-tengely menti eltolódását) okozza ennek korrekciója deriválás által oldható meg, a derivált spektrumok használatának másik előnye, hogy a biológiai minták NIR spektrumaiban megjelenő átlapoló csúcsokat is szétválasztásra kerülnek, ami sokkal hatékonyabb

adatelemzésre ad lehetőséget. A gyakorlat számára legfontosabb összetevők a nedvesség-, nyersfehérje-, keményítőtartalom. (A szárazanyagtartalom becslésére a nedvességtartalom becslő modellje használandó.) Ezek vonatkozásában az SNV előkezeléssel kombinált 2. derivált adta a legjobb eredményeket, és a szintén fontos rost és rostfrakciók becslésében sem maradt jelentősen alul a 2. derivált előkezeléssel szemben.

	MSC	2. derivált	2. derivált + SNV
Nedvesség	0,92	0,93	0,95
Nyershamu	0,58	0,74	0,77
Nyersfehérje	0,79	0,85	0,86
Nyerszsír	0,83	0,85	0,87
Nyersrost	0,85	0,89	0,87
NDF	0,87	0,90	0,89
ADF	0,74	0,80	0,78
ADL	0,80	0,84	0,80
Keményítő	0,47	0,57	0,65
Összes cukor	0,58	0,60	0,63
pH	0,68	0,79	0,76
Tejsav	0,63	0,69	0,69
Ecetsav	0,60	0,71	0,71
Propionsav	0,29	0,36	0,37
Vajsav	0,50	0,65	0,62
Valeriánsav	0,27	0,41	0,37
Kaprónsav	0,51	0,61	0,57
Tejsav/Ecetsav	0,29	0,52	0,50

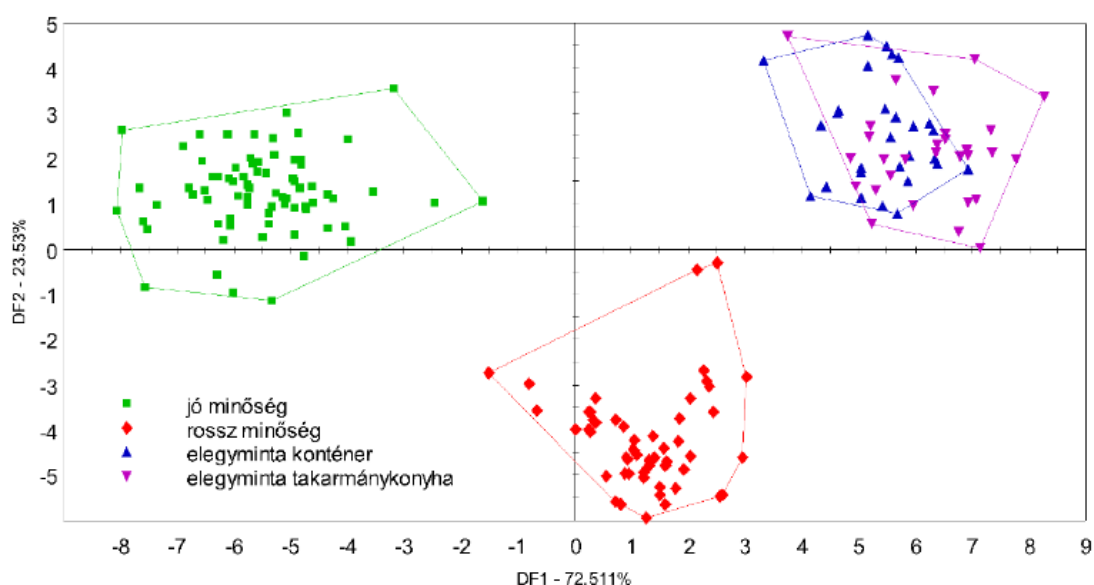
Az Adexgo Kft. által spektrum-előkezelésekkel készített NIRS modellek egyes kémiai összetevőkre vonatkozó determinációs együtthatói

Az Adexgo Kft. szakértői osztályozó modellt készítettek a rossz minőségű szilázs- és szenázsminták azonosítására, illetve tesztet végeztek a mozgásban levő minták NIRS vizsgálatát illetően, melynek során megállapításra került, hogy a 2. deriválás és SNV előkezelés hatékonyan csökkenti a mozgásból adódó spektrális elváltozásokat. Ezen előkezelések kombinálásával a statikus vagy dinamikus spektrumfelvételezésből származó adatok egyaránt használhatóak a kalibrációk és becslések során.

A „tartósított tömegtakarmányok műszeres aromaprofil-vizsgálata” című részfeladat keretében szintén megtörtént a széles minőségi skálát lefedő kukoricaszilázs és rozsszenázs minták aromaelemzése. A rögzített illatmintázatokból kitűnik, hogy a jó erjedésű, érzékszervileg jónak ítélt és táplálóanyagtartalmában is megfelelő erjesztett tömegtakarmányok jelentős eltérést mutatnak a nem megfelelő, penészes és/vagy rohadt mintákkal szemben. A jó

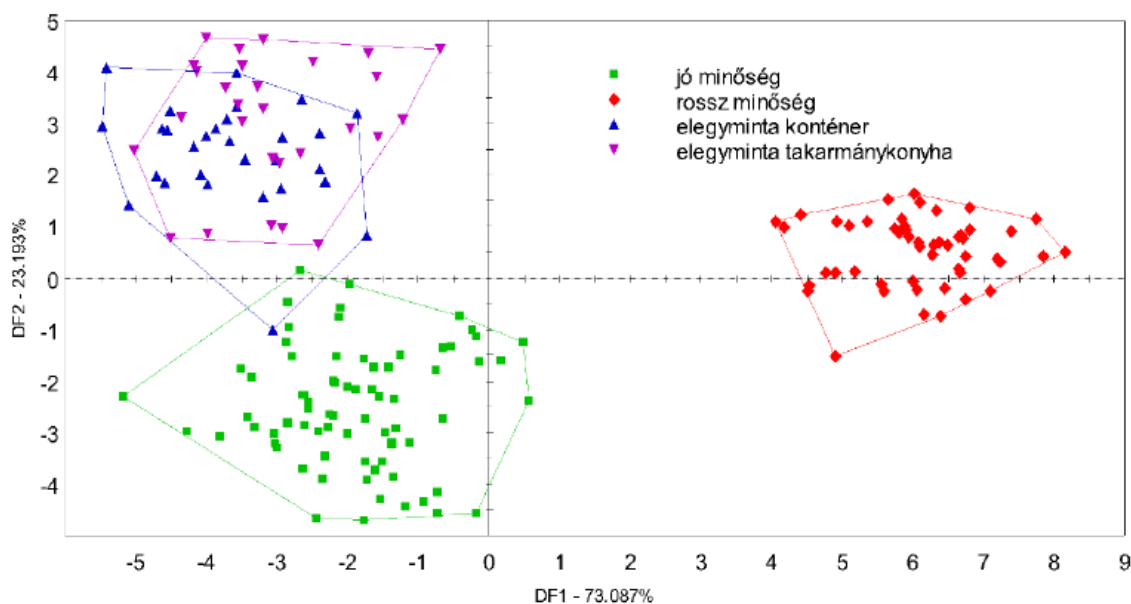
minőségű minták illatprofilja rendkívül gazdag, sok illékony komponens jelenik meg, melyek intenzitása erős. A rossz minőségű minták illatprofiljában kevés illékony komponensre utaló jelet látunk, melyek intenzitása is szerény. A rossz minőségű minták vonatkozásában még az erősebb intenzitások esetén is jó indikátor a szerény számú illatkomponens.

A szakértők osztályozó modelleket készítettek a jó és rossz minőségű szilázs- és szenázsminták illatmintázat alapján történő azonosítására. Ha csak a domináns illatokkal történt főkomponenselemzés, akkor a rozsszenázsok minőségi osztály szerint nem voltak elkülöníthetőek, míg a kukoricaszilázsok esetében a jó minőség csoportja határozottan elkülönült a rossz minőségtől és az elegymintáktól. A grafikonokon használt DF rövidítés a diszkrimináns faktorokra utal. Ezek olyan származtatott változók, melyek generálása az eredeti spektrumadatokból történik lineáris transzformációkkal. A diszkrimináns faktorok az eredeti változók olyan lineáris kombinációi, amelyek mentén a mintacsoportok a leghatékonyabban szétválaszthatók, megkülönböztethetők.



11 Jó és rossz minőségi osztályok közötti elkülönítés kukoricaszilázsoknál – Adexgo Kft.

Irányított osztályozó modellekkel a rozsszenázsok konténerből vett elegymintái hasonlítottak a jó minőségű csoport mintáira, míg a kukoricaszilázsok elegymintái és a jó minőségű minták között jelentős eltérés volt tapasztalható.



A rozsszenázs elegyminták nem teljesen esnek egybe a jó minőségű mintákkal, de DF1 mentén egybeesnek, tehát nagymértékben hasonlítanak a kizárólag jó mintákhoz – Adexgo Kft.

Feltehetően több rossz minőségű kukoricaszilázs kerül a konténerekbe (elegymintákba), mint amennyi bekerül a rozsszenázsba.

Az osztályozó modellek tesztjeként csoportazonosító nélkül kerültek beolvasásra jó és rossz minőségű minták illatprofiljai. A tesztek során az ismeretlen illatmintázatok 70-100%-os megbízhatósággal voltak helyesen azonosíthatóak. A tévesztés gyakoribb volt a jó minőség azonosítása során, tehát nagyobb gyakorisággal találtunk hibásan rossznak azonosított mintát, mint hibásan jónak azonosítottat.

Mindezek jó alapot biztosítanak egy minőséget monitorozó automata érzékelőrendszer kidolgozásához, mely az illatmintázatok az alkalmazott technológiához hasonlóan képes detektálni és feldolgozni.

Komplex robottakarmány és PMR alapú takarmányozási technológia fejlesztése

A fejlesztés során az Emődi Mg. Zrt. különböző robottakarmányokat és PMR-eket vizsgált, hogy felderítse a legoptimálisabb takarmányozási megoldásokat, összesen 4 takarmányozási kísérletet hajtott végre, hogy az elemzéseket követően kijelölhesse a legsikeresebb konstrukciót, konstrukciókat. A Vitafort Zrt. által végzett támogató tevékenység keretében az alvállalkozó, a minták nedvességének, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost- és hamu tartalmának meghatározását követően energiaszámításokat végzett, közreműködött a receptúrák készítésében, módosításában. A receptúrák korrigálása minden esetben a rendelkezésre álló alapanyagbázis beltartalmi (fehérje, rost, energia, vitamin és ásványianyag tartalom stb.) és

minőségi paramétereinek alapján történt (és történik a ma napig) az állomány termelési paramétereinek figyelembevételével. Az Emődi Mg. Zrt.-vel egyeztetve meghatározásra kerültek a projektbe bevont egyedek viselkedési és élettani mutatói, ezeket a paramétereket a fejőrobot rögzítette, figyelembevételük a későbbiekben az egyes takarmányozási kísérletek kiértékelése és a takarmányok receptúrájának összeállítása során a szakmai szempontoknak megfelelően történt. A Vitafort Zrt. a Megrendelővel együttműködve elkészítette a projekt ideje alatt tervezett fejlesztés pontos értékeléséhez és nyomonkövetéséhez szükséges kísérleti tervet. A szaktanácsadási tevékenység a telepi bejárás során szóban zajlott, a konzultáció kiterjedt az állatok részére kijuttatott PMR és abrak takarmány összetevőinek meghatározására és kiosztott adag mennyiségére. A jelentős javaslatok és észrevételek írásban is rögzítésre kerültek. A telepi munka során számos receptúra készült mind a PMR mind az abraktakarmányok optimalizálására, a kívánt termelési célok elérésnek érdekében.

A munka során az Emődi Mg. Zrt. különböző robottakarmányokat és PMR-eket vizsgált, hogy felderítse a legoptimálisabb takarmányozási megoldásokat, összesen 4 takarmányozási kísérletet hajtott végre, hogy az elemzéseket követően kijelölhesse a legsikeresebb konstrukciót, konstrukciókat.

Az Emődi Mg. Zrt. a Vitafort Zrt.-vel együttműködésben a következő kísérleteket tervezte meg és hajtotta végre:

1. Robottakarmány etetésének és termelésre gyakorolt jótékony hatásának igazolása;
2. Huminsav tartalmú takarmánykiegészítő vizsgálata;
3. Oregánó tartalmú takarmánykiegészítő hatásának vizsgálata;
4. Toxinkötő hatású takarmánykiegészítő hatásának vizsgálata;

Robottakarmány etetésének és termelésre gyakorolt jótékony hatásának igazolása

Az első kísérlet 2022.07. és 2023.02. között zajlott, a próba során az Emődi Mg. Zrt. a robottakarmányok mennyiségének takarmányozási rendszerben történő növelhetőségét vizsgálta. Ezen a területen a szakmai trendek két irányba mutatnak, az egyik megközelítés szerint az egy tehénre jutó költségek minimalizálásának érdekében a robottápok mennyiségét jelentősen csökkenteni, vagy teljesen mellőzni kell a rendszerben, míg a másik irányzat támogatja a robottakarmányok alkalmazását, oly módon, hogy azok adagolását a rendelkezésre álló tömegtakarmányok mennyiségéhez és minőségéhez igazítja. Az Emődi Mezőgazdasági Zrt. tapasztalatai alapján a gyakorlat megköveteli a kiegészítő takarmányok alkalmazását,

hiszen egy gyengébb minőségű tömegtakarmány bázis esetén is biztosítani kell a megfelelő tápanyagot, amihez elengedhetetlen a robottápok alkalmazása.

A kísérlet során a tehénlétszám 359 db és 383 db között alakult, a kezdeti átlagos 5,6 kg/állat robottakarmányadagot az idő előrehaladtával fokozatosan átlagos 6,56 kg/ állat mennyiségre emelték a szakértők, ráadásként ezzel egyidejűleg emelkedett a PMR abrakmennyisége, 2022. novemberében 12,3 kg-ra, 2023. februárra pedig már 14 kg-ra nőtt a keverékben az abrakhányad. A szakemberek a vizsgált időintervallumban, és azt követően sem észleltek termeléseszköket, és egészségügyi problémát az állományban, a kísérleti célú változtatás következményként a termelési értékek jelentősen javultak. A kezdeti fejési átlag a kiinduló 35,2 l/állat mennyiségről szeptember hónapban 40,8 l -re emelkedett tehenenként, a januárban mért átlagos hozam 38,4 l/tehen volt. A hozamnövekedéssel egyidejűleg a tej beltartalmi mutatói (tejfehérje, tejszír) is kedvezően alakultak.

Az első kísérlet igen nagy jelentőséggel bírt a több, különböző adalékanyagot vizsgáló kísérletet magába foglaló szakmai tevékenység szempontjából, mivel a további próbák elvégzése előtt igazolásra került a robottakarmány alkalmazásának létjogosultsága és termelésre gyakorolt kedvező hatása. Ez szilárd alapot biztosított a különböző, PMR-be és robottápbba formulázható adalékok pozitív hatásainak vizsgálatához.

A robottakarmányok termelési mutatókra és állategészségügyi állapotra gyakorolt kedvező hatásának bizonyítását követően 3 további takarmányozási kísérlet zajlott le a különböző takarmánykiegészítők felhasználásával. Mivel a próbák során az idő előrehaladtával számos körülmény változott (tömegtakarmány bázis tápanyagtartalma, a kísérletbe bevont egyedek létszáma, külső hőmérséklet, az adott kísérlet hossza stb.) a szakértők mindhárom esetben az adott kísérletben-szakaszban szereplő kontroll és a kísérleti takarmányt fogyasztó állomány teljesítményét hasonlították össze egymással, hogy szakmailag releváns képet kapjanak az adott kiegészítő termelésre gyakorolt hatásáról. A kontroll és kísérleti robottakarmány kimérése és kiosztása a fejőrobotban, egyedi adagolással történt.

Huminsav tartalmú takarmánykiegészítő vizsgálata

A második kísérlet során a szakértők egy huminsav hatóanyagú készítmény hatását vizsgálták megszakításos rendszerű kísérletben, ezt a készítményt robotfejéses technológiában még nem alkalmazták. A huminsav az immunrendszer támogatásán keresztül nagy mértékben járul hozzá a szervezet egészséges működéséhez. Méregtelenítő képessége jelentős, fémekkel és egyéb kationokkal komplexeket képez, így működik közre a toxikus nehézfémek

szervezetből történő eltávolításában. Számottevő antioxidáns hatással rendelkezik, hatékonyan semlegesítheti a szabadgyököket, nagy fajlagos felületének köszönhetően az aktív szénnél is hatásosabban köti meg a méreganyagokat. Támogatja a bélrendszer egészségét, elősegíti a tápanyagok jobb felszívódását, quinoín tartalma révén részt vesz a sejtek energiatermelő folyamataiban, ez magyarázza immunerősítő hatását. A huminsav hatóanyagú készítmény a PMR-be keverve került az állatok takarmányába.

A kísérlet során az átlagos állatlétszám a kontrollszakaszokban 91,41 db, míg a kísérleti szakaszokban 95,18 db volt. A vizsgálat 2024. január 2. és 2024. május 3. között zajlott, váltakozó szakaszokra bontva. A teljes időtartam alatt négy kontroll- és három kísérleti szakasz került kialakításra, ami lehetővé tette a takarmányozási hatások közvetlen összehasonlítását ugyanazon populáción belül.

Csoportok	Átlagos Tehénlétszám db	Átlagos Tejtermelés l	Átlagos Tejtermelés / Tehén l	Átlagos Tejsírtartalom %	Átlagos Tejfehérje tartalom %	Kérődzéssel töltött percek átlaga	Átlagos robottáp fogyasztás / tehén kg
Kontroll	91,41	4 219,28	45,73	3,95	3,53	571,95	7,34
Kísérleti	95,18	4 396,62	45,87	3,98	3,55	572,65	7,36

Huminsav tartalmú kiegészítő hatását vizsgáló kísérlet során mért és összesített eredmények

A vizsgált időszakban a kísérleti csoport összes átlagos tejtermelése létszámfőlényéből adódóan magasabb volt (4 396,62l) az egy tehenre számított átlagos tejhozam azonban szinte teljesen megegyezett a két csoport esetében (kísérleti szakaszok átlaga 45,87 l, míg a kontroll szakaszok átlaga 45,73 l). Hasonló tendenciát mutatott a kérődzéssel töltött idő (kísérleti szakaszok átlaga 572,65 perc míg a kontroll szakaszok átlaga 571,95 perc), a robottáp felvétel valamint a tejsír és tejfehérje mennyiség is. A kísérlet folyamán mért mutatók alapján kijelenthető, hogy a kontroll és kísérleti szakaszokban nem jelentkezett számottevő különbség az állatok teljesítményében.

Oregánó tartalmú takarmánykiegészítő hatásának vizsgálata

A harmadik kísérlet keretében egy korábban fejőrobot technológiában nem alkalmazott, oregánó alapú hatóanyag kombináció került a fejőrobot takarmány receptúrájába. Az oregánó illóolajában található karvakrol és timol erőteljes antimikrobiális, valamint gyulladáscsökkentő tulajdonságokkal rendelkezik, amelyek nemcsak a tőgy egészségi állapotának javulásához és a szomatikus sejtszám mérséklődéséhez járulnak hozzá, hanem az immunrendszer működését is serkentik. Az oregánó alkalmazása elősegíti továbbá az emésztés hatékonyságának növekedését, mivel a tápanyagok felszívódása – mind a bendőben, mind a vékonybélben –

kedvezőbbé válhat a bélfalak átjárhatóságának fokozódása révén. Aromás összetevői étvágyserkentő, csalogató hatással bírnak, így növelik a robottakarmány iránti fogyasztási hajlandóságot és a fejőrobot látogatottságát. Alkalmazása hozzájárulhat a légzőszervi megbetegedések megelőzéséhez, illetve a regenerációs folyamatok támogatásában is pozitív hatása lehet.

A kísérlet két szakaszban zajlott. Az első szakasz 2024. szeptember 1. és október 6. között, 36 napig, míg a második szakasz november 15-től december 26-ig, 24 napon át tartott, mindösszesen 60 napon keresztül fogyasztották a kijelölt állatok a kísérleti robottakarmányt. A szakértők az állományt két részre osztották, a kontrollcsoport a telepen használt robottakarmányt kapta, míg a kísérleti csoportban napi 2 kg kontrolltakarmányt oregánó tartalmú robottakarmánnyal váltottak ki. Az első szakaszban a kontrollcsoport átlagos létszáma 43,75 db tehén, a kísérleti csoporté 43,22 db állat volt. A második szakaszban résztvevő tehenek átlagos létszáma kontrollcsoportban 44,43 db, míg az oregánó kiegészítéssel takarmányozott csoportban 36,79 db egyedet vontak be.

Csoportok	Átlagos Tehénlétszám db	Átlagos Tejtermelés l	Átlagos Tejtermelés / Tehén l	Átlagos Tejzsírtartalom %	Átlagos Tejfehérje tartalom %	Kérődzéssel töltött percek átlaga	Átlagos robottáp fogyasztás / tehén kg
Kontroll	43,75	1 895,53	44,64	3,68	3,32	550,61	8,49
Kísérleti	43,22	2 036,12	47,27	3,62	3,27	596,24	9,16

Oregánó tartalmú kiegészítő hatását vizsgáló kísérlet első szakaszának eredményei

Az első szakasz keretében a kísérleti csoport tehenei átlagosan több tejet termeltek (2 036,12 l), mint a kontroll csoport egyedei (1 895,53 l), ami tehenenként napi 2,63 liter többlet átlagos tejhozamot eredményezett. Ezzel párhuzamosan megfigyelhető, hogy a kontroll csoportban enyhén magasabb tejzsír értéket rögzített a rendszer, (3,62%), miközben a tejfehérje-tartalomban alig mutatkozott eltérés a két állományban mért értékek között. A robottáp fogyasztás a kísérleti csoportban magasabb volt, (9,16 kg) ezzel együtt itt a tehenek 45,63 perccel több időt töltöttek kérődzéssel (596,24 perc), mint a kontrollcsoport tagjai. Az első szakaszban a kísérleti takarmánnyal etetett tehenek valamivel kisebb létszáma ellenére jobb termelési mutatók nagyobb robottápfogyasztás és aktívabb kérődzés volt megfigyelhető.

A második szakaszban a kontroll csoport állatai átlagos tejtermelés (1 873,69 l) tekintetében létszámfölényükből adódóan megelőzték a kísérleti csoport teheneit (1 557,30 l), azonban az egyedre vetített átlagos tejhozam magasabbnak bizonyult a kísérleti csoportban (44,62 l).

Csoportok	Átlagos Tehénlétszám db	Átlagos Tejtermelés l	Átlagos Tejtermelés / Tehén l	Átlagos Tejsírttartalom %	Átlagos Tejfehérje tartalom %	Kérődzéssel töltött percek átlaga	Átlagos robottáp fogyasztás / tehén kg
Kontroll	44,43	1 873,69	42,08	4,01	3,56	548,31	8,07
Kísérleti	36,79	1 557,30	44,62	3,91	3,54	583,98	8,23

Oregánó tartalmú kiegészítő hatását vizsgáló kísérlet második szakaszának eredményei

Az első szakaszhoz hasonlóan tej összetétel tekintetében minimális eltérések mutatkoztak: a kontroll állományban mért tejsírttartalom kissé magasabb volt (4,01% vs. 3,91%), míg a tejfehérje tekintetében gyakorlatilag nem volt különbség a két csoport között. A kísérleti kiegészítést tartalmazó robottápot fogyasztó tehenek ezúttal is több takarmányt fogyasztottak (8,23 kg), és több időt töltöttek kérődzéssel is (583,98 perc) mint a kontroll állományba osztott állatok. A kísérleti csoport kedvezőbb kérődzési idővel, némileg alacsonyabb össztermelés és tejsírttartalom mellett ismét felülmúlta átlagos egyedi tejtermelés tekintetében a kontroll teheneket.

A két kísérleti szakasz átlagát vizsgálva megállapítható, hogy a kísérleti csoportban kisebb tehénlétszám szerepelt (40 db), mint a kontrollcsoportban (44 db), ennek megfelelően itt az összesített átlagos tejtermelés összege is alacsonyabb volt (1 797 l vs. 1 885 l). Ugyanakkor az egy tehenre számított átlagos tejhozam magasabb volt a kísérleti takarmányt fogyasztó csoportban (45,95 l), mint a kontrollban (43,36 l), ehhez nagyobb mennyiségű robottakarmány átlagfogyasztás (8,70 kg) és hosszabb kérődzéssel töltött idő (590,11 perc) társult. A tej beltartalmi mutatói tekintetében a kontroll állományban minimálisan magasabb átlagos tejsírttartalom detektálható (3,85%) míg a tejfehérje esetében a kísérleti csoport enyhén alulmúlta a kontroll eredményeit (3,41% vs. 3,44%).

Csoportok	Átlagos Tehénlétszám db	Átlagos Tejtermelés l	Átlagos Tejtermelés / Tehén l	Átlagos Tejsírttartalom %	Átlagos Tejfehérje tartalom %	Kérődzéssel töltött percek átlaga	Átlagos robottáp fogyasztás / tehén kg
Kontroll	44	1 885	43,36	3,85	3,44	549,46	8,28
Kísérleti	40	1 797	45,95	3,77	3,41	590,11	8,70

Oregánó tartalmú kiegészítő hatását vizsgáló kísérlet összesített eredményei

A két szakasz átlagát elemezve jól látható, hogy a kísérleti csoport tehenei egyenként nagyobb tejhozamot produkáltak, több időt töltöttek kérődzéssel, és valamivel több tápot fogyasztottak, miközben a tej beltartalmi értékei csak minimálisan tértek el egymástól.

Toxinkötő hatású takarmánykiegészítő hatásának vizsgálata

Az utolsó kísérletben toxinkötő takarmányadalék hatását tesztelte az Emödi Mg. Zrt. A vizsgált takarmánykiegészítő egy összetett, többféle gyógynövényi eredetű hatóanyagot tartalmazó készítmény, amelyet a korábbi két kísérlethez hasonlóan ebben a formában még nem alkalmaztak robottakarmányozás során. A termék több területen is kifejti jótékony hatását. Elsősorban kiváló mikotoxinkötő képességének köszönhetően csökkenti a toxinok felszívódását, ezáltal mérsékli azok káros élettani következményeit. Ezen túlmenően támogatja a máj méregtelenítő funkcióját, az immunrendszer megerősítése révén fokozza az állatok természetes védekezőképességét, így segítve elő a különféle gyógykezelések eredményességét. A készítmény hatóanyagai gátolják a penészgombák elszaporodását a takarmányban, így javítva annak mikrobiológiai biztonságát.

A kísérlet 2025. január 26. és 2025. február 17. között valósult meg, programban résztvevő tehénállományt kontroll- és kísérleti csoportokra osztották a szakértők. A kísérleti csoport a napi robottápadagjába 2 kg mennyiségben meghatározott kísérleti takarmányadalékkal formulázott robottakarmányt fogyasztott egyedi kiosztással, a fejőrobot által adagolva. A teljes kísérleti időszakban az átlagos állatlétszám a kontrollcsoportban 53,13 db tehén, míg a kísérleti csoportban 45,65 egyed volt.

Csoportok	Átlagos Tehénlétszám db	Átlagos Tejtermelés l	Átlagos Tejtermelés / Tehén l	Átlagos Tejsírtartalom %	Átlagos Tejfehérje tartalom %	Kérődzéssel töltött percek átlaga	Átlagos robottáp fogyasztás / tehén kg
Kontroll	53,13	2 041,27	35,44	3,96	3,60	537,62	6,64
Kísérleti	45,65	1 765,02	36,00	4,00	3,61	545,68	6,68

Toxinkötő hatású kiegészítőt vizsgáló kísérlet összesített eredményei

A toxinkötő hatását vizsgáló kísérlet során a kisebb állatlétszámból adódóan az összes átlagos tejtermelésben a kísérleti csoport (1 765,02 l) elmaradt a kontrollcsoport teljesítményétől (2 041,27 l), ez a tendencia az egyedre kalkulált átlagos termelés során is érvényesült (kontroll teljesítmény: 36,00 l vs. kísérleti teljesítménye: 35,44 l). Átlagos tejsír tekintetében a kísérleti kiegészítőt fogyasztó csoportnál mért érték magasabb volt (4,00%) míg tejfehérje tekintetében szinte teljesen megegyezett a két állomány teljesítménye. A kérődzéssel töltött idő is magasabb volt a kísérleti állatoknál (545,68 perc) míg az elfogyasztott robottáp mennyiségében szinte alig volt mérhető különbség. A kísérleti takarmány alkalmazása mellett a tejhozam tehénre kalkulált értékében enyhe javulást volt tapasztalható, míg a tejminőség stabil maradt, az állatok viselkedése és takarmányfelvétele pedig nem változott érdemben.

Összefoglalás

Szakmai körökben a mai napig közismert tény, hogy a tejelő szarvasmarhatartás a mezőgazdaság nehézipara. Bár a növénytermesztési ágazatban a feladatok jellegéből adódóan hamarabb történt az egyes folyamatok automatizálása, a technológia fejlődésével napjainkban már az állattenyésztés és így a szarvasmarhatartás számos műveletének robotizálása is lezajlott. Az Emödi Mezőgazdasági Zrt. Magyarországon az elsők között alkalmazta a robotizált fejés technológiáját, és bár jelentős tapasztalattal rendelkezik a területen, kiemelten fontosnak tartja infrastruktúrájának és folyamatainak fejlesztését. Ennek okán kezdeményezte és valósította meg a GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00059 kódszámú pályázatban rögzített innovációs folyamatot, melynek fő célja az egyedre szabott automatizált takarmányozási technológiában rejlő további lehetőségek feltárása, valamint a takarmányminőség gyors és pontos telepi ellenőrzését lehetővé tevő megoldások kutatása volt. A projekt alapját egy olyan korszerűsített robottakarmányozási rendszer fejlesztése képezte, amelyben kiemelt szerepet kaptak az érzékelési technológiákon, valamint a takarmány-összetétel precíz analíziséen alapuló döntéstámogató eszközök.

A projekt átfogó célkitűzései között szerepelt a robottakarmány táplálóanyag-tartalmának további optimalizálása, a tömegtakarmány (**Partially Mixed Ration**) beltartalmi paramétereinek valós idejű monitorozása, valamint a telepi takarmányozás hatékonyságának javítása. Ehhez korszerű, a PMR-keverékek, szarvasmarha telepen történő takarmánykiosztása során alkalmazható, gyors vizsgálatát lehetővé tevő közeli infravörös (NIR) spektroszkópiás kalibrációk kerültek kifejlesztésre, melyet kiegészített az erjesztett tömegtakarmányok illatprofilját elemző, pontos és objektív mérést elősegítő elektronikus orr (e-orr) laboratóriumi vizsgálati módszer, lehetővé téve a mikrobiológiai szempontból kifogásolható tételek korai felismerését is.

A pályázatban lezajlott fejlesztési munka három fő részből épült fel. A Vitafort Zrt. által végzett átfogó mintavételezés és laboratóriumi analízis eredményei szolgáltatták Adexgo Kft. a kézi NIR spektrométerekhez fejlesztett a kalibrációs modelljeinek alapját. A tesztmérések alapján a kalibrációk sikeresen alkalmazhatók a napi rutinvizsgálatokban, képesek a PMR-keverékek folyamatos ellenőrzésének biztosítására. A kémiai összetevők – különös tekintettel a nedvességtartalomra, nyersfehérjére, keményítőre és rostfrakciókra – becslésében elért R^2 értékek jól mutatják a modellek megbízhatóságát és gyakorlati alkalmazhatóságát.

A precíziós takarmányozás támogatása érdekében az e-orr technológia lehetővé tette az aromakomponensek gyors azonosítását és az erjedési folyamat minőségi mutatóinak részletes elemzését. A rögzített illatmintázatok alapján a jól erjedt, takarmányozásra alkalmas szilázs- és szenázsminták, megfelelően elkülöníthetőek voltak a mikrobiológiailag problémás, penészes vagy romlott anyagoktól.

A robottakarmány tesztelését és formulázását az Emődi Mg. Zrt. a Vitafort Zrt.-vel együttműködve végezte, a munka során különféle kísérleti takarmány kiegészítőket vizsgáltak a termelési paraméterek, viselkedési jellemzők és élettani mutatók nyomon követésével. A különböző formulák hatásait tejhozamra, tejsír- és tejfehérje-tartalomra, valamint az állatok napi takarmányfelvételére vonatkozóan is értékelték, ezzel biztosítva a legmegfelelőbb receptúra kiválasztását. A három kísérleti anyag összehasonlítása során az oregánó tartalmú kiegészítő kombinációt használó technológia bizonyult a legeredményesebbnek, hiszen a kísérleti csoportba osztott tehenek nagyobb egyedre kalkulált átlagos tejhozamot produkáltak, több időt töltöttek kérődzéssel, és valamivel több tápot fogyasztottak, mint a kontrollcsoport állatai, miközben a tejsír és tejfehérje értékekben szinte egyáltalán nem volt különbség a vizsgált csoportok között.

Összegzésképpen megállapítható, hogy a projekt során megvalósított innovációk jelentős előrelépést hoztak a tejelő szarvasmarhatartás modernizációjában. A precíziós takarmányozási rendszer és a hozzá kapcsolódó telepi diagnosztikai eszközök integrálása révén az állomány egészségi állapota, termelési hatékonysága és a takarmányozás biztonsága is magasabb szintre emelkedett. A kutatás-fejlesztési projekt hozzájárult a digitális állattartás és a precíziós mezőgazdaság fejlődéséhez. Az automatizált rendszerek és az integrált érzékelési megoldások révén nemcsak a gazdaságos termelés, hanem a környezeti fenntarthatóság is új dimenzióba került.

A rendelkezésre álló NIR kalibrációk és E-orr módszertan további távlatokat nyit az új takarmány minőségi paramétereit helyszínen meghatározni képes keverő-kiosztó kocsik és egyéb telepi infrastruktúrába építhető rendszerek fejlesztése felé, melyek a segítségével a telepi döntéstámogató rendszer az aktuális alapanyagbázis tápanyagtartalma alapján tehet javaslatot a receptúra megváltoztatására, illetve az egyes komponensek adagolására. A takarmánykiegészítő alapján kidolgozott rendszer pedig jelentősen hozzájárulhat az állomány egészségi állapotának fenntartásához, termelésének növeléséhez.