

A béta-kazein genotípus hatása magyar tarka tehénállomány első laktációs tejtermelésére

The effect of beta casein genotype on first lactation milk production in Hungarian Simmental cows

KOVÁCS Ákos Péter – BENE Szabolcs – ABELLA Dorina – ASBÓTH Zoé –
POLGÁR J. Péter

ÖSSZEFOGLALÁS

A hazai kettőshasznú magyar tarka állományok tejtermelése az utóbbi 25 évben jelentős mértékben nőtt. A tejtermelés növelésére irányuló szelekció mellett a Magyartarka Tenyésztők Egyesülete (MTE) törekszik a hústermelési és fitness tulajdonságok javítására is. A tejtermelés gazdasági pozícióinak javítását szolgálhatja olyan minőségi tulajdonságra történő szelekció is, mint az A2 tej előállítására szolgáló homozigóta tehénállomány előállítása. Vizsgálati adatainkat a MTE genom szelekciós adatbázisából, valamint a telep termelésellenőrzési adatbázisából gyűjtöttük ki. A telepi adatbázisban, a telepmenedzsment rendszerben tárolt információkból az ENAR azonosítás alapján 1452 egyed esetében kaptunk genom tenyészérték (TÉ) adatokat, amihez 2023. évi legyűjtéssel 1010 egyednél sikerült lezárni, 305 napra korrigált laktációs termelési adatot párosítani. Az egyedek közül 599 egyed volt A2A2 homozigóta. A genotípus és évjárat hatások egytényezős varianciaanalízis segítségével értékeltük. A vizsgált magyar tarka tehénállomány esetében az A2A2 genotípus és az A2A1 genotípus is több, mint 40%-os részarányal volt jelen, így az A2 státuszra történő szelekció üzemi szinten rövid időn belül megvalósítható lenne. Az A2 homozigóta egyedek első, 305 napra korrigált laktációs tejtermelése csak kis mértékben, statisztikailag nem bizonyított arányban maradt el a jelenlegi teljes populáció átlagos tejtermelésétől. A fejt magyar tarka tehének tej TÉ adatai a tehének születési évjáratára szerint bizonyítottan eltértek. A trend emelkedő volt, az érték évente átlagosan 0,7 ponttal nőtt.

Kulcsszavak: magyar tarka, tenyészérték, laktációs termelés, A2 tej

SUMMARY

Objective: The milk production of domestic dual-purpose Hungarian Simmental (HS) herds has increased significantly in the last 25 years. In addition to selection aimed at increasing milk production, the Association of Hungarian Simmental Breeders also strives to improve meat production and fitness traits. Selection for quality traits such as homozygous cow herds for A2 milk production can improve the economic position of dairy production.

Methods: Our study data were collected from the genome selection database of the Association and from the production control database of the farm. From the information stored in the farm database and farm management system, we genomic obtained breeding value data for 1452 individuals based on ENAR identification, to which we managed to match closed lactation production data corrected to 305 days for 1010 cows with the collection in 2023. Of the individuals, 599 were A2A2 homozygotes. The genotype and year effects were evaluated using a one-way analysis of variance using SPSS 29.0 software.

Results: In the case of the examined HS cow population, both the A2A2 genotype and the A2A1 genotype are present with a proportion of more than 40%, so selection for A2 status can be implemented at the farm level within a short time. The first lactation milk production of A2 homozygous individuals, corrected for 305 days, is only slightly, statistically unproven, lower than the average milk production of the current entire population.

Conclusions: The milk breeding value data of the Hungarian variegated cows differ demonstrably according to the year of birth of the cows, the trend is increasing, the value increases by an average of 0.7 points per year.

Keywords: Hungarian Simmental, breeding value, milk yield, A2 milk

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A hazai kettőshasznú magyar tarka (MT) állományok tejtermelése az utóbbi 25 évben jelentős mértékben nőtt. A tejtermelés növelésére irányuló szelekció mellett a Magyartarka Tenyésztők Egyesülete (MTE) törekszik a hústermelési és fitness tulajdonságok javítására is. A tejtermelésben a fajta versenyhelyzetének javítására olyan tulajdonságok figyelembe vétele is perspektivikus lehet, amelyek az értékesített nyerstej egységnyi volumenére jutó átlagárát növelni tudják (Horn, 1977). Ilyenek a tejsír és a tejfehérje koncentráció növelése, a feldolgozási hatékonyság irányában pozitívan ható kappa-kazein polimorfizmus bizonyos változatai, és jelenlegi vizsgálatunk tárgya, a béta-kazein polimorfizmus A2 változata (Csapó és mtsai, 2014). A polimorfizmusnak mintegy 8 változata ismert (Baranyai, 2000), de az A1 és A2 van jelen a legnagyobb arányban. Az A2 volt az eredeti, míg az A1 vélhetően egy mutáció során jött létre, és az intenzív tejtermelésre történő szelekció során terjedt el. A béta-kazein változat homozigóta állapot esetében nem eredményez olyan emésztés-élettani negatív hatásokat, mint amit az A1 változat esetében számos esetben leírtak (Jeong és mtsai, 2024; Kay és mtsai, 2021; KErn, 2019; Jianqin és mtsai, 2016). A β -CN A1 variáns emésztése során, az aminosav csere hatására egy 7 aminosav hosszúságú peptid szakasz, a β -kazomorfín-7 (BCM-7) keletkezik (Bell és mtsai, 2006; Yoshikawa, 2013). A BCM-7 peptidet számos kutatás összefüggésbe hozta egyes emésztési problémákkal, tejcukor érzékenységgel, 1-es típusú cukorbetegség és bizonyos szívbetegségek kialakulásával.

A hazai piac esetében a feldolgozó-üzemi felvásárlás jelenleg nem vásárol fel célzottan A2A2 genotípusú állatoktól származó tejet, így számos termelő maga állít elő ebből tejtermékeket (Pl.: <https://zilda.hu/a2-tej>). Ezeknek forgalmazása pozitív, növekvő pályára állt, már a hipermarketek polcain is megjelentek a termékek. Az állományok erre irányuló szelekciója egyszerű, hiszen a nőivarú állomány A2 státuszra történő tesztelése már számos genomikai laborban lehetséges. A tejből történő hazai vizsgálat az MTKI laborjában már elindult (Buzás, 2022; Buzás és mtsai, 2022). A tenyészbikák kiválasztásánál mind a külföldi, mind a hazai forgalmazott termékenyítőanyag választékban (Pl.: <https://www.semex.hu/a2a2>) feltüntetésre kerül a béta-kazein változat. Az állományok esetében változó arányban, de jelentős mértékben van jelen az A2A2 homozigóta státuszú állat.

Amennyiben a tejtermelő állományunkban a tenyésztésre kijelölt tehénállományban favorizáljuk az A2A2 genotípust, mindkét ivari partner ismert genotípusa alapján gyors szelekciós előrehaladásra számíthatunk. A jelenleg termelésben lévő állomány adatainak beazonosítása a magyar tarka állományokban a genomszelekciós eljárás alkalmazásával együtt vált lehetségessé, mivel az erre vonatkozó adatokat a genetikai minta értékelése során minden, a programba bekerülő egyednél rögzítik. A genomszelekciós eljárás felgyorsítja a szelekciós folyamatokat, a fiatal bikák tenyésztésbe történő bevonása a tenyészérték becsléséhez szükséges lényegesen rövidebb idő miatt drasztikusan gyorsulhat.

Vizsgálati célunk egy olyan állomány adatainak értékelése volt, amely a hazai MT tenyésztés egyik zászlóshajója. Mind tenyészbika előállításban, mind tejtermelésben az élvonalat képviseli. Nagy létszámú fejt tehénpopulációjára rendszeresen alkalmazzák a termékenyítésben külföldi, javító kategóriájú tenyészbikák termékenyítőanyagát is.

2. Anyag és módszer

Adatainkat a MTE genomszelekciós adatbázisából, valamint a telep termelés-ellenőrzési adatbázisából gyűjtöttük ki. Az állomány genetikai mintái egy európai közös hegyi tarka adatbázisban kerülnek értékelésre. A farokszőr, majd jelenleg már fülporc eredetű minták egy genetikai laborban kerülnek szekvenálásra. A kijelölt tulajdonságokat örökítő gének SNP polimorfizmusainak azonosítása után (Heins, 2022) a nyers adatok a bajor feldolgozóközpontban német, osztrák, cseh és magyar közös tenyésztéértébecslési adatbázisba kerülnek. A tenyésztéértékek (TÉ) becslése egylépcsős (*single-step*) eljárással történt, ahol a genetikai minták adatait a tenyésztők által küldött fenotípusos adatokkal összevetve értékelik ki. Ennek a közös adatbázisnak az átlagos - 100 pontra beállított - értékét a 4-5 éves tehenek átlagadatai alapján sztenderdizálják. Ehhez az átlaghoz viszonyítva történik meg az egyes állatok esetében az adott tulajdonságra becsült TÉ pontszám kalkulációja.

A telepi gyakorlatban a tenyészűszők vemhesítése 16-18 hónapos korban történik, így az első laktációs termelések az egyedek 25-28 hónapos korában zárulnak le. A telepi adatbázisban, a telepmenedzsment rendszerben tárolt információkból az ENAR azonosítás alapján 1452 egyed esetében kaptunk TÉ adatokat, amihez 2023. évi legyűjtéssel 1010 egyednél sikerült lezárni, 305 napra korrigált laktációs termelési adatot párosítani.

A vizsgált hatásokat (genotípus, évjárat) egytényezős varianciaanalízis segítségével értékeltük, melyhez az SPSS (2020) szoftvert használtuk. A modellben Tukey-teszt statisztika próba alkalmazásával állapítottuk meg a bizonyítottság mértékét.

3. Eredmények és értékelésük

A vizsgált paraméterek a TÉ becslési eljárásban közölt genom alapú tenyésztéértékek, amelyeket a tehenek 305 napos első laktációs tejtermelésével vetettünk össze (1. táblázat).

Az állományt 7000 kg fölötti éves, átlagos tejtermelése a hazai legjobb tenyészetek sorába emeli. Érzékelhető, hogy a TÉ vizsgált állományra vonatkozó átlagai a fejési sebesség kivételével elmaradnak az teljes adatbázis átlagos, 100 pontos értékétől. A bajor és osztrák hegyi tarka tenyésztés (*Fleckvieh*) eredményei sok évtizedes, kifejezetten a tejtermelés erősítését célzó munka nyomán alakultak ki, de mára a cseh tenyésztés is kifejezetten erőssé vált. A hazai egyesületi szemlélet a klasszikus kettős haszonvétel megőrzésére helyezi a hangsúlyt úgy, hogy a tejtermelés erőteljes javítására történő törekvés mellett a hústermelő-képesség legalább szinten tartása elvárás. A fitness tulajdonságokra történő szelekció térnyerése az európai tenyésztői munkában az utóbbi időben jelentős mértékű, lényegesen nagyobb hangsúlyt kap, mint korábban.

Így tejtermelési paraméterek mellett a tőgyegészség, szomatikus sejtszám, fejési sebesség, tőgygyulladás és a tőgy küllemi összpontszám adataira is figyelmet fordítanak.

Az A2 státusz felmérése alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált magyar tarka tehénállományban 14,6% A1A1 homozigóta, 44,01% heterozigóta és 41,39% A2A2

1. táblázat: A vizsgált adatbázis leíró statisztikája

Paraméterek (1)	N	Min.	Max.	Átlag (2)	Szórás (3)	cv%
Összevont TÉ (4)	1448	66	130	95,13	10,33	10,86%
Tej TÉ (5)	1448	71	127	97,91	9,13	9,32%
Hús TÉ (6)	1448	75	121	98,11	6,73	6,86%
Fitness TÉ (7)	1448	66	126	97,24	8,59	8,83%
Tőgyegészség TÉ (8)	1448	69	127	96,24	7,92	8,23%
Szomatikus sejt szám TÉ (9)	1448	75	125	96,67	7,79	8,05%
Fejési sebesség TÉ (10)	1448	74	128	100,51	8,30	8,26%
Tőgygyulladás TÉ (11)	1448	70	124	98,22	8,03	8,17%
Tőgy pont TÉ (12)	1448	65	130	95,34	9,01	9,45%
305 napos tejtermelés kg (13)	1010	2353	11107	7328,31	1509,76	20,60%
305 napos zsír kg (14)	1010	77,40	496,30	283,54	64,46	22,73%
305 napos fehérje kg (15)	1010	77,50	390,70	261,70	51,47	19,67%

TÉ = tenyésztési érték (16)

Table 1: Descriptive statistic of the examined database

parameters (1); mean (2); standard deviation (3); merged BV (4); milk yield BV (5); meat BV (6); fitness BV (7); udder health BV (8); somatic cell count BV (9); milking speed BV (10); mastitis BV (11); udder score BV (12); 305 day milk yield (kg) (13); 305 day milk fat yield (kg) (14); 305 day milk protein yield (kg) (15); BV = breeding value (16)

2. táblázat: A béta-kazein genotípus TÉ-re gyakorolt hatása

Vizsgált paraméter (1)	Béta-kazein genotípus (2)	N	Átlag (3)	Szórás (4)	Minimum	Maximum
Összevont TÉ** (5)	A1A1	212	96,58	10,15	69	126
	A1A2	639	95,52	10,60	68	130
	A2A2	601	94,09	10,09	66	128
	Összesen (9)	1452	95,08	10,36	66	130
Tej TÉ (6)	A1A1	212	99,05	9,35	72	123
	A1A2	639	97,86	9,13	70	122
	A2A2	601	97,41	9,18	71	127
	Összesen (9)	1452	97,85	9,19	70	127
Hús TÉ (7)	A1A1	212	97,75	7,33	75	121
	A1A2	639	98,38	6,79	81	120
	A2A2	601	97,95	6,41	79	119
	Összesen (9)	1452	98,11	6,72	75	121
Fitness TÉ** (8)	A1A1	212	98,06	8,64	75	121
	A1A2	639	97,94	8,62	75	126
	A2A2	601	96,24	8,45	66	122
	Összesen (9)	1452	97,25	8,59	66	126

** = 1%-os szinten bizonyított hatás (10); TÉ = tenyésztési érték (11)

Table 2: The effect of beta-casein genotype on BV

parameters (1); beta-casein genotype (2); mean (3); standard deviation (4); merged BV (5); milk yield BV (6); meat BV (7); fitness BV (8); total (9); proven effect at 1% level (10); BV = breeding value (11)

homozigóta egyed található. Az A2 gének aránya a populáció adott lókuszaiban 63,4%-kal jelentős fölényben van.

Az összevont TÉ pontszám és a fitness TÉ pontszám esetében az A2A2 genotípus bizonyítottan kisebb értéket ért el. A hús TÉ-nél a heterozigóta egyedek, a tej TÉ-nél az A1A1 genotípus kisebb előnye érzékelhető, de a különbség nem bizonyított a vizsgált hatás esetében (2. és 3. táblázat). A fenotípusos termelési adatok esetében lényegesen nagyobb szórás mellett az A1A1 genotípus előnye számszakilag látható, de az eltérések mértéke itt sem szignifikáns. Az A1A1 genotípus esetében a 305 napra korrigált laktációs tejtermelés 7407 kg/év, míg az A2A2 genotípusnál 7278 kg/év. Ez a különbség 129 kg, azaz arányát tekintve 1,74%, míg a heterozigóta állomány 7352 kg-mal a két érték között helyezkedik el.

3. táblázat: A béta-kazein genotípus 305 napos tejtermelésre gyakorolt hatása

Vizsgált paraméter (1)	Béta-kazein genotípus (2)	N	Átlag (3)	Szórás (4)	Minimum	Maximum
305 napos tej kg (5)	A1A1	164	7407,38	1577,40	3203	10606
	A1A2	438	7352,47	1554,93	2353	11060
	A2A2	410	7278,49	1435,79	3016	11107
	Összesen (8)	1012	7331,40	1510,79	2353	11107
305 napos zsír kg (6)	A1A1	164	289,53	68,98	129,2	496,3
	A1A2	438	283,57	66,40	77,4	491,3
	A2A2	410	281,59	60,64	87,2	464,7
	Összesen (8)	1012	283,73	64,56	77,4	496,3
305 napos fehérje kg (7)	A1A1	164	264,27	53,77	115,1	359,2
	A1A2	438	262,04	53,09	77,5	380,6
	A2A2	410	260,59	48,92	98,1	390,7
	Összesen (8)	1012	261,81	51,52	77,5	390,7

** = 1%-os szinten bizonyított hatás (9); TÉ = tenyésztérték (10)

Table 3: The effect of beta-casein genotype on 305 day milk yield

parameters (1); beta-casein genotype (2); mean (3); standard deviation (4); 305 day milk yield (kg) (5); 305 day milk fat yield (kg) (6); 305 day milk protein yield (kg) (7); total (8); proven effect at 1% level (9); BV = breeding value (10)

A tejtermeléssel összefüggő, genom alapján becsült TÉ néhány egyéb tényezőjét kiemelten is értékeltük (4. táblázat).

A tőgyegészség, a szomatikus sejtszám, a tőgygyulladás és a fejési sebesség esetében 1%-os, míg a tőgy küllemi összesített pontszáma esetében 5%-os szinten bizonyított a vizsgált hatásnak tulajdonítható eltérés.

Amennyiben az állomány A2A2 homozigóta genotípusra történő szűkítését elvégezzük, a jelenlegi állomány 41,39%-a marad fenn, ezen egyedek esetében a tej összetétele alapján az értékesítés már ebben a kategóriában történhet. Az állomány A2A2 genotípusú egyedei – ezen állományban 559 tehén – esetében összevetettük a születési évjáratonkénti tej TÉ és a 305 napos tejtermelés muta-

4. táblázat: A béta-kazein genotípus hatása tőgy és tőgyegészség paraméterekre

Paraméterek (1)	Béta-kazein genotípus (2)	N	Átlag (3)	Szórás (4)	Min.	Max.
Tőgyegészség TÉ** (5)	A1A1	212	97,34	7,84	75	123
	A1A2	637	96,86	7,78	78	121
	A2A2	599	95,20	7,98	69	127
	Összesen (9)	1448	96,24	7,92	69	127
Szomatikus sejtszám TÉ** (6)	A1A1	212	97,36	7,88	77	124
	A1A2	637	97,26	7,66	76	121
	A2A2	599	95,80	7,82	75	125
	Összesen (9)	1448	96,67	7,79	75	125
Tőgygyulladás TÉ** (7)	A1A1	212	99,35	7,74	79	124
	A1A2	637	98,61	7,91	79	120
	A2A2	599	97,40	8,18	70	121
	Összesen (9)	1448	98,22	8,03	70	124
Fejési sebesség TÉ** (8)	A1A1	212	102,57	8,96	74	128
	A1A2	637	100,41	8,11	77	127
	A2A2	599	99,88	8,17	77	125
	Összesen (9)	1448	100,51	8,30	74	128

* 5%-os szinten bizonyított hatás (10); ** 1%-os szinten bizonyított hatás (11); TÉ = tenyészték (12)

Table 4: The effect of beta-casein genotype on udder and udder health parameters

parameters (1); beta-casein genotype (2); mean (3); standard deviation (4); udder health BV (5); somatic cell count BV (6); mastitis BV (7); milking speed BV (8); total (9); proven effect at 5% and 1% level (10, 11); BV = breeding value (12)

tóinak alakulását (5. táblázat). A tej TÉ esetében a tehenek születési éveinek növekedését követi a TÉ pontszám növekedése. A 2019. és 2020. években a tehenek átlagos tej TÉ pontszáma meghaladja az össz-európai populáció átlagos, 100 pontos középértékét.

A 305 napos korrigált laktációs termelés esetében a 7000 kg körüli érték a jellemző, néhány év eredménye kiugróan magas (2011, 2012, 2016). A fenotípusos tejtermelési adatok alakulása nem követi a tej TÉ esetében tapasztalható, egyértelműen emelkedő trendet. Az évjáratokhoz illesztett lineáris regressziós egyenes a tej tenyészték esetében emelkedő (0,7 pont/év), míg a 305 napos tej kg esetében sokkal egyenletlenebb, enyhén csökkenő (-30 kg/év) trendet mutat (1. ábra).

A teljes állomány és a csak A2 homozigóta állományhányad esetében a tej TÉ pontszám 97,91 és 97,47 ponttal szinte teljesen azonos, míg a 305 napra korrigált tej kg 7328 és 7277 kg értékkel minimálisan tért el a teljes állomány előnyére.

5. táblázat: Az A2A2 homozigóta genotípus paramétereinek alakulása a tehenek születési éve szerint

Paraméter (1)	Születési év (2)	N	Átlag (3)	Szórás (4)	Minimum	Maximum
Tej TÉ** (5)	2010	3	95,33	10,02	84	103
	2011	4	92,00	6,06	88	101
	2012	11	89,73	7,79	79	102
	2013	18	97,17	14,83	72	122
	2014	19	95,68	10,39	78	118
	2015	33	93,76	7,87	81	109
	2016	59	95,86	9,52	71	118
	2017	116	95,97	8,21	74	118
	2018	116	96,26	7,74	76	114
	2019	84	100,56	10,83	73	124
	2020	136	100,59	7,50	82	127
305 napos tej kg** (6)	2010	2	6462,00	872,57	5845	7079
	2011	3	7680,33	569,08	7117	8255
	2012	8	8528,00	1752,40	6489	11031
	2013	13	7410,62	1551,89	5280	9760
	2014	13	7146,23	1482,99	4715	10087
	2015	24	7385,33	1367,82	4629	9880
	2016	49	7864,29	1466,02	4814	10521
	2017	86	7168,45	1474,02	3856	11107
	2018	76	7353,62	1447,59	3016	10671
	2019	63	6981,57	1395,24	4046	10443
	2020	72	7017,35	1257,37	3089	10848

** 1%-os szinten bizonyított hatás (7); TÉ = tenyésztérték (8)

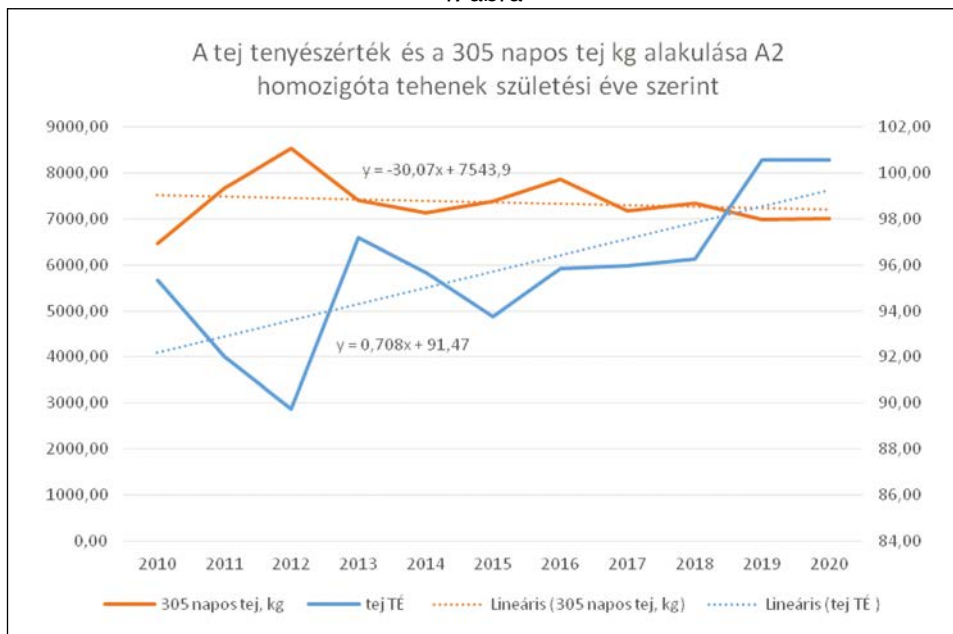
Table 5: The parameters of A2A2 genotype according to birth year

parameters (1); birth year of cow (2); mean (3); standard deviation (4); milk yield BV (5); 305 day milk yield (kg) (6); proven effect at 1% level (7); BV = breeding value (8)

4. Következtetések és javaslatok

A vizsgált magyar tarka tehenállomány esetében az A2A2 genotípus és az A2A1 genotípus is több, mint 40%-os részaránnyal van jelen, így az A2 státuszra történő szelekció üzemi szinten rövid időn belül megvalósítható. Az A2 homozigóta egyedek első, 305 napra korrigált laktációs tejtermelése csak kis mértékben, statisztikailag nem bizonyított arányban marad el a jelenlegi teljes populáció átlagos tejtermelésétől. A fejt magyar tarka tehenek tej TÉ adatai a tehenek születési évjárata szerint bizonyítottan eltérnek, a trend emelkedő, évente átlagosan 0,7 ponttal nő. A 305 napra korrigált laktációs termelés adatai stagnáló, a vizsgált 11

1. ábra



éves időszak második felében enyhe csökkenő trendet mutatnak. Az eredmények vélhetően nem genetikai, inkább környezeti hatásra (takarmányozás, klimatikus tényezők) vezethetők vissza. Az A2 tej felvásárlásának üzemi feltételei megte-remthetők, a felvásárlásban kismértékű, az A2 tej mint funkcionális élelmiszer piacra juttatását célzó felár alkalmazása elvárható.

5. Felhasznált irodalom

- Baranyai M. (2000): Tejfehérje genetikai vizsgálatok hazai szarvasmarha fajtákban, Doktori értekezés, Gödöllő, Szent István Egyetem
- Bell, S. J. – Grochoski, G. T. – Clarke, A. J. (2006): Health implications of milk containing β -casein with the A2 genetic variant. Crit. Rev. Food Sci. Nut., 46. 93–100. <https://doi.org/10.1080/10408390591001144>
- Buzás H. (2022): Tejfehérje frakciók és genetikai variánsainak vizsgálata. <https://www.mtki.hu/tejtefeherje-frakciok-es-genetikai-variantsainak-vizsgalata-az-mtki-kft-nel/>
- Buzás H. – Szafner G. – Kovács A. J. (2022): A tehéntej fő kazein és savófehérje frakcióinak kvalitatív és kvantitatív meghatározásának lehetőségei elektroforetikus módszerekkel és nagyhatású folyadék-kromatográfiával, Acta Agr. Óváriensis, 62. 98–125. https://real.mtak.hu/193157/1/62_1.pdf
- Csapó, J. – Csapó-Kiss Zs. – Csanádi J. – Fenyvessy J. (2014): Tejipari technológia. Scientia Kiadó, Kolozsvár.
- Heins, B. (2022): A2 milk and A2 genetics. University of Minnesota Extension. <https://extension.umn.edu/dairy-milking-cows/a2-milk-and-a2-genetics>
- Horn A. (1977): A tejtermelés növelésének biológiai és genetikai feladatai. Agrártud. Köz., 36. 131–141.
- Jeong, H. – Park, Y. S. – Yoon, S. S. (2024): A2 milk consumption and its health benefits: an update. Food Sci. Biotechnol., 33. 491–503. <https://doi.org/10.1007/s10068-023-01428-5>

- Jianqin, S. – Leiming, X. – Lu, X. – Yelland, G. W. – Clarke, A. J. (2016): Effects of milk containing only A2 beta casein versus milk containing both A1 and A2 beta casein proteins on gastrointestinal physiology, symptoms of discomfort, and cognitive behavior of people with self-reported intolerance to traditional cows' milk. *Nutr. J.*, 15. 35. <https://doi.org/10.1186/s12937-016-0147-z>
- Kay, S. – Delgado, S. – Mittal, J. – Eshraghi, R. S. – Mittal, R. – Eshraghi A. A. (2021): Beneficial effects of milk having A2 B-Casein protein: myth or reality? *J. Nutr.*, 151. 1061–1072. <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa454>
- KErn (2019): A1- Versus A2-milk. Kompetenzzentrum für Ernährung an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. https://www.kern.bayern.de/mam/cms03/wissenschaft/dateien/kurzpublikation__a1-_versus_a2-milch.pdf
- SEMEX Génbank Kft: <https://www.semex.hu/a2a2>
- Yoshikawa, M. (2013): Handbook of biologically active peptides. Academic Press, 1571–1572. eBook ISBN: 9780123850966
- Zilda Kft.: <https://zilda.hu/a2-tej>

Érkezett: 2025. május

Szerzők címe: Kovács, Á. P. - Bene, Sz.* - Abella, D. - Asbóth, Z. - Polgár, J. P.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus

Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Georgikon Campus
H-8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.
*levelező szerző, e-mail: bene.szabolcs.albin@uni-mate.hu