



## A tejfehérje vizsgálata poliakrilamid gélelektroforézissel és izoelektromos fókuszálással kancatejből

<sup>1</sup>Vörös O., <sup>1</sup>Csapó J., <sup>3</sup>Baranyi M., <sup>1</sup>Csapóné Kiss Zs., <sup>2</sup>Stefler J.

Pannon Agrártudományi Egyetem, Állattenyésztési Kar, <sup>1</sup>Kémiai Intézet, <sup>2</sup>Szarvasmarha és Juhtenyésztési Intézet  
Kaposvár, 7400 Guba S. u. 40.

<sup>3</sup>Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő, 2100 Szent-Györgyi u. 4.

### ÖSSZEFOGLALÁS

*Vizsgáltuk 16 magyar hidegvérű, 4 haflingi, 6 breton és 3 bouloni fajtájú kanca tejének fehérjefrakcióit poliakrilamid gélelektroforézissel (PAGE) és izoelektromos fókuszálással (IEF). E módszerek alkalmazásával genetikai variánsok jelenlétét igazoltuk mind a savó-, mind a kazeinfrakció fehérjéi között. Kihhasználva a kanca- és a tehéntej fehérjefrakcióiban fennálló különbségeket, módszert dolgoztunk ki a kancatej tehéntejjel történő hamisításának kimutatására.*

(Kulcsszavak: kancatej, tehéntej, tejfehérje, poliakrilamid gélelektroforézis, izoelektromos fókuszálás)

### ABSTRACT

#### **Examination of milk proteins from mare's milk by polyacrylamide gel electrophoresis and isoelectric focusing**

O. <sup>1</sup>Vörös, J. <sup>1</sup>Csapó, M. <sup>3</sup>Baranyi, Zs. <sup>1</sup>Csapó-Kiss, J. <sup>2</sup>Stefler

<sup>1</sup>Institute of Chemistry and <sup>2</sup>Institute of Cattle and Sheep Breeding Science,

Pannon University of Agriculture, Faculty of Animal Science, Kaposvár, H-7400 Guba S. u. 40,

<sup>3</sup>Agricultural Biotechnology Center, Gödöllő, H-2100 Szent-Györgyi A. u. 4.

*Protein fractions of 16 Hungarian Draught, 4 Haflinger, 6 Breton and 3 Boulonnais mare's milk were determined by polyacrylamide gel electrophoresis and isoelectric focusing. Using these methods genetic variants could be identified in both the casein and the whey protein fractions. Based on the differences between the protein fractions of mare's and cow's milk, a method was elaborated to identify cow milk contamination in mare's milk.*

(Keywords: mare's milk, cow's milk, milk protein, polyacrylamide gel electrophoresis, isoelectric focusing)

### BEVEZETÉS

A lótenyésztés szerepe a magyarországi állattenyésztési ágazatok között az elmúlt évtizedekben jelentősen megváltozott. A gépesítés miatt a munkáló iránti igény drasztikusan csökkent, melynek következtében a hazai lólétszám mintegy tizedére zsugorodott. Az 1996-ban nyilvántartott 85 ezer ló esetében a haszonvételben a sport- és vágóló előállítására tevődött át a hangsúly, így a lóágazat exportbevételeinek legnagyobb

részét a vágóló szolgáltatja, annak ellenére, hogy kifejezetten húslóállománnyal nem is rendelkezünk. A vágóló és vágócsikó a külpiacokon kedvezően értékesíthető cikkek közé tartozik, mivel forgalmazásukat nem korlátozzák megkülönböztető rendelkezések.

A lóhús mellett a lótej iránt is érdeklődés mutatkozik a nyugati piacokon. A kancatejet – kedvező terápiás tapasztalatok alapján – elsősorban anyagszere és allergiás betegségek gyógyítására használják. A fenti lehetőségek kihasználására intézményünkben hozzáfogtunk egy olyan műszaki fejlesztéshez, amely kifejezetten a pecsenyecsikót és árutejet előállító lóállományok komplex termelés-technológiájának kidolgozására irányult. Ezen tevékenységhez kapcsolódóan lehetőség adódott a kolosztrum- és a tejfehérje összetételének vizsgálatára, valamint a tejfehérje genetikai variánsok elemzésére.

Az utóbbi időben több közleményben beszámoltak gazdasági állatfajaink – elsősorban a szarvasmarha – egyes tejfehérjéinek genetikai variánsairól és azok kapcsolatairól a különböző termelési tulajdonságokkal (a tejfehérje genetikai variánsok és a tej mennyisége, a tej összetétele, valamint a tejfeldolgozás során lényeges technológiai tulajdonságok közötti összefüggésekről). Hazánkban a kancatej fehérjefrakcióinak finomszerkezetét poliakrilamid gélelektroforézissel (PAGE) és izoelektromos fókuszálással (IEF) – tudomásunk szerint – senki sem vizsgálta, és e tekintetben a nemzetközi szakirodalom is igen hiányos. Nem tudunk olyan kísérletről, ahol a kancatejhez kevert tehéntej kimutatására a két faj tejfehérje frakcióinak elektroforetikus mobilitásában, ill. az egyes fehérjefrakciók izoelektromos pontjában (pI) fennálló különbségeket kihasználták volna. Fentiek miatt célul tűztük ki, hogy a hagyományos módszereken túl PAGE-sel és IEF-sal is vizsgáljuk a kancatej fehérjefrakcióinak finomszerkezetét. Az elmúlt néhány évben ugyan több publikációnk jelent meg a kancatej összetételével kapcsolatban (*Csapó et al.*, 1993a; 1993b; 1993c; 1994b; 1995; *Csapó-Kiss et al.*, 1994a), de ezekben a közleményekben nem foglalkoztunk a tejfehérjék genetikai variánsaival, ill. a fehérjefrakciók PAGE és IEF módszerekkel végzett vizsgálatainak eredményeivel. E módszerekkel végzett vizsgálataink során következtetni próbáltunk az esetleg meglévő genetikai variánsokra, illetve a tehén és a kanca tejfehérjéinek frakcióiban fennálló különbségeket felhasználva módszert kívántunk kidolgozni a kancatejhez kevert tehéntej kimutatására. Dolgozatunkban e vizsgálatokról szeretnénk beszámolni.

## IRODALMI ÁTTEKINTÉS

*Rouse és Ingram* (1970) 36 póni kolosztrum, illetve tejminta összesfehérje valamint immunglobulin tartalmát meghatározva megállapította, hogy az ellés utáni 3. óráig a kolosztrum összesfehérje tartalma 10.6-25.0% között, immunglobulin-G (IgG) tartalma 31.2-60 mg/cm<sup>3</sup>, immunglobulin-T (IgT) tartalma pedig 0.6-30 mg/cm<sup>3</sup> között alakul.

*McGuire et al.* (1972) a ló immunglobulin osztályok és alosztályok szétválasztását, tulajdonságait és frakcióit tanulmányozva megállapították, hogy azok két csoportba oszthatók. Ezek közül az IgGa, IgGb, IgGc és IgG(T) tartozik az első csoportba, melyek az IgG alosztályainak tekinthetők, míg a többiek (IgM, IgA, AI=aggregálódó immunglobulinok) önálló osztályokat képeznek és a második csoportot képviselik. Az egyes immunglobulin osztályok egymástól való szétválasztására használt ioncserés oszlopkromatográfiával, illetve elektroforézissel meghatározták az immunglobulinok kémiai tulajdonságait és molekulatömegét. A kolosztrum és a tej összetételét a laktáció 1., 3., 16. és 182. napján vizsgálva megállapítják, hogy a kolosztrumban az IgG van jelen legnagyobb mennyiségben. Az ellés után mennyisége fokozatosan csökken és már az 5-7. naptól az IgA lesz jelen nagyobb koncentrációban az átmeneti tejben, illetve tejben. A többi immunglobulin csak közvetlenül az ellés után van jelen nagyobb koncentrációban

a tejben, ezt követően mennyisége rohamosan csökken, és 10-15 nappal az ellés után már a kimutathatóság határa alá kerül.

Ullrey et al. (1966), Fedotov és Akimbekov (1983) szerint a kolosztrum periódus a kancánál lényegesen rövidebb ideig tart, mint a tehénél. A kolosztrum összetétele az ellés utáni 12. óráig mutat lényeges eltérést a normális tejtől, az ellés után 24-96 órával már csak minimális a különbség.

A kancatej kazeintartalmának meghatározásával, finomabb szerkezetének és aminosav összetételének megismerésével többen foglalkoztak (Storch, 1985; Lee és Kim, 1985). Visser et al. (1982) a kancatej kazeintartalmát elemezték keményítő gélelektroforézissel, ill. megállapították a frakciók aminosavösszetételét, N- és C-terminális aminosavait, valamint a kazeinfrakciók viselkedését különböző enzimek hatására. Chiofalo et al. (1983) kísérletükben 70 különböző korú és fajtájú kanca tejfehérjéinek polimorfizmusát tanulmányozták keményítő gélelektroforézissel. Az egyenként elvégzett analízis eredményeként megállapították, hogy a kazeinek is és a savófehérjék is négy különböző frakcióra különíthetők el. A kazeinek esetében polimorfizmust csak a leggyorsabban mozgó frakcióban tudtak kimutatni. Összehasonlítva a kanca- és a tehéntej fehérjéinek elektroforetikus mozgékonyosságát, különbségeket tudtak megállapítani a két faj között. Lee és Kim (1985) a szarvasmarha, a juh, a kecske és a ló kisméretű kazein micelláit vizsgálva azt az eredményt kapta, hogy a lótej kazein frakcióinak molekulatömege eltér a másik három vizsgált fajétól.

A kancatej savófehérjéit – köszönhetően annak, hogy viselkedésük és összetételük nagyon hasonló a tehéntej savófehérjéihez – ma már elég jól ismerjük. A kolosztrum periódust követően a savófehérje 11-21%-át az immunglobulinok, 2-15%-át a szérumalbumin, 26-50%-át az  $\alpha$ -laktalbumin, 28-60%-át pedig a  $\beta$ -laktoglobulin teszi ki. Az igen nagy eltérések egyrészt a fajták közötti különbségekkel, másrészt az elektroforézissel történő meghatározás során kapott sávok azonosításának hibájával magyarázhatók (Minieri és Intrieri, 1970; Sokhtaev, 1970; Duisembaev, 1973; Balbierz et al., 1975; Senft és Meyer, 1980; Urbinisov et al., 1981; Ustinova et al., 1983). Fentieken túl többeknek sikerült a savófehérjék polimorfizmusát is kimutatni. Kingsbury és Gaunt (1976) 353 kanca – mely 22 helyi fajtát képviselt – tejében a savófehérjék heterogenitását vizsgálva arra a megállapításra jutott, hogy az  $\alpha$ -laktalbumin esetében hét genetikai variánst lehet kimutatni. Annak ellenére, hogy a  $\beta$ -laktoglobulin heterogenitására vonatkozó vizsgálataik eredménytelenek maradtak, vizsgálataikból azt az általános következtetést vonták le, hogy a tejfehérjék polimorfizmusa minden állatfajnál általános (lehet), és széleskörű vizsgálatokkal, nagyobb felbontású, érzékenyebb módszerekkel a polimorfizmusok előfordulását bizonyára ki lehet mutatni.

Bell et al. (1981) 713 kanca tejének savófehérjéit elemezték keményítő gélelektroforézissel. Az így kapott első frakció 5 genetikai variánst tartalmazott, melyeket A, B, C, D, E-nek neveztek el. A második frakció tekinthető a fő savófehérjének, amit  $\beta$ -laktoglobulinként azonosítottak. A harmadik frakció a szérumalbumin, a negyedik pedig az  $\alpha$ -laktalbumin és egy vaskötő fehérje (talán a transferrin) keveréke, az ötödik frakció pedig egy vaskötő fehérjét tartalmaz, ami nagy valószínűséggel a laktoferrin. A hatodik, katód közelébe futó frakció a ló lizozimot tartalmazta. A szétválasztáson és azonosításon túl meghatározták még a különböző frakciókhoz tartozó fehérjék aminosav összetételét, és azt hasonlították más állatfajokéhoz.

Conti et al. (1984) egy  $\beta$ -laktoglobulinhoz hasonló fehérjét mutattak ki lótejből, illetve kolosztrumból immun-technikák segítségével. Megállapították elsődleges szerkezetét (aminosav összetétel), ill. azt, hogy monomer alakban fordul elő a tejben, és genetikai polimorfizmust mutat.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### A kísérleti legelőszakaszok kialakítása

A kísérletek elvégzéséhez a PATE Kísérleti Üzemében alakítottuk ki a szükséges tárgyi-műszaki feltételeket. Előkísérleteink alapján száraz művelési viszonyok között 1 ha gyepterületet számoltunk egy kanca és csikójának nyári legeltetésére, így – a kancák számának figyelembevételével – egy harminchektáros legelőszakaszt jelöltünk ki a kísérlet céljára. A legelőt új-zélandi rendszerű kerítéssel kerítettük be, a stabil kerítéssel körbevett legelőn belül az egyes legelőszakaszokat új-zélandi rendszerű villanypásztorral alakítottuk ki. A gyepterületet felülvetéssel felújítottuk, illetve újra telepítettük. Az állatok folyamatos és zavartalan vízellátása érdekében a legelőszakaszokra szinttartós fagymentesített önitatókat építettünk be.

### A kancák takarmányozása és fejése

Saját hidegvérű kancáink kísérletbe állításával, majd vásárlással végül is 25 kanca – melyek közül 16 magyar hidegvérű, 4 haflingi, 6 breton és 3 bouloni fajtájú volt – kolosztrumának és tejének összetételét határoztuk meg. A kancákat tavasztól ősziig legeltettük. A fejesi időszakban, a legelőfü mellett kiegészítésként – közvetlenül a fejes előtt – 3 kg zabot kaptak. Téli időszakban, az állatok a napi 3 kg-os széna- és 2 kg-os abrakadag mellett, étvágy szerint fogyasztottak takarmányszalmát.

A kancák fejését a következők szerint végeztük. A legelőről a kancákat 6 óra körül behajtottuk az istállóba, ahol mindegyik kancát – csikójával együtt – 2 órára lekötöttük. A kancák fejését 9 órakor kezdtük és a fejes első részét 11 óra körül fejeztük be. A fejes folyamán a csikót elengedve hagytuk anyja mellett közlekedni, majd a fejes befejeztével újra lekötöttük. A kancák másodszori fejését negyed 12 körül kezdtük, és fél 1-re fejeztük be. A szabadon engedett csikót most már nem kötöttük újra le, hiszen a második fejes után – 1 óra körül – a kancákat és a csikókat a legelőre hajtottuk, ahol azok ott tartózkodtak a következő nap reggel 6 óráig. A kancák fejését a Westfalia-Separator cégtől vásárolt fejőgéppel végeztük, melynek segítségével igyekeztünk a tőgyet teljes mértékben kifejni.

A kanca kolosztrum és tej összetételének megállapítására az ellés után közvetlenül, majd az ellés utáni 2. és 3. napon vettünk – kézi fejéssel – mintegy 80-100 cm<sup>3</sup> kolosztrum mintát. Ezt követően a laktáció 5., 10., 30., 45. és 60. napján történt a mintavétel a fejőgéppel teljesen kifejt tőgy elegytejéből. A mintákat az analízisig mélyhűtőpultban tároltuk -25°C-on.

### A tejfehérje analízise

A mélyhűtött (-25°C) tejmintákat felolvasztottuk, equalizáltuk. Az összes fehérjetartalmat Kjeld-Foss gyorsnitrogén elemzővel állapítottuk meg.

A kancatej fehérjefrakcióinak finomszerkezetét poliakrilamid gélelektroforézissel, illetőleg izoelektromos fókuszálással vizsgáltuk.

A poliakrilamid gélelektroforézises elválasztás (PAGE) olyan folyamat, amelyben a szeparálható komponensek – jelen esetben a fehérjefrakciók – elektrolitoldattal telített poliakrilamid gélben (PAG), elektromos térerő hatására különböző sebességgel vándorolva – festés után szabad szemmel is látható módon – elkülönülnek egymástól. A PAG olyan térhálós szerkezetű polimer, amelynek pórusmérete tág határokon belül megválasztható a polimer alkotásában résztvevő akrilamid és az N,N-metil-bisz-akrilamid koncentrációjának megválasztásával. Így ennek és a gél más egyéb előnyös tulajdonságának (kémiai stabilitás, indifferencia, anadszorpció és elektromos ozmózis hiánya stb.) köszönhetően a PAGE a korábbi elektroforetikus eljárásokhoz viszonyítva

(pl. keményítő elektroforézis) nagyobb feloldási képességgel rendelkeznek, ezzel a fehérjék pontosabb azonosítását teszi lehetővé.

A PAGE-hez használt konstans pH-jú puffer helyett izoelektromos fókuszálásnál (IEF) a két elektród között egy pH-gradienst hozunk létre. A pH-gradiensben az egyes fehérjék az elektromos áram hatására oda vándorolnak, ahol a pH az egyes molekulák izoelektromos pontjának felel meg. A fehérjék a gél azon pontján fókuszálódnak, ahol a közeg pH-értéke a fehérje pI-jével azonos. Az izoelektromos fókuszálást egyenárammal végezzük olyan elektrolitban, amelyben a pH az anódtól a katódig folyamatosan növekszik. A pH-gradiens az egész elektroforézis folyamán stabilis.

Az általunk vizsgált tejmintákról (kancatej és összehasonlításként tehéntej) az elektroforetogramokat a Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont Állatbiotechnológiai Intézete készítette. A tejmintákat a feldolgozás során centrifugálással zsírtalanítottuk, majd liofilizáltuk. A mintafelvitelhez a zsírtalanított, liofilizált tejből a megfelelő mintapufferrel 10 mg/ml-es hígítás készült.

*A PAGE legfontosabb paraméterei*

<b>Rendszer</b>	I. Az $\alpha_{s1}$ és $\beta$ -kazein vizsgálatához Natív PAGE (8%-os gél, 4M ureatartalommal)		
	II. Savófehérjék vizsgálatához Natív PAGE (14%-os gél, urea nélkül)		
<b>Gélméret</b>	80×100×1 mm		
<b>Készülék</b>	Mighty Small II. (Hofer)		
<b>Futtatópuffer</b>	Tris-Glicin		
<b>Minta</b>	Liofilizált sovány tej	<b>Minta hígítás</b>	10 mg/ml
<b>Mintafelvitel módja</b>	15-ös fésűs	<b>Felvitt mennyiség</b>	4 $\mu$ l/slot
<b>Fixálás</b>	12%-os TCA	<b>Festés</b>	0.15%-os Serra Blue G

*Az IEF alapadatai*

<b>Rendszer</b>	CA-IEF (+10 mg glicin)		
<b>Gélméret</b>	124×258×0.2 mm		
<b>Készülék</b>	LKB-Multiphor II. (Pharmacia)		
<b>Anódpuffer</b>	0.5 M-os H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	<b>Katódpuffer</b>	0.5 M-os NaOH
<b>Minta</b>	Liofilizált sovány tej	<b>Minta hígítás</b>	10 mg/ml
<b>Mintafelvitel módja</b>	Szűrőpapír	<b>Felvitt mennyiség</b>	11 $\mu$ l/slot
<b>Fixálás</b>	12.5%-os TCA	<b>Festés</b>	0.15%-os Serra Blue G

*A retenciós faktor (RF) meghatározása*

$$RF = \frac{\text{a folt távolsága a kiindulási ponttól (mm)}}{\text{a front távolsága a kiindulási ponttól (mm)}}$$

(Megjegyzés: a szövegben az RF értékeknek – a könnyebb kezelhetőség kedvéért – az egész számrakerekített 100-szoros szorzata szerepel.)

## EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

### A tejfehérjék genetikai variánsai

A kanca tejfehérjék finomszerkezetének vizsgálatát az elektroforetogramok elemzésével végeztük. Ennek során az alábbi megállapításra jutottunk. A savófehérjék vizsgálatakor használt 14%-os, ureamentes, natív PAGE-rendszerben nyolc, egymástól jól elkülöníthető savófehérje komponenszt találtunk (1. ábra).

### 1. ábra

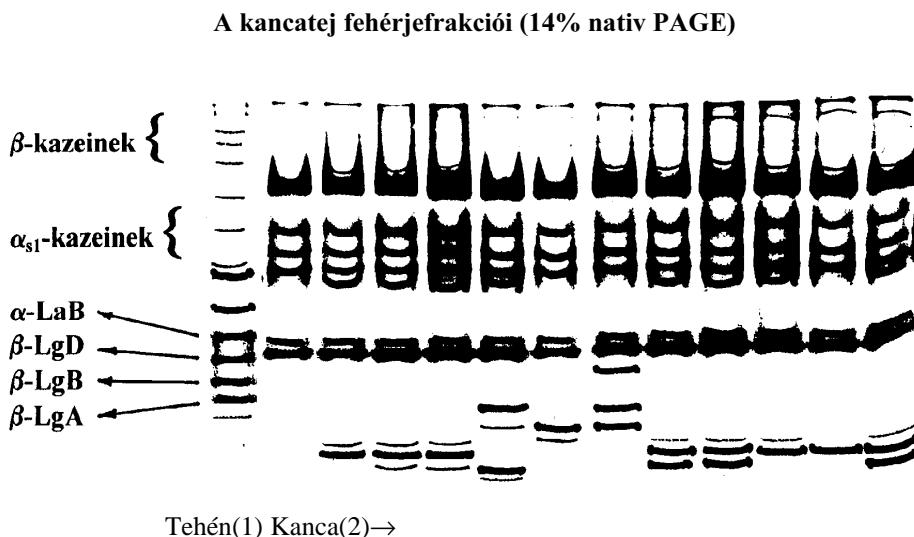


Figure 1: Protein fractions of mare's milk (14% native PAGE)

Cow(1), Mare(2)

A 18 minta mindegyike tartalmazta az első három csíkhöz tartozó fehérjefrakciót, melyek a kontroll tehéntejminták  $\alpha$ -laktoglobulin B és  $\beta$ -laktoglobulin D genetikai variánsai közé esnek, retenciós faktor értékük (RF) 64 az első, 68 a második és 70 a harmadik csík esetében. Annak ellenére, hogy denzitogram nem készült az elektroforetogramokról, a fotókon szereplő fehérjecsíkok vastagsága és tónusa alapján bizonyossá tehető, hogy a savófehérje komponensek közül a második csíkhöz tartozó fehérje (valószínűleg  $\beta$ -lakto-globulin) fordul elő a legnagyobb koncentrációban. A további, 4-8. csíkhöz tartozó sávban a fehérjefrakciók megoszlása már változatosabb képet mutat (ld. az alábbi össze-állítást). A 4-8. csíkhöz tartozó fehérjekomponensek közül a legtöbbször előforduló 7. csík (fehérje) nem szerepel az összes mintában (gyakorisága 16, minták száma 18). Az említett sávban fellelhető 5 fehérjekomponens közül az egyes tejminták alkotásában – vizsgálatunk szerint – csupán maximum kettő vesz részt. Ez megerősíti azt a feltételezésünket, hogy ezen savófehérje komponensek között különböző genetikai variánsok találhatók.

Minták gyakorisága		A mintában előforduló fehérjekomponensek retenciós faktor értéke	
8	RF: 64/68/70	és	RF: 93/89
6	RF: 64/68/70	és	RF: 100/93
1	RF: 64/68/70	és	RF: 100/80
1	RF: 64/68/70	és	RF: 93/80
1	RF: 64/68/70	és	RF: 93
1	RF: 64/68/70	és	RF: 86

Az  $\alpha_{s1}$ -kazeinek és a  $\beta$ -kazeinek vizsgálata ureatartalmú, 8%-os natív PAGE rendszerben történt. E módszerrel 18 kancatej mintában összesen 16 fehérje komponens sikerült elkülöníteni egymástól, amely egyértelműen a genetikai polimorfizmus meglétére hívja fel a figyelmet. A  $\beta$ -kazeinek esetében a két legintenzívebb tónusú – legnagyobb koncentrációjú – fehérjekomponens a kontroll tehéntej minta  $\beta$ -kazein C és  $\beta$ -kazein A frakciói között foglal helyet. A többi  $\beta$ -kazein variáns nagyon közel helyezkedik el hozzájuk, s ez arra utal, hogy pontosabb, érzékenyebb rendszerben további elkülönítés volna lehetséges. A  $\beta$ -kazein variánsok retenciós faktor értékét vizsgálva nem találtunk eltérést a tejminták között.

2. ábra

A tehén és kancatej fehérje frakciói

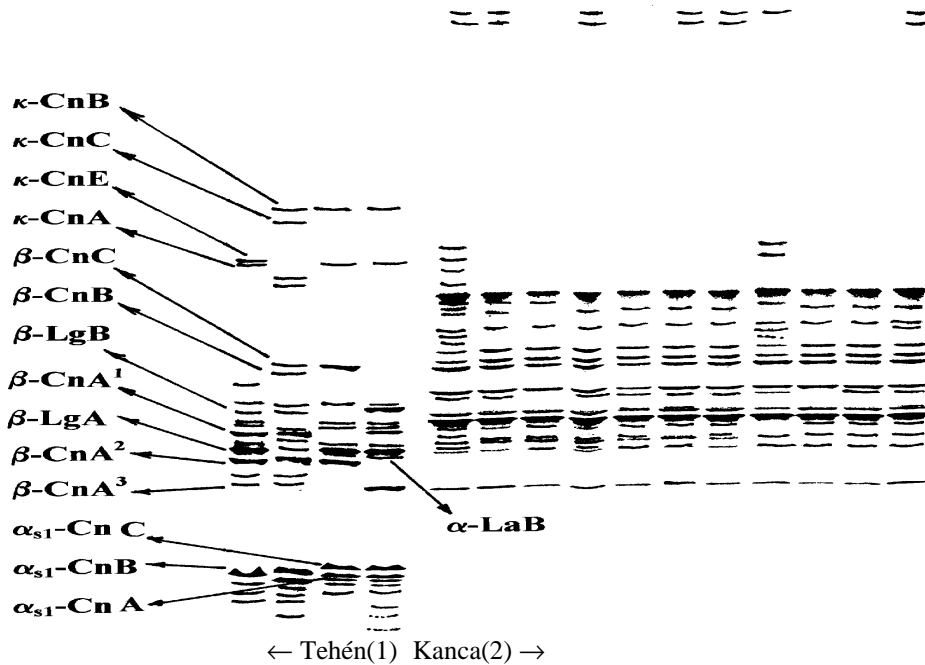


Figure 2: Protein fractions of cow's and mare's milk

Cow(1), Mare(2)

Az  $\alpha_{s1}$ -kazeinek nagyobb elektroforetikus mobilitásuk folytán jobban elhatárolódtak egymástól, mint a  $\beta$ -kazeinek. Megfigyelésünk alapján mintegy hat különálló fehérjefrakció fedti le ezt a sávot, igazolva a genetikai variancia fennállását. Öt mintában találoztunk eltérő helyzetű fehérjekomponensekkel. Ezek közül három esetben figyeltünk meg egy fehérjét (RF: 79), amely más mintákban nem szerepelt. Két esetben nem tartalmazta a tejminta az RF: 89 értékhez tartozó fehérjét, amellet, hogy – a többi mintától ugyancsak eltérő módon – az RF: 72 értékkel jelzett helyen fehérjecsíkot találtunk.

### A tehéntej kimutatása kancatejben

Az izoelektromos fókuszálással (2. és 3. ábra) a kanca- és tehéntejéről készült elektroforeto-grammokat összehasonlítva feltűnő a két állatfaj fehérje-szerkezetének különbsége, amely legmarkánsabban a tehéntej  $\alpha_{s1}$ -kazein komponenseinek helyzetével (RF: 95), valamint azok intenzív tónusával szemléltethető. A kancatej ugyanezen a helyen nem tartalmaz fehérje-komponenseket, tehát ha a vizsgálatunkkal azonos körülmények között végzett IEF során a kancatej mintában olyan fehérjék fordulnak elő, amelyek retenciós faktora 95, akkor biztosan állíthatjuk, hogy a kancatejet más, vélhetőleg tehéntejjel elegyítették. Ha az elektroforeto-grammról denzitogramot készítünk, akkor kontroll tejminták felhasználásával az elegyítés mennyiségi arányaira is következtetni tudunk.

### 3. ábra

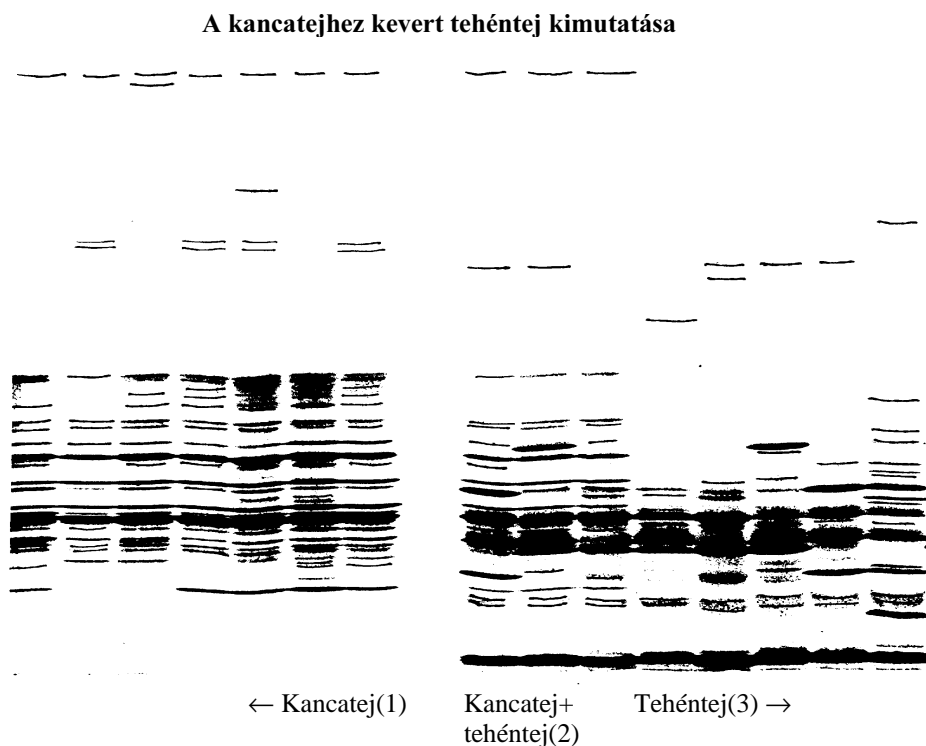


Figure 3: Identification of cow's milk mixed into mare's milk

Mare's milk(1), Mare's milk + cow's milk(2), Cow's milk(3)



## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatásokhoz a támogatást az OTKA biztosította (OTKA T 12769), melyért a szerzők hálás köszönetüket fejezik ki.

### IRODALOM

- Balbierz, H., Nikolajczuk, M., Poliwoda, A., Ruda, M. (1975). Study of whey proteins of mares' colostrum and milk during nursing. *Polskie Archiwum Weterynaryjne*, 18. 455-465.
- Bell, K., McKenzie, H.A., Muller, V., Rogers, C., Shaw, D.C. (1981). Equine whey protein. *Comp. Biochem. Physiol.*, 68. 225-236.
- Chiofalo, L., Micari, P., Sturniolo, G. (1983). Polimorfismo delle proteine del latte in popolazioni cavalline allevate in Sicilia. *Zootech. Nutr. Anim.*, 9. 311-318.
- Conti, A., Godovac-Zimmermann, J., Liberatori, J., Braunitzer, G. (1984). The primary structure of monomeric beta-lactoglobulin from horse colostrum. *Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem.*, 365. 1393-1401.
- Csapó J., Stefler J., Herczog E., Csapó Jné. (1993a). A kanca tejének összetétele. I. A kolosztrum és a tej zsírtartalma és zsírsavösszetétele. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 42. 131-146.
- Csapó J., Stefler J., Makray S., Csapó Jné. (1993b). A kanca tejének összetétele. II. A kolosztrum és a tej fehérjetartalma, fehérjefrakciói, aminosav összetétele és biológiai értéke. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 42. 407-418.
- Csapó J., Stefler J., Csapó-Kiss Zs., Makray S. (1993c). A kancatej minősége. *Szaktanácsok*, 3-4. 40-44.
- Csapó-Kiss Zs., Stefler J., Martin, T.G., Makray S., Csapó J. (1994a). Protein content, amino acid composition, biological value and macro- and microelement content of mare's milk. *Acta Alimentaria*, 23. 177-192.
- Csapó J., Stefler J., Martin, T.G., Makray S., Csapó-Kiss Zs. (1994b). Fat content, fatty acid composition and vitamin content of mare's milk. *Acta Alimentaria*, 23. 167-176.
- Csapó J., Stefler J., Martin, T.G., Makray S., Csapó-Kiss Zs. (1995). Composition of mare's colostrum and milk. Fat content and fatty acid composition. *International Dairy Journal*, 5. 393-402.
- Duisembaev, K.I., Akimbekov, B.R. (1982). Variation of milk yield and its relationship with milk composition of mares at a koumiss farm. *Dairy Sci. Abstr.*, 46. 652.
- Fedotov, P.A., Akimbekov, B.R. (1983). Increasing milk production of Kushum mares. *Konevodstvo Konnyi Sport*, 11. 6-7.
- Kingsbury, E.T., Gaunt, S.N. (1976). Heterogeneity in whey protein of mare's milk. *J. Dairy Sci.*, 60. 274-277.
- Lee, H.J., Kim, H.K. (1985). Studies on proteins of Cheju native horses. I. Properties of casein. *Korean J. Anim. Sci.*, 27. 413-415.
- McGuire, T.C., Crawford, T.B., Henson, J.B. (1972). The isolation, characterization and functional properties of equine immunoglobulin classes and subclasses. 3rd Internat. Conf. Equine Infectious Diseases, 364-381.
- Minieri, L., Intrieri, F. (1970). Ricerche elettroforetiche sulle frazioni proteiche del colostro e del latte di cavalle di razza avelignese, in rapporto alla distanza dal parto. *Acta Med. Vet. Napoli*, 16. 73-88.

- Rouse, B.T., Ingram, D.G. (1970). The total protein and immunoglobulin profile of equine colostrum and milk. *Immunology*, 19. 901-907.
- Senft, B., Meyer, F. (1980). Changes in the concentration of protein fraction in the blood and milk of mares and in the blood of their foals. *Proc. 31st Annu. Meet. EAAP, München*, pp. 6.
- Sokhtaev, M.K. (1970). Milk composition of Karabair mares. *Dokl. Mosk. Selkhoz. Akad. Zootekh.*, 157. 211-215. in *Dairy Sci. Abstr.*, 33. 727.
- Storch, G. (1985). Untersuchungen über einige Inhaltsstoffe und Eigenschaften von Stutenmilch und Kumyss unter besonderer Berücksichtigung diätetischer Fragestellungen. Thesis Univ. Giessen, in *Dairy Sci. Abstr.*, 48. 873.
- Ullrey, D.E., Sruther, R.D., Hendricks, D.G., Brent, B.E. (1966). Composition of mare's milk. *J. Anim. Sci.*, 25. 217-222.
- Urbínisov, Zh. K., Servetnik-Chalaya, G.K., Izatullaev, E.A. (1981). Protein content of mare's milk. *Molochnaya Promyshlennost*, 2. 45.
- Ustinova, V., Kazantseva, A., Baturina, R., Dementeva, T. (1983). Siberian koumiss. *Konevodstvo Konnyi Sport*, 4. 17.
- Visser, S., Jenness, R., Mullin, J.R. (1982). Isolation and characterization of beta and gamma caseins from horse milk. *Biochem J.*, 203. 131-139.

Levelezési cím (*corresponding author*):

**Csapó János**

Pannon Agrártudományi Egyetem, Állattenyésztési Kar  
7401 Kaposvár, Pf.: 16.

*Pannon University of Agriculture, Faculty of Animal Science  
H-7401 Kaposvár, P.O.Box 16.*

Tel.: 36-82-314-155, Fax: 36-82-320-175

e-mail: csapo@atk.kaposvar.pate.hu