

# A tej és tejtermékek hamisítása és a hamisítás kimutatása

CSAPÓ János<sup>1,2,3</sup> professor emeritus – MEZŐSZENTGYÖRGYI  
Dávid<sup>1</sup> egyetemi docens – SZABARI Miklós<sup>1</sup> egyetemi docens

<sup>1</sup>MATE Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem,

<sup>3</sup>SAPIENTIA Erdélyi Magyar Tudományegyetem

# Tej és tejtermék hamisítása és a hamisítás kimutatása

## A jó minőségű tej és tejtermék:

mentes a szennyeződésektől, az antibiotikumoktól,  
a kellemetlen szagtól és íztől,  
a patogén mikroorganizmusoktól,  
szomatikus sejtszáma és összcsíraszáma alacsony,  
**nem tettek hozzá vizet, nem vettek el belőle zsírt,**  
**semmiféle egyéb anyagot nem keverték hozzá,**  
jó az illata és a tejre jellemző íze van, és  
összetétele megfelel a normális tej összetételének.

**Hamisításnak számít, ha:**

**a nagyobb haszon elérése érdekében a tejhez bármit, elsősorban vizet hozzátesznek, vagy belőle bármit, elsősorban zsírt elvesznek.**

Legtöbbször vizet vagy fölözött tejet adnak a tejhez, és elvonják eredeti zsírtartalmának jelentős részét, melyet sűrűségméréssel, fagyáspont ellenőrzéssel vagy a zsírtartalom meghatározásával lehet ellenőrizni.

A piszkos víz, a mosószerek, a növényi sejtek, a szőr, a háztartási por és piszok, az állati vizelet és bélsár szemmel is jól látható, szagolható és taszító szennyezői a tejnek.

**Több országban pontrendszer:**

**bünteti a tej minőségét rontó tényezőket, és**

kisebb jövedelemhez juttatja a nem megfelelő tejet termelő farmereket.

Különösen nagy figyelmet fordítanak **a tej:**

antibiotikumokkal, radioaktív anyagokkal,

klórozott szénhidrogénekkal és nehézfémekkel való szennyezésére.

# A különféle állatfajtáktól származó tejek és azok hamisítása

A tehéntej és a bivalytej, a tehén és a kecske- valamint a juhtej elegyítése, akár hamisítás céljából, az egész világon előfordul.

Különösen a kecsketejet használják előszeretettel a tehéntej hamisítására, előfordul a kecsketej vízzel vagy tehéntejjel történő hamisítása.

Ha a **kecsketejet tehéntejjel hamisítják**, annak tápértéke nem változik meg, ha a hozzáadott tehéntej mennyisége a 15%-ot nem haladja meg, a **kimutatása is nagyon nehéz.**

A különböző tejféleségek más aromát és ízt kölcsönöznek a sajtnak, sőt **az idegen faj teje allergiás reakciót is kiválthat** a fogyasztó szervezetében.

# Módszerek a hamisítás leleplezésére

**Immunológiai és nem immunológiai gélelektroforézist** alkalmaztak a különböző fajok tejeinek egymástól való elkülönítésére → különösen az **izoelektromos fókuszálást** tudták jó hatásfokkal alkalmazni a fehérjékre → a **gélkromatográfiát, a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiát és a gázkromatográfiát** pedig a kezeino makropeptidekre és a zsírsavakra.

A kémiai összetétele és az **UV spektruma** is más az ilyen tejeknek.

**A tehéntej és a kecsketej eltérő zsírsavösszetétele**, a zsírsavakból számolt indexek különbözősége ugyancsak lehetőséget ad az azonosításra.

Alkalmasak erre a rövid szénláncú zsírsavak, az azok koncentrációjából számolt indexek.

Gázkromatográfiás analízis → a kecske és juhtejből készült sajtok más rövid szénláncú zsírsav mintázattal jellemezhetők, mint a tehéntejből készültek.

A laurinsav:kaprinsav arány a tehéntejből készült sajtban átlagosan 1,16, a kecskesajtban 0,46, a juhsajtban pedig 0,58 → információ a **kecske és juhsajtban lévő tehéntej mennyiségéről**.

A tehéntej kecsketejhez történő keverését a  $\beta$ -karotin tartalom alapján is ki lehet mutatni → **a kecsketejben nincs  $\beta$ -karotin.**

20% kecsketej tehéntejhez történő keverése az UV spektrum alapján is kimutatható.

**Enzimatisz módszerek:** juhtejhez kevert tehéntej kimutatása, a tehéntej lényegesen nagyobb **riboflavin** tartalma és **xantin oxidáz** aktivitása alapján.

2% tehéntej a juhtejben kimutatható. Nem alkalmazható hőkezelt tejek esetében.

A juh, a kecske és a tehéntejben **a különböző elemek aránya eltérő.** Határozott különbségek vannak a különböző tejekből készült sajtok között.

A kalcium és a magnézium aránya a tehéntejben 23,3, a juhtejben 17,2 → a két tejből készült tejtermék egymástól megkülönböztethető.

Különbségeket találtak a három faj között tejük K/Mg, Na/Ca, Cu/Zn, és Cu/Na arányában, és

multivariációs analízissel a **nyomelemeket** (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd és Pb) a különböző fajok tejének egymástól való elkülönítésére tudták használni.

A különböző fajok tejéből készült sajtokat el tudták különíteni elektroforézissel, a **különböző kazein frakciók** (elsősorban a  $\kappa$ -kazein) **eltérő mozgékonyága alapján**, és hasznosnak bizonyultak a savófehérje frakciók is.

A tehéntej  $\alpha$ -kazein és  $\beta$ -laktoglobulin frakcióinak mozgékonyága lényegesen nagyobb, mint a kecsketejéé  $\rightarrow$  a frakciók alkalmasak a hamisítás kimutatására.

A tehéntej  $\alpha_{s1}$ -kazein frakciója alapján 5-10% tehéntej kecsketejhez keverése kimutatható, és ugyanez elmondható a  **$\beta$ -laktoglobulin frakcióra** is.

Sajt esetében az  **$\alpha$ -kazein frakció lényegesen jobban használható**, mint a  $\beta$ -laktoglobulin, ami egyrészt távozik a sajtkészítés során, ezért koncentrációja alacsony, másrészt hajlamos a kicsapódásra.

Az  **$\alpha$ -kazeinnel** kapcsolatos vizsgálatok feltételezik, hogy koncentrációja viszonylag állandó a tehéntejben  $\rightarrow$  nagyok lehetnek az egyedi eltérések  $\rightarrow$  5%-nál kevesebb tehéntej kimutatása a kecskesajtból nehéz.

A sajtok karbamidos extrakcióját követő izoelektromos fókuszálás a **para-kazein tartalom alapján** a tehéntej mennyiségének nagyon pontos meghatározását teszi lehetővé kecske és juhsajtokból → denzitometriás kiértékelést alkalmazva, 1-2 % tehéntej a juhtejből és a juhsajtokból kimutatható.

A **nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia (HPLC)** alkalmas a kecske vagy juhtejhez kevert minimum 2% tehéntej kimutatására és meghatározására.

**Immunodiffúziós módszerekkel és immuno-elektroforézissel** is ki lehet mutatni legalább 2,5% tehéntejet a juh- és kecsketejéből.

A módszerek alkalmasak a sajt tehéntejéből származó arányának a meghatározására, amennyiben az legalább a 10%-ot eléri.

A **radiális immunodiffúziót** is alkalmazták a tehéntej juh és kecsketejéből történő kimutatására, ez a technika azonban nem terjedt el a gyakorlatban.

A **rakéta immuno-elektroforézissel** ugyancsak jó hatásfokkal mutatható ki a tehéntej a másik két faj tejéből → a keresztreakció az antitest és a kecsketej között kizárt → 1-5% tehéntej kecsketejhez történő keverése kimutatható. A módszer mind a hőkezelt, mind a homogénezett, mind a nyerstej esetében alkalmazható.



Az **ELISA** (Enzyme Linked Immunosorbent Assay, antigén-ellenanyag kötésen alapuló technika) módszert is jó hatékonysággal alkalmazták a tehéntej juhtejből, ill. juhsajtból történő kimutatására.

A kéméletesen és az ultra magas hőmérsékleten pasztörözött tej, valamint a sterilizett tej gyengébb immunválaszt ad a valószínű precipitáció miatt.

**A módszereket összehasonlítva** megállapítható, hogy

az elektroforézis, különösen a **poliakrilamid-gélelektroforézis** (PAGE) pontosabb és megbízhatóbb eredményeket ad, mint akár az immunoelektroforézis, akár a radiális immunodiffúzió → az elektroforézissel 5% kecsketej juhtejhez történő keverése nagy biztonsággal kimutatható.

## **A bivalytej tehéntejjel történő hamisítása**

A vízibivaly tejét a mozzarella, tipikus olasz sajt, előállítása során gyakran hamisítják tehéntejjel.

Az elektroforézist az **elektroforetikus mobilitás alapján** alkalmazzák a bivalytejhez kevert tehéntej kimutatására.

Erre leginkább az  **$\alpha$ - és a  $\beta$ -kazein** alkalmas, hisz ezek mozgékonyasága tér el leginkább egymásétól.

A kazeinfrakciók közül az  $\alpha_1$ -kazein adta a legjobb eredményt mind a poliakrilamid-gél-, mind az agarózgél elektroforézisnél.

Minden kazeinfrakciónak meg van a megfelelő párja a tehéntejben és a bivalytejben is, melyek **izoelektromos fókuszálással (IEF)** egymástól szétválaszthatók.

Proteolitikus enzimek alkalmazása  $\rightarrow$  a frakciók szétválasztása alkalmas a két tej megkülönböztetésére  $\rightarrow$  a frakciók elektroforetikus mozgékonyasága különböző  $\rightarrow$  jól hasznosítható a tehéntej bivalytejéből történő kimutatására.

Kísérletek történtek a  $\gamma_2$  és a  $\gamma_3$  kazein frakció elemzésére plazmin adagolás után, PAGE és IEF alkalmazásával  $\rightarrow$  a módszer alkalmasnak bizonyult 1% mennyiségű tej kimutatására a másik fajéból.

A bivalytej elektromos vezetőképessége a tehéntej hozzáadásával arányosan nő  $\rightarrow$  próbálkoztak az elektromos vezetőképesség alkalmazásával.

A bivalytej tejsírjának **palmitinsav és olajsav** tartalma a folyékony fázisban szignifikánsan nőtt tehéntej hozzáadásának hatására → próbálkoztak **a zsír zsírsavösszetételének meghatározásával**.

E két zsírsav rendkívül érzékenyen reagál a tehéntejjel történő elegyítésre → segítségükkel 5% tehéntej bivalytejhez keverése nagy biztonsággal kimutatható.

Javasolható, hogy minden környezetben végezzék el az összehasonlítást a két faj zsírjának összetételét illetően, és a helyi sajátságoknak megfelelő becslő rendszert hozzanak létre a tehéntej részarányának meghatározására.

### **Egyéb módszerek:**

A bivaly **kazein micellák** által nyúlban termelt ellenanyag segítségével, a **karotintartalom** alapján → a bivalytej karotintartalma lényegesen kisebb a tehéntejénél.

A bivalytej több **laktenint** és kevesebb **agglutinint** tartalmaz, mint a tehéntej → lehet a megkülönböztetés alapja.

A különféle fajok teje a különféle **illó komponensek alapján** is megkülönböztethető egymástól.

A **dimetilszulfon** a tehén, a kecske és a juhtejben az összes illó komponens 25%-át teszi ki, ez az aránya bivalytejben csak 4%.

A **3-metil-butanal** csak a bivalytejben található,

a **fenilacetaldehid** és a **benzaldehid** nagy koncentrációban található meg a kecsketejben,

a **2-metilketonok** és az **1-oktén-3-ol** a bivalytejben található meg nagyobb koncentrációban,

a **fenil-etanol** a juh és kecsketejben egyáltalán nem található meg, százszor nagyobb koncentrációban található a bivalytejben, mint a tehéntejben → egy potenciális analitikai módszert alapját jelenthetik.

# Az anyatej hamisítása egyéb tejekkel

A **pehelysedési teszt** során a kalcium acetát megfelelő koncentrációjú oldata a kazein fehérjéket 37 °C-on, a savófehérjéket pedig 60 °C-on csapja ki, de nem reagál a humán kolosztrummal → Ha pelyhek csapódnak ki az anyatejből, akkor az tehéntejet is tartalmaz.

Az anyatejhez kevert tehéntejet telített réz-szulfát oldattal és 0,4% kadmium-szulfát oldattal is ki lehet mutatni, melynek során, tehéntej jelenlétében, **csapadék válik ki.**

Az anyatej vizezését a **fagyáspont növekedés alapján** lehet kimutatni (?) → a fagyáspont személyről személyre, sőt ugyanannál az anyánál is változhat.

Az anyatejhez kevert tehéntejet viszonylag könnyű kimutatni az anyatej, ill. a tehéntej **fehérjefrakcióinak tulajdonságaiban fennálló különbségek alapján.**

A  **$\beta$ -laktoglobulin az anyatejben nem fordul elő** → jelenléte az anyatejben egyértelműen a hamisításra utal.

Alkalmas a hamisítás bizonyítására **a savófehérje frakcióban található  $\alpha$ -laktalbumin és a kazein frakcióban található  $\kappa$ -kazein is.**

Ezeknek a fehérjefrakcióknak a segítségével 1% tehéntej anyatejhez keverése kimutatható. Az alkalmazott módszer a PAGE és az IEF.

**Az anyatej szabadaminosav- és taurintartalma lényegesen nagyobb, mint a tehéntejé.**

Az anyatej taurintartalma 33,5  $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$ , a tehéntejé csak 1,9  $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$ ,

a glutaminsav esetében 262,7  $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$ , és 28,8  $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$   
→ lehetőséget adnak az anyatejhez kevert tehéntej kimutatására.

A taurint, mind a szabad glutaminsavat meg lehet határozni **ioncserés oszlopkromatográfiával** oszlop utáni ninhidrinnel való származékképzéssel, vagy **nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával** oszlop előtti származékképzéssel.

# Szójatej a tehéntejben

A **szójatej** és a belőle készült tejtermékszerű anyagok **ideális tápanyagok a vegetáriánusoknak és a tejfehérje allergiában szenvedőknek**, a fejlődő országok lakóinak, ahol hiány van jó minőségű állati eredeti fehérjéből.

10-20% szójatej tejhez történő keverése nem változtatta meg a joghurt és a sajt organoleptikus tulajdonságait → nehéz olyan analitikai módszert találni, mellyel a tejhez kevert szójafehérje kimutatható lenne.

20% szójatej hozzáadás nem változtatta meg az alvadási időt, ennél több esetében azonban már hosszabb alvadási idővel kell számolni.

**A szójafehérje kimutatására tejtermékből több módszert is kidolgoztak:**

nátrium-dodecil-szulfát **poliakrilamid gélelektroforézist (SDS-PAGE)**,

**szserológiai módszereket,**

**peptid analízist** → az analízisek a szójatej és a tehéntej fehérje tartalmában fennálló különbségeken alapulnak.

A PAGE-val, 8,6-os pH-jú tris puffer alkalmazásával a tehéntejből hat, a szójából pedig kilenc frakciót lehet elkülöníteni.

A **szója globulin frakcióinak elektroforetikus mozgékonyága** nagyobb, mint a vonatkozó tejfehérjéé, a  $\kappa$ -kazeiné, de kisebb, mint a  $\gamma$ -kazeiné.

A módszerrel 2% szójatej tehéntejhez történő keverése kimutatható.

A PAGE, az SDS-PAGE és a HPLC is jól használható a szójafehérje kimutatására → 5%-os szójatej tejhez adása nagy biztonsággal kimutatható, és a mennyisége meghatározható.

HPLC analízissel, hitelesítő egyenes segítségével, 1%-nál több szójatej a tehéntejben nagy biztonsággal kimutatható.

A módszerek hátránya, hogy drágák, képzett személyzetet és drága műszereket igényelnek.

Az ELISA módszerek lényegesen olcsóbbak, és velük is lehetséges 1%-nál több szójatej kimutatása.

A szójatej mellett a tejhez kevert **kókusztej is kimutatható.**



# A savó és az író kimutatása a tejből

A savópor felhasználásának, a magas tejcukor tartalom miatt, korlátai vannak.

A soványtejpor, az előírások szerint, csak fölözött tejből készülhet, és nem tartalmazhat savóból vagy íróból származó szárazanyagot, és oltó enzim sem lehet benne.

A világon sok helyen az édes tejszínből készült vaj gyártása után visszamaradt **írót por formájában a soványtejporhoz keverik** → kimutatására több módszert is kidolgoztak:

A hamisítást nyomon lehet követni a **savófehérje frakció mennyisége**, a **tejsav mennyisége** alapján → pozitív, ha meghaladja a 150 mg/100 g-ot, és a hamutartalom alapján → pozitív, ha több, mint 8%.

Az írópor kimutatására fel lehet még használni:

az **elektronmikroszkópot**, mert a részecskék felülete eltérő, ha sovány tejből vagy íróból készül a por,

a **savas kicsapódási tesztet**, melynek a során a kazein micellák, a savófehérjék és az íróban lévő nagymennyiségű zsírgolyócska membránok eltérő módon viselkednek.

A savó ára alacsony, organoleptikus tulajdonságai nem térnek el jelentősen a tejtől → pasztörözött tejet hamisítják vele → a tej hamisításával jelentős gazdasági haszonra lehet szert tenni.

A savó mennyiségét a tejben ki lehet mutatni **a kazein-savófehérje arány alapján** → a kazeint meg lehet határozni annak 4,6-es pH-n történő kicsapását követően, ami utána visszamarad, az a savófehérje.

**A kazeintartalom és a foszfortartalom nagyon szoros összefüggésben** van egymással → csak a kazein képes a foszfátot észter kötéssel megkötni → a foszfortartalomról a kazein tartalomra → a tej savóval való hamisítására lehet következtetni.

# Savófehérje a tejtermékekben

Nagyon fontos annak ismerete, hogy a különféle tejtermékek mennyi tejszáranyagot, és ebben mennyi teljes tejpórt tartalmaznak, és tudni kellene azt is, hogy **mennyi benne a savófehérje és a kazein aránya.**

Különválasztani a kazeint a savófehérjétől nagyon nehéz, mert a különféle hőkezelési eljárásokat követően együtt csapódnak ki, **gyakorlatilag elválaszthatatlanok.**

Egyéb megoldás: a foszfortartalom alapján való becslés, mivel a foszfor csak a kazeinhez kötődik, a **foszfor/nitrogén arány alapján a kazein mennyisége,** még összetett mátrixban is, **becsülhető.**

Alkalmazható még a radiális immunodiffúzió is a kazein és savófehérje mennyiségének becslésére.

A **savópor, írópor vagy kazeinát hozzáadása a fölözött tejhez** a cisztein-cisztin (-S-S-) komplex, valamint a szialinsav alapján mutatható ki.

**A cisztein- és a cisztintartalom egy módosított ninhidrin reakció alapján, vagy ioncserés oszlopkromatográfiával mérhető.**

Az SH-csoportok mennyisége a normál sovány tejporban 86,4  $\mu\text{g/g}$  fehérje, savó vagy savófehérje hozzáadásra lineáris emelkedést mutat.

10% **savófehérje** hozzáadása a soványtejporhoz **az SH-csoportok koncentrációját szignifikáns mértékben megnöveli** → a módszer alapján a hozzáadott savó vagy savófehérje mennyisége meghatározható.

Amennyiben a cisztein/cisztin arány nagyobb, mint három, és a szialinsav mennyisége meghaladja a 3%-ot, a savófehérje kiegészítés bizonyított.

Lehetőség van még a **HPLC és a gélelektroforézis** alkalmazására is, de ezek drágák.

A hozzáadott savófehérje mennyiségét az **aminosav összetétel alapján** is meg lehet határozni, amennyiben az eléri vagy meghaladja a 10%-ot.

A módszert nem befolyásolja, hogy denaturált vagy nem denaturált savófehérjéről van szó, illetve hogy történt e hőkezelés, vagy nem.

Próbálkoztak a **glikomakropeptidek** HPLC-s vagy spektrofotometriás meghatározásával is.

Jó eredményeket értek el a renninnel keletkezett savópor édes íróporhoz történő keverésének kimutatásával, jobbak voltak az eredmények a savanyú alvasztás esetében kapott savópornál.

A **HPLC módszer mind megbízhatóságban, mind érzékenységben felülmúlja az összes többi**, és vele 0,5% édes savópor hozzákeverése kimutatható a fehérjefrakciók analízise alapján.

Az édes savópornak magasabb a laktóz, nátrium-, kálium- és kloridtartalma → a tejporból készített tej fagyáspontja lényegesen alacsonyabb, ha savóport adtak hozzá. A **fagyáspont csökkenésből regressziós egyenletek alkalmazásával** a hozzáadott savópor mennyisége meghatározható.

**Amiről még érdemes lenne beszélni:**

**Tejporból előállított (újraalkotott) tej**

**A tej és tejtermék hamisítás egyéb lehetőségei**

Borjútáppal történő hamisítás

Növényi fehérjékkel történő hamisítás

Cukorhozzáadás, cukrok hidrolízise, fagyáspont

Konyhasó, nátrium-hidrogén-karbonát hozzáadás

**Egyéb zsiradékok kimutatása a tejben, a vajban és a ghee-ben**

a trigliceridek szerkezetének megállapításán,

a zsírsavösszetétel elemzésén,

az el nem szappanosítható lipidek mérésén (szterinek, szterin észterek, tokoferolok, karbonil vegyületek), vagy

a fizikai tulajdonságok elemzésén alapulnak.

Hamisítás, ha: a vaj különböző állatfajok tejéből készül,

ha **magát a tejszírt módosítják valamilyen technológiai beavatkozással,**

ha **különböző kérődző állatfajok összekevert tejéből állítanak elő vajat,**

## **A tej vizezése és annak kimutatása**

A fagyáspont meghatározás alapján, termisztoros krioszkóppal

**Ha a tej fagyáspontja  $-0,53$  °C-nál nagyobb, akkor a tej vízzel hamisítottnak tekintendő**

## **A tej és tejtermékek hőkezelttségének meghatározása**

A peroxidáz enzim kimutatása Storch-féle próbával

A foszfatáz enzim mennyiségi meghatározása a 2,6-dibrómkinon-klórimid-fenol reakció segítségével

A foszfatáz enzim kimutatása hidrogén-orto-krezolftalein foszfáttal

## **A gyulladástól származó kóros összetételű tej kimutatása**

Masztiteszt-próba, Whiteside-próba

## **A fogyasztásra alkalmatlan, romlott tej mennyiségének kimutatása**

alizarin teszttel



MAGYAR AGRÁR- ÉS  
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

**Köszönöm megtisztelő figyelmüket,  
várom kérdéseiket!**