



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Pixabay

Korzenszky Péter¹, Kovács Ágnes², Meixner Richárd¹, Pettkó Csaba³

Érkezett: 2017. március – Elfogadva: 2017. július

A tej hőkezelésének élelmiszer-biztonsági és energetikai vizsgálata

Kulcsszavak: tehéntej tulajdonságai, hőkezelés, pasztörözés, peroxidáz enzim inaktivitás, élelmiszerbiztonság, lemezes pasztór, hőteljesítmény, COP, energetika

1. Összefoglalás

Kutatócsoportunk a tehéntej hőkezelésének élelmiszerbiztonsági és energetikai hatékonyságát vizsgálta. Az ismert hőkezelési eljárások közül most egy 75 °C-on hőkezelt és 5 percig hőn tartott tehéntej esetében mutatjuk be vizsgálatunk eredményeit. A tehéntej megfelelő módon történő kezelése az élelmiszer-előállítás talán legsarkalatosabb kérdése, ugyanakkor az élelmiszer-biztonság és az előállításhoz felhasznált energia mennyisége sem közömbös az üzem szempontjából. Méréseinket az Állatorvostudományi Egyetem Élelmiszerhigiéniai Tanszékén található PG 015 típusú pasztörgépén végeztük. Mértük a technológia során a befektetett villamos energiát és a felhasznált hőmennyiség nagyságát. Az élelmiszer-előállítás hatékonyságát a hasznosuló és a befektetett energia mennyiségek hányadosaként határoztuk meg. A hőkezelés megfelelőségének igazolására peroxidázenzim inaktivitástesztet végeztünk el a kezeletlen, az azonos hőmérsékleten kezelt, a hőntartás nélkül és a megfelelő ideig hőn tartott tehéntej esetén. Vizsgálataink eredményeként elmondhatjuk, hogy egy-egy technológiába épített hő visszanyerő zóna a COP (coefficient of performance - hatékonysági együttható) értékét egy fölötti értéken tartja. A felfűtés és hőntartás időtartamának optimalizálásával, a kívánt technológiai hőmérséklet pontos beállításával, valamint az élelmiszer-biztonsági határértékek és vizsgálatok alkalmazásával egy nagyobb rendszer hatásfoka is jelentősen javítható.

2. A tej minőségi és élelmiszer-biztonsági jellemzői

Az emberiség ételmezésében a tejtermelés fontos mennyiségi és minőségi faktor; a tejtermelés részesedése az élelmiszer-termelésben kb. 25%. A tej fogalmán általában a tehéntejet értjük. Más házasított emlősök tejét az eredetét jelölő szókapcsolattal fejezzük ki (pl. lótej, tevétej, juhtej, bivalytej, kecsketej).

Napi egy csésze tej elfogyasztásával hozzájárulhatunk a tápanyagok napi ajánlott bevitelének jelentős hányadához. A tej és tejtermékek rendszeres fogyasztása az egészséges és kiegyensúlyozott táplálkozás szempontjából ajánlott.

Az állatfajok, állatfajták és azok egyedeinek tulajdonságai, a takarmány összetétele és a takarmányozási

mód, az időjárási viszonyok, az évszakok és a laktációs időszak mind nagymértékben hatással vannak a tej kémiai összetételére.

A tej biológiai funkciója az, hogy tápanyagokat és immunológiai védelemet szolgáltatson az újszülöttnek. A legtöbb állatfaj esetében a tej az egyetlen fogyasztott táplálék heteken, illetve hónapokon át. Ezért tartalmaznia kell a növekedéshez és fejlődéshez szükség összes tápanyagot: aminosavakat, vitaminokat, ásványi anyagokat, energiát (**1. táblázat**).

A tej és termékei tehát számos fontos tápanyagot tartalmaznak. A tej fogyasztása gyors és egyszerű módja a tápanyagok szervezetbe juttatásának viszonylag kevés kalóriabevittel.

¹ Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gödöllő

² Állatorvostudományi Egyetem, Élelmiszerhigiéniai Tanszék, Budapest

³ Agrometal-Food-Tech Kft., Budapest

A tej legnagyobb részét a víz, kisebb részét kb. 12,5% szárazanyag teszi ki. A szárazanyagot a tejszír, a fehérjék, tejcukor, ásványi anyagok és vitaminok alkotják. A tej egyes alkotóinak mennyisége széles határok között változhat [1], [2], [6], [11].

A tej, a sajtok, a joghurtok változó mennyiségben tartalmazzák az **1. táblázatban** felsorolt jótékony hatású tápanyagokat.

A tej kolloidkémiailag szempontból bonyolult polidiszperz rendszer, amely szerves és szervetlen összetevőkből áll. Részben vizes oldat (ásványi sók, tejcukor), részben kolloid oldat (fehérjék), részben pedig emulzió (zsír).

A tej „zsír a vízben” emulzió; a vaj „víz a zsírban” emulzió. A kolloid oldatokban a kisméretű, elektromos töltésű részecskék diszpergálódása, illetve a vízmolekulákhoz való affinitása jellemző. A tejben a savófehérjék a kolloid oldatban, a kazein fehérjék pedig a kolloid szuszpenzióban találhatók [12], [13]. A tej fontosabb összetevőit a **2. táblázat** tartalmazza.

A tej bizonyos alkotórészeinek (laktóz, egyes vitaminok, ásványi anyagok, sók) oldószere a víz. A víz továbbá a vízben nem oldható anyagok diszperziós közege is (tejszír, fehérjék, enzimek, kolloidális állapotú ásványi anyagok). A tej tömegének több mint 83%-a víz. A nagy víztartalom miatt a tej igen romlékony. Az eltarthatóságot a szabad és a kötött víz aránya is befolyásolja.

A tehéntej esetében a zsírtartalom tág határok között mozoghat (2,8-6,5%). A tej zsírtartalmának jelentős részét (>99%) a zsírsavak glicerinnel képzett észterei, a trigliceridek alkotják. Jóval kisebb arányban mono- és diglicerideket is tartalmaz. A tejben még más lipidek is találhatóak, például foszfolipidek, glikolipidek, lipoproteinek, szerinek, karotinoidok, továbbá zsírolható vitaminok, szabad aminosavak, aromaanyagok.

A tej főlözésével nyerik a tejszínt. Ha a tejszínt tejsavbaktérium tenyésztéssel fermentálják, tejföl keletkezik. A főlözés után visszamaradó rész a főlözött tej vagy sovány tej. A teljesen zsírtmentes tej elnevezése: tejplazma.

A tej zsírtartalma finom eloszlásban, zsírgolyócskák formájában, emulzióban van jelen. A zsírgolyók belső felületén található a gliceridekből álló zsírcseppecske, amelyet foszfolipid (lecitin) réteg vesz körül. Az egész képződményt kívülről egy fehérje védőburok vonja be, amely kifelé negatív töltésű, így a zsírgolyócskák az édes tejben (pH = 6,7) taszítják egymást. Köpüléskor a védőburok felszakad, a folyékony zsír szabadon válik és összetapad.

A tejszírt kb. 200 féle zsírsav alkotja, ennek legalább 90%-a nem illékony telített- és telítetlen vegyület: palmitinsav (C16:0), sztearinsav (C18:0), mirisztinsav (C14:0), olajsav (C18:1) stb.

1. táblázat. A tehéntejben található fontosabb tápanyagok
Table 1 Most important nutrients in cow's milk

Tápanyag megnevezése <i>Nutrient</i>	Jótékony hatások <i>Beneficial effects</i>
Kalcium / <i>Calcium</i>	A fogak és a csontok épségére hat <i>Affects the integrity of teeth and bones</i>
foszfor / <i>Phosphorus</i>	Az energia-felszabadításban játszik szerepet és szükséges az idegrendszer működéséhez <i>Plays a role in energy release and required for the functioning of the nervous system</i>
magnézium / <i>Magnesium</i>	Az izmok egészséges működését segíti elő <i>Helps the healthy functioning of the muscles</i>
fehérjék / <i>Proteins</i>	A növekedésben és a saját fehérjék felépítésében játszanak szerepet <i>Play a role in growth and the synthesis of our own proteins</i>
b ₁₂ vitamin / <i>Vitamin B12</i>	Az egészséges sejt-anyacsere folyamatokat támogatja <i>Supports healthy cell metabolism processes</i>
cink / <i>Zinc</i>	Az immunrendszer megfelelő működését támogatja <i>Supports proper functioning of the immune system</i>
jód / <i>Iodine</i>	A növekedésben és az anyagcsere folyamatok szabályozásában játszik szerepet <i>Plays a role in growth and the regulation of metabolic processes</i>
a vitamin / <i>Vitamin A</i>	A jó látóképesség és az immunrendszer megfelelő működésének fenntartásában van szerepe <i>Has a role in good vision and maintaining the proper functioning of the immune system</i>
b ₂ vitamin (Riboflavin) <i>Vitamin B2 (Riboflavin)</i>	A bőr egészségének fenntartását támogatja <i>Supports the maintenance of healthy skin</i>
folsav, folátok <i>Folic acid, folates</i>	A sejtek egészséges életciklusának fenntartásában van szerepe <i>Plays a role in maintaining the healthy life cycle of cells</i>
c-vitamin / <i>Vitamin C</i>	Nélkülözhetetlen a kötő- és támasztószövetek egészséges fejlődéséhez <i>Essential for the healthy development of connective and supporting tissues</i>

Az illékony telített- és telítetlen zsírsavak aránya ennélfogva kb.10%, amelyek a tejszír jellegzetes aromáját adják: vajsav (C4:0), kapronsav (C6:0), kaprilsav (C8:0), kaprinsav (C10:0).

A tejszír az összes élettanilag szükséges fontos zsírsavakat tartalmazza, közöttük a linolsavat, linolénsavat is. Az anyatej után a tehéntej összetétele áll a legközelebb a táplálkozás-élettanilag ideálisnak tekintett összetételhez.

A tejszír jelentős energiaforrás is, 1 g tejszír 38 kJ energiát biztosít. A tejszír minőségét és mennyiségét a tejelő tehén fajtája, a laktáció lefolyása és a takarmányozás is befolyásolja.

A tejszír jelentős vitaminforrás: A-, D-, E- és K-vitaminokat is tartalmaz.

3. Tejfehérjék

A fehérjék mennyisége a tehéntejben 2,8-4,5% között változhat. A tej nitrogéntartalmú vegyületeinek 95%-át a fehérjék teszik ki. A fennmaradó 5% aminosavakból és egyéb N-tartalmú vegyületekből áll.

A tehéntej a humán egészség szempontjából szükséges csaknem összes esszenciális aminosavat tartalmazza. Egy felnőtt esszenciális aminosav szükséglete a – fenilalanin és a metionin kivételével – napi 0,5 liter tej elfogyasztásával fedezhető.

A tej fehérjei 2 fő csoportra oszthatók: kazeinekre és savófehérjékre. E fehérjék mellett kis mennyiségben egyéb proteinek is találhatóak, pl. a zsírgolyócskák membránfehérjei és enzimek. A kérődzők tejében (tehén, juh, kecske) a kazeinek vannak túlsúlyban (kazeintejek). Más háziállatok és az ember esetében az albuminok mennyisége nagyobb (albumintejek).

A kazeinek (foszfor tartalmú fehérjék) csak a tejben fordulnak elő, kalciumhoz kapcsolódva.

A kazeinek oltóenzim hatására kicsapódnak. Ugyancsak kicsapódnak alkohol hatására is, ha a tej pH-ja <6,3. Ezért használható az alkoholos próba a tej frissességének vizsgálatára.

A savófehérjék a tej (oltós vagy savanyú) alvadásakor oldatban, a savóban maradnak, albumin és globulin frakciókra bonthatók. Tőgygyulladás esetén az albuminok és globulinok mennyisége jelentősen megemelkedik. E fehérjék hőkezelés során ráéghetnek a hőközlési felületekre, csökkentve a pasztörözés hatékonyságát.

A laktoferrin vaskötő tulajdonságú glikoprotein, vasat (Fe³⁺) von el a mikroorganizmusoktól, ezért bakteriosztatikus hatású (főleg Gram-negatív baktériumokra).

A transferrin is vaskötő tulajdonságú glikoprotein, a vérplazmából jut a tejbe (plazmafahérje).

A foszfatázok a foszforsavészterek hidrolízisét katalizálják. A foszfatáz hőérzékeny enzim, 72 °C-on 15 másodperc alatt inaktíválódik, ezért a foszfatáz-tartalom mérése a tej pasztörözésének ellenőrzésére használható. A baktériumos eredetű foszfatázok hővel szemben ellenállóak; a lúgos foszfatázt főleg *Penicillium* fajok, a savas foszfatázokat főleg a *Staphylococcus*, *Achromobacter* és *Penicillium* fajok termelik.

Az amiláz a keményítő cukorrá alakítását hidrolizálja. Hőre érzékeny, 56 °C-on, 30 perc alatt inaktíválódik. Aktivitása állás közben is csökken, ezért az amiláz mennyiségi meghatározása a tej frissességének kimutatására használható. Baktérium eredetű amilázt főként spórás baktériumok, pl. *Bacillus* fajok és élesztőgombák termelnek.

A proteázok fehérjebontó enzimek, csak hosszabb ideig tartó, melegen (37-42 °C) tárolás után mutatnak ki. Pasztörözéskor részben inaktíválódnak. A tejsavbaktériumok olyan proteolitikus enzimeket termelnek, melyek a sajtgyártásban hasznosak (*Clostridium*, *Achromobacter* fajok), de a pasztörözött tej romlásáért is felelősek.

A xantin-oxidáz a metilénkéket formaldehid jelenlétében elszínteleníti (Schärdinger reakció). A tehéntejben nagy mennyiségben, míg az anyatejben csak nyomokban található, ezért a xantin-oxidáz enzim vizsgálata két tejtípus gyors elkülönítésére használható.

2. táblázat. A tej összetevői
Table 2 Ingredients of milk

Összetevők / Ingredient	Mennyiség (%) / Quantity (%)
Zsír / Fat	2.8-6.5
Fehérje, ebből / Protein, of which	2.8-4.5
Fehérje (kazein) / Protein (casein)	2.7
Fehérje (savó) / Protein (whey)	0.6
Nem-fehérje nitrogén / Non-protein nitrogen	0.2
Tejcukor / Lactose	4.7-4.8
Ásványi anyagok / Minerals	0.8
Víz / Water	83-90

A kataláz a hidrogén-peroxidot vízre és szabad oxigénre bontja. Aktivitásának növekedése a masztitisztes tejben tapasztalható a tejbe kerülő fehérvérsejtek nagy kataláztartalma miatt, ezért a kataláz analízise a tőgygyulladásos tej indikátoraként használható [9].

4. Tejcukor

A tejcukor (laktóz) diszacharid, glükóz és galaktóz molekulákból áll. Kevésbé édes és vízben lassan oldódik. A gyógyszeriparban és tápszergyártásban használják. Az emberi szervezetben a laktáz enzim bontja, ennek hiánya tejcukor-érzékenységet okoz. A tehéntej tejcukortartalma 4,7-4,8%, mennyisége aránylag állandó a különböző fajták esetében is. Tőgygyulladás esetén a tej laktóztartalma csökken. A kristályos laktóz 170-180 °C-on karamellizálódik. Vizes oldatban 80 °C-on megindul a karamellizáció. Ez a folyamat adja a főtt tej jellegzetes ízét. A tejsavbaktériumok enzimeinek hatására tejsavvá alakul. A tejsav sói, a laktátok különböző baktériumok hatására propionsavvá és ecetsavvá, illetve tejsavvá és vajsavvá bomlanak. Ezek a folyamatok a savanyú tejkészítmények gyártásánál használhatók, megfelelő szintenyészetek hozzáadásával.

5. Ásványi anyagok

A különféle makro- és mikroelemek szerves, illetve szervetlen sók formájában találhatók meg a tejben (3.-4. táblázat).

6. Vitaminok (és provitaminok)

A tej tartalmazza az ember számára szükséges összes vitamint, ugyanakkor mégsem tekinthető teljes értékű vitaminforrásnak, mert egyes vitaminok mennyisége nem fedezi a szükségleteket (pl. C-vitamin), valamint a hőkezelés során, illetve fény hatására elbomolhatnak.

7. A tej fizikai tulajdonságai

A tej színe fehér vagy sárgásfehér. Fehér színét a koloid oldatban lévő fehérrék és zsírgolyócskák adják. A sárgás szín főleg a karotintól származik. A vizezett tej kékesfehér árnyalatú.

A tej csaknem szagtalan, ha higiénikusan fejték és gyorsan lehűtötték. A tőgy-meleg tej gyakori jellegzetes szaga az istálló levegőjétől, az esetlegesen tejbe jutott szennyeződésektől ered, mivel a tejszír az illó anyagokat erősen adszorbeálja.

A tej enyhén édeskés, telt, idegen íztől mentes. A tejcukortól édes, a lipidektől telt ízű. A fölözött tej „üres” ízű. A homogenizálás, a zsírgolyócskák méretének csökkenése és számuk növekedése fokozza a telt ízt, mivel a nyelv ízlelőbimbóival több zsírgolyócska érintkezik.

A tej ízét és színét a takarmányozás erősen befolyásolja, de a laktáció lefolyása, a szennyezettség és a tejelő tehén egészségi állapota is hat rá.

3. Táblázat. A tej átlagos ásványi-anyag tartalma
Table 3 Average mineral content of milk

Ásványi anyagok / Mineral	Mennyiség (g/L) / Quantity (g/L)
Foszfát / Phosphate	2.1
Citrát / Citrate	2.0
Kálium / Potassium	1.4
Kalcium / Calcium	1.2
Klorid / Chloride	1.0
Nátrium / Sodium	0.5
Magnézium / Magnesium	0.1

4. Táblázat. A tej átlagos mikroelem tartalma
Table 4 Average microelement content of milk

Mikroelemek / Microelement	Mennyiség (µg/L) / Quantity (µg/L)
Cink / Zinc	4000
Vas / Iron	400
Fluor / Fluorine	200
Réz / Copper	100
Jód / Iodine	40
Mangán / Manganese	30
Szelén / Selenium	10

8. A pasztörözés élelmiszer-biztonsági vonatkozásai

A tejben olyan mikroorganizmusok is előfordulhatnak, amelyek a fejeskor, illetve szállítás során kerülnek a tejbe. E mikroorganizmusok nagy részének inaktiválásával a tej nem veszélyezteti a fogyasztó egészségét, és feldolgozásra alkalmas lesz. A csírátlanítás leghatékonyabb módja a hőkezelés.

A pasztörözés, vagy pasztörizálás a folyadékok 60-90 °C közötti hirtelen, rövid idejű felmelegítése és azt követő gyors lehűtése, a bennük lévő kórokozó baktériumok elpusztítása, illetve az egyéb mikroorganizmusok számának minél nagyobb mértékű, logaritmikus csökkentése céljából. Az eljárás Louis Pasteur (és Claude Bernard) francia tudósok nevéhez fűződik, akik felismerték és bebizonyították, hogy a mikroorganizmusok erjedést és betegségeket idézhetnek elő, továbbá, hogy az élelmiszer a levegőben levő organizmusok hatására indul romlásnak. Ezt a módszert főleg bor, ecet és sör eltarthatóságára alkalmazta, először 1862-ben.

Ezzel egy időben, néhány hónappal korábban, ugyancsak sikeres kísérleteket folytatott Preysz Móric vegyész, aki kutatási eredményeit 1862. október 16-án mutatta be a Hegyaljai Bormívelők Egyesülete közgyűlésén „A tokaji bor utóerjedésének meggátlásáról” címmel [4].

A pasztörözés tehát olyan 100 °C alatti hőkezelés, amelyet abból a célból alkalmaznak, hogy a tejben

a mikroorganizmusok száma olyan alacsony szintre csökkenjen, amely már nem jelent egészségügyi kockázatot, illetve egyúttal a termék eltarthatósági idejét is meghosszabbítja.

A tejjparban a pasztörözés különböző formáit alkalmazzák. A hőkezelési eljárásokat az **5. táblázat** mutatja be [5], [6].

A pasztörözés során a minél tökéletesebb csírapusztulás mellett arra is kell törekedni, hogy a tej eredeti jellege és tulajdonságai ne változzanak számottevő mértékben. A hőkezelési eljárást a készítő tejterméktől függően hajtják végre. A pasztörözés nem okoz feltétlenül teljes csírapusztulást; a szokásos eljárások hatásfoka – a csírapusztulás mértéke – 99,0-99,9%. Az UHT pasztörözés (Ultra High Temperature) és a sterilizálás „kereskedelmi sterilitást” eredményez, amelynek hatásfoka közel 100%. Az esetleg életben maradt mikrobák a fogyaszthatósági időn belül olyan mértékben nem tudnak elszaporodni, hogy bármilyen elváltozást okozzanak a tejben.

A hőkezelést elsősorban a humán-egészségügyi szempontok (mikroorganizmusok pusztulása), illetve előírások indokolják, de az eljárás ezen kívül a biztonságosabb gyártást és némely esetben a termék jellegének, érzékszervi tulajdonságainak kialakítását is célozza.

Az EU előírása szerint a tej hőkezelése: „a nyerstej és a tejalapú termékek előállítására szolgáló üzemi tej negatív foszfatáz-reakciót eredményező hevítése”.

5. Táblázat. A tejjparban alkalmazott hőkezelési eljárások
Table 5 Heat treatment procedures used in the dairy industry

Hőkezelési eljárás Heat treatment procedure	Hőmérséklet (°C) Temperature (°C)	Hőntartási idő (s) Holding time (s)	Alkalmazási terület Application area
Kíméletes/tartós/lassú pasztörözés Gentle/long-lasting/slow pasteurization	62-65	1200-1800	Egyes sajtok Certain cheeses
Termizálás Thermization	65-71	15-40	Kemény sajtok Hard cheeses
Gyors pasztörözés Fast pasteurization	72-76	15-40	Fogyasztói tej, oltós alvasztású érlelt sajtok, savas alvasztású túró Consumer milk, mature rennet cheeses, acid-coagulated cottage cheese
Magas hőmérsékletű (HTST) pasztörözés High temperature (HTST) pasteurization	80-98	5-180	Savas alvasztású termékek: túró, krémtúró, ízesített és savanyított tejek, vaj Acid-coagulated products: cottage cheese, cream cheese, flavored and acidified milk, butter
Pillanat pasztörözés Instant pasteurization	85-95	1-5	Tej, tejszín, savanyú készítmények, desszertek Milk, cream, sour products, desserts
Ultrapasztörözés (UHT) Ultra pasteurization (UHT)	136-150	2-8	Tartós-, féltartós tej, ízesített tejtermékek, tejszínek: habtejszín Preserved and semi-preserved milk, flavored dairy products, creams: whipping cream
Sterilizálás Sterilization	110-121	1200-2400	Sűrített tej, kávétejszín Condensed milk, coffee cream

Tejtermékek gyártására csak a legalább 71,7 °C-on 15 másodpercig, vagy ezzel egyenértékű hőkezeléssel kezelt tej használható fel [14], [15], [16].

A hőkezelés hatékonyságának vizsgálatára általános gyakorlat a peroxidáz enzim inaktivitási tesztjének végrehajtása.

A patogén mikrobák közül a leginkább hőtűrő (termo-toleráns) a *Mycobacterium tuberculosis* (TBC). Ezért a pasztörözési hőmérsékletnek és időtartamának a TBC kórokozója hőpusztulási görbéje felett kell lennie. A tej foszfatáz enzimjeinek inaktivitási hőmérséklet-idő függvénye a TBC baktériumok pusztulási görbéje felett van, ezért ha a foszfatáz enzimek inaktíválódtak, akkor vélhetően a TBC kórokozók is elpusztultak.

A peroxidáz enzim a kezelési hőmérséklet és idő függvényében lebomlik, így alkalmas a minták megfelelő hőkezelésének ellenőrzésére. A vizsgálat Storch-féle próbával elvégezhető. A meghatározás alapját az képezi, hogy a nem megfelelően hőkezelt tejben a peroxidáz enzim a hidrogén-peroxidot bontja, és az így felszabaduló atomos oxigén az N,N-dietil-1,4-fenilén-diamin-hidrokloridot szürke színű vegyületté oxidálja. A kísérlet során a hőkezelési módszereknek megfelelően 3-3 párhuzamos mintán végeztük el a Storch-próba. A próba során 5 ml hőkezelt tejmintához 50 µl 1–3 m/m%-os H₂O₂-oldatot adtunk, majd a mintát homogenizáltuk. Ezt követően a mintákhoz 100 µl 2 m/m%-os parafenilén-diamin oldatot csöpögtettünk, és ismételtlen homogenizáltuk a mintákat. A színreakció pár másodperc alatt szemmel látható eredményt ad [3].

Az 1. ábra a hőkezelési folyamat előtt, közben és utána vett tehéntejminták peroxidázenzim-teszt eredményeit mutatja. A baloldali képen a kezeletlen

nyers tehéntej, a középső képen a 75°C-on, de rövid ideig kezelt tej reakciójának eredménye látható. A jobb oldali képen a megfelelő hőmérsékleten és hőntartási időn kezelt tehéntej peroxidáz enzim inaktivitási tesztjének eredménye látható [3]. A pasztöröző gépen T=88°C célértéket állítottunk be. A tényleges kezelési hőmérséklet 75°C volt.

9. A tejfeldolgozás energetikai vonatkozásai

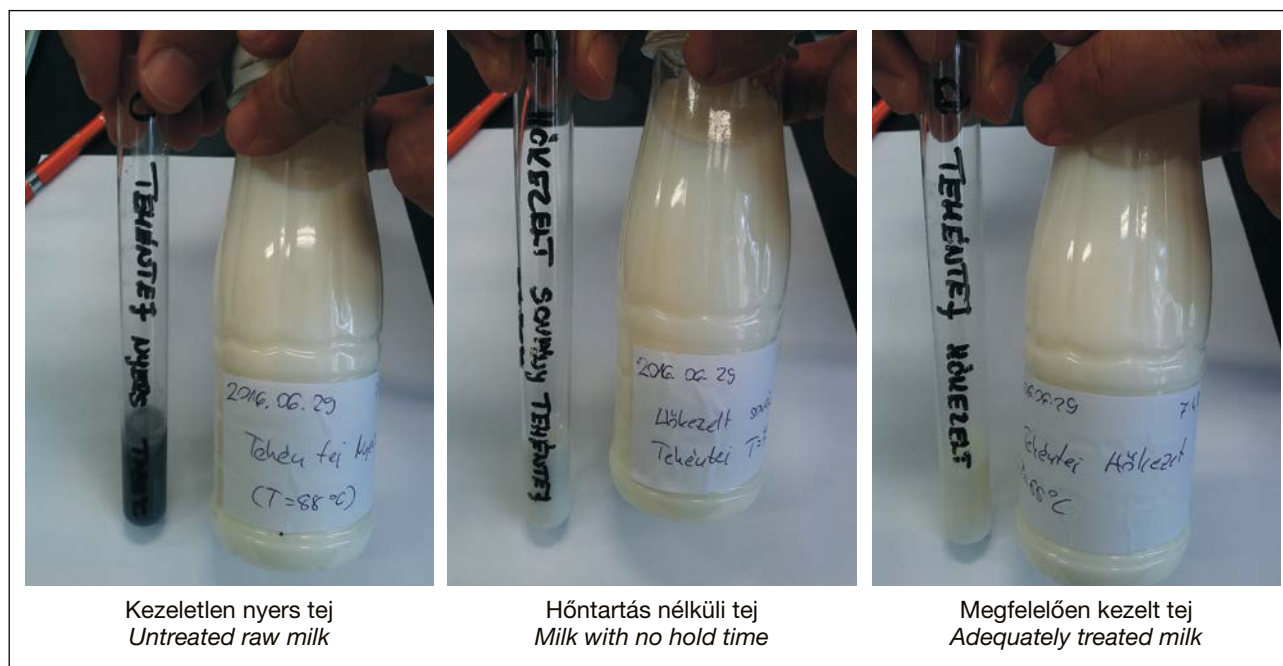
A tej hőkezelése kis-, közép és nagyvállalatok esetében is jól gépesíthető folyamat. Az esetek túlnyomó többségében a tej, mint alapanyag megfelelő mennyiségben és minőségben áll rendelkezésre a feldolgozók számára. A már említett pasztörözés, mint technológiai folyamat a gyakorlatban jól szabályozható és jól kézben tartható. Általában minden tejfeldolgozó üzemnek megvan a saját jól bevált „receptúrája” gépi beállítások tekintetében, amellyel a mikroorganizmusok számát a megfelelő szint alá tudja csökkenteni.

A XXI. század követelményeinek megfelelően az üzemek és nagyvállalatok az energetikai tanúsítvány megszerzésének tükrében egyre jobban kényszerülnek az energetikai hatékonyság javítására (Energiairányítási rendszer tanúsítása az **MSZ EN ISO 50001:2012**) [17].

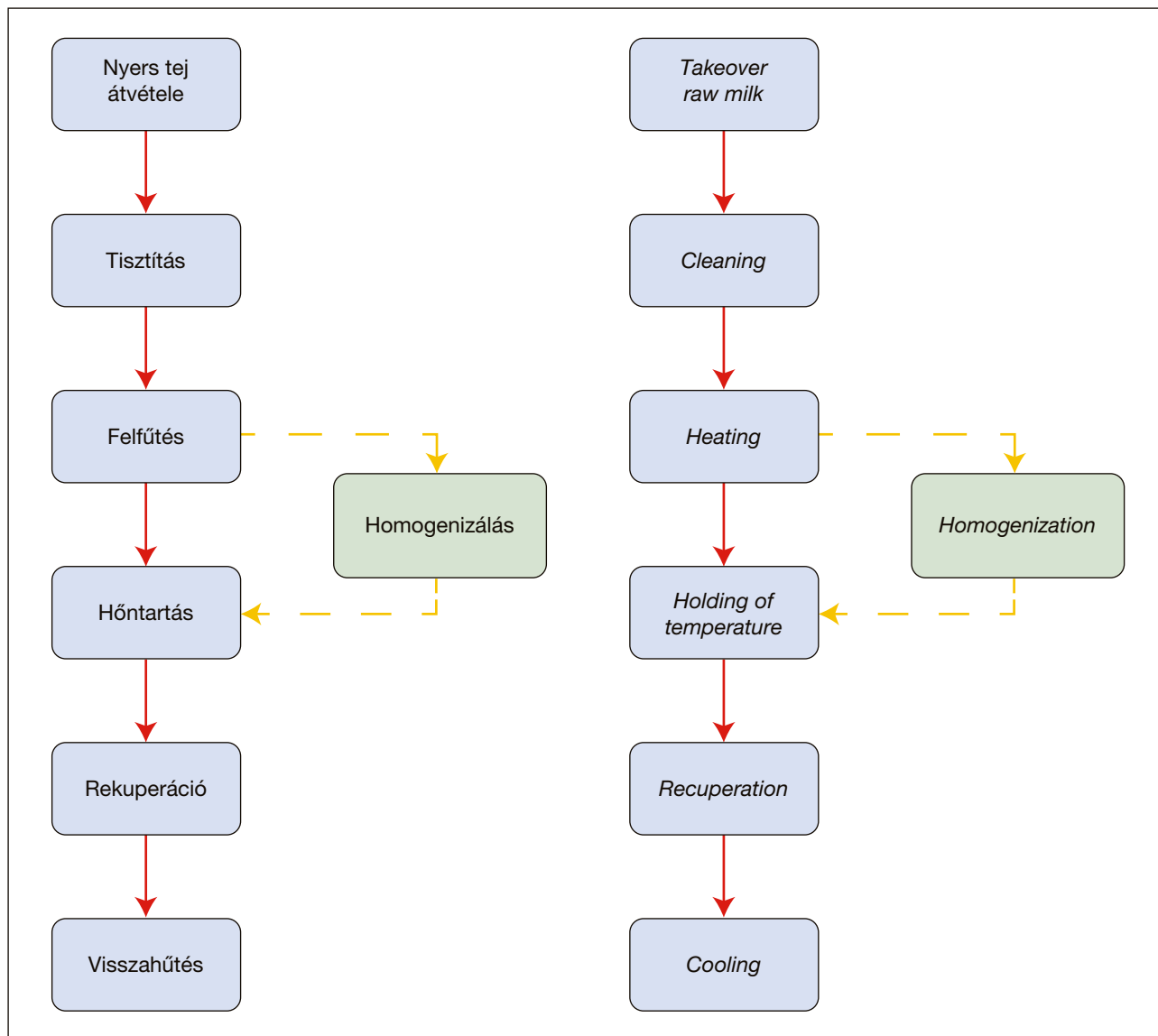
Érdeemes tehát egy meglévő technológia esetében is törekedni az energetikai optimum megtalálására.

A felfűtési és hőntartási műveletek esetén a mikrohullámú hőkezelés hatásainak vizsgálatára is folytak már kutatások [7].

Ugyancsak újszerű technológiai megoldások lehetőségeit kutatták a hőszivattyúk élelmiszeriparban történő alkalmazása tekintetében is [8].



1. ábra. Tehéntej peroxidáz enzim inaktivitási teszt eredményei
Figure 1 Peroxidase enzyme inactivity test results of cow's milk



2. ábra. A tejpasztörzés folyamata a tejüzemben
Figure 2 The process of milk pasteurization

Ugyanakkor a hagyományos lemezes hőcserélővel működő élelmiszeriparban gyakran alkalmazott berendezések tekintetében sem mindig egyértelműek az energetikai és hőtechnikai viszonyok.

Az **3. ábra** az Agrometál-Food-Tech Kft. PG 015-típusú kísérleti berendezésének fényképét mutatja az Állatorvostudományi Egyetemen az Élelmiszerhigiéniai Tanszék, Élelmiszertechnológiai laboratóriumában.

Az üzemi körülmények között $q=150$ liter/óra névleges térfogatáramú PG 015 lemezes pasztörizáló berendezés esetében a hőkezelés során mértük a tej hőmérsékletét (T) a különböző technológiai pontokon. A **4. ábrán** a tej útját nyilakkal jelöltük [10].

A mért hőmérsékleti értékek különbségéből számítás útján következtetni lehet a pillanatnyi hőteljesítmény (Q) nagyságára. Például a T_0 és T_1 közötti hőmérséklet különbségből számítható a Q_{01} értéke:

$Q_{01} = c \cdot \dot{m} \cdot (T_0 - T_1)$ [kJ/s]=[kW], ahol:

c – a tej fajhője $4,1813$ [kJ/kg $^{\circ}$ C];

\dot{m} – a tej tömegárama [kg/s];

T_0 – a hőntartás előtti hőmérséklet [$^{\circ}$ C];

T_1 – a hőntartás utáni hőmérséklet [$^{\circ}$ C].

Az **5. ábra** a fontosabb technológiai paraméterek alakulását ábrázolja az idő függvényében. A felfűtés szakaszában – a szaggatott vonaltól balra – $T_k=75$ $^{\circ}$ C volt a kívánt hőmérsékleti érték. A $t=300$ s elteltével a T_1 értéke az ábráról leolvasható. A szaggatott vonaltól jobbra a hőkezelés szakasza látható. Minden esetben mértük a berendezés által hálózatból felvett áramerősség (I) nagyságát. A hőkezelés szakaszán a $q=150$ l/h térfogatáramot állítottunk be.

A mért hőmérsékleti adatok alapján és a térfogatáram ismeretében számítással meghatározható a

hőteljesítmény mértéke és a keletkezett hőenergia nagysága.

A mérések során a technológiát négy jól elkülöníthető szakaszra bontottuk:

- Q_{02} – a tej felfűtéshez szükséges hőenergia szakasza (T_0 - T_2 alapján) [kWh];
- Q_{01} – a hőntartás során elvesztett hőenergia szakasza (T_0 - T_1 alapján) [kWh];
- Q_{13} – a lehűtéshez szükséges hőenergia szakasza (T_1 - T_3 alapján) [kWh];
- Q_{37} – a tartály hűtéséhez szükséges hőenergia szakasza (T_3 - T_7 alapján) [kWh].

Az energetikai hatékonyság számszerűsítésére szolgáló jelzőszám a jósági fok vagy más néven a COP (Coefficient of Performance), amely a hőenergia és a hálózathoz felvett villamosenergia hányadosa.

A villamos hálózathoz felvett pillanatnyi áramértékek alapján számítható a villamos teljesítmény pillanatértéke. A pillanatértékek és az üzemeltetési idő ismeretében számítható a ténylegesen felhasznált villamos energiaszükséglet nagysága. Az ismertetett módon

– a mért technológiai paramétereiből – meghatározható a pillanatnyi hőteljesítmény nagysága, majd a keletkező hőenergia mértéke is. Ezek alapján a rendszer jósági foka könnyen meghatározható.

A **6. ábrán** látható, hogy a felfűtési és a hőntartási szakaszra vonatkozóan is meghatároztuk a jósági fok nagyságát. Az ábráról leolvasható még, hogy egy felfűtési és egy hőntartási szakaszt figyelembe véve meghatároztuk a „kísérleti rendszer teljes” jósági fokát is.

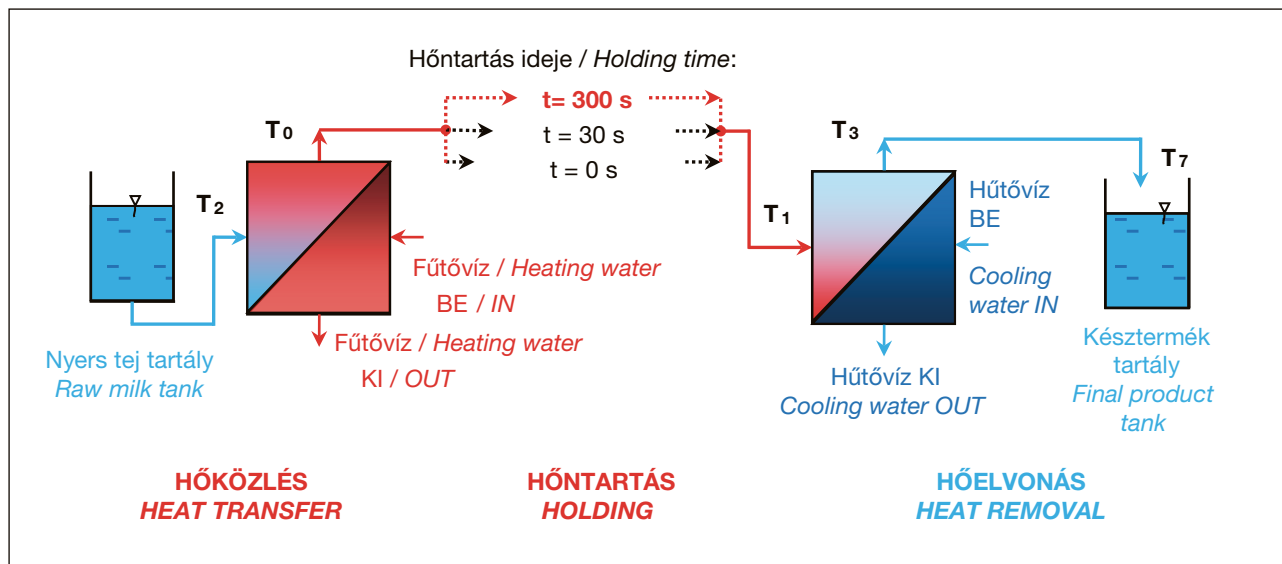
A gyakorlatban ugyanis a technológiai paramétereknek megfelelően a műszak elején felfűtik a rendszert, majd ezt követően több hőntartó szakaszt iktatnak be a termelésbe attól függően, hogy milyen végterméket kívánnak előállítani az üzemben.

A kísérleti beállításainkkal arra hívjuk fel a figyelmet, hogy egy jól megtervezett üzemi technológiával, a napi termelés megfelelő ütemezésével, a felesleges felfűtések számának csökkentésével jelentős energia mennyiséget lehet megtakarítani.

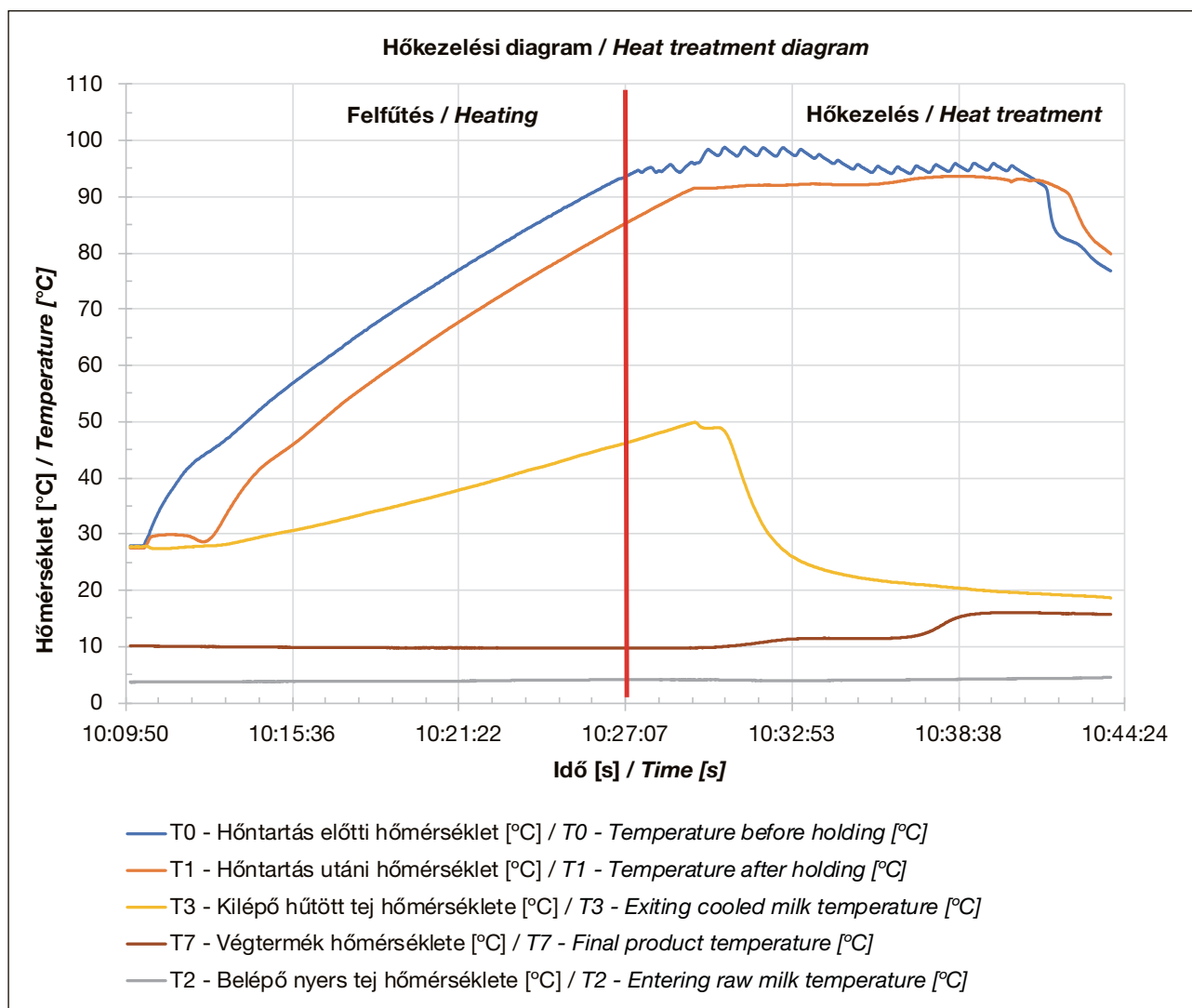
A mostanában egyre divatosabb energetikai auditok egyik első lépése az energetikai rendszerek hatékonyságának feltérképezése. A meglévő adatok alapján törekednek a működtetés hatékonyságának javítására.



3. ábra. PG 015 Lemezes pasztőröző berendezés az Állatorvostudományi Egyetemen
Figure 3 PG 015 plate pasteurization equipment at the University of Veterinary Medicine



4. ábra. Tejpasztöröző berendezés vonalas vázlata
 T_0 : Hőntartás előtti hőmérséklet [°C]; T_1 : Hőntartás utáni hőmérséklet [°C]
 T_2 : Belépő nyerstej hőmérséklet [°C]; T_3 : Kilépő hűtött tej hőmérséklet [°C]
 T_7 : Késztermék hőmérséklet [°C]
 Figure 4 Linear sketch of milk pasteurization equipment
 T_0 : Temperature before holding [°C]; T_1 : Temperature after holding [°C]
 T_2 : Entering raw milk temperature [°C]; T_3 : Exiting cooled milk temperature [°C]
 T_7 : Final product temperature [°C]



5. ábra. A tej pasztörözési-hőmérsékletek időbeli alakulása a PG 015-típusú lemezes pasztöröző berendezés esetén
 Figure 5 Milk pasteurization temperatures as a function of time in the case of the PG 015 plate pasteurizer

Az energetikai optimalizálás általában a kiadások csökkentésére irányulnak, ugyanakkor az élelmiszeriparban a biztonság és a minősége az elsődleges szempont.

Ezek alapján nem elég energetikai optimumot – minimális villamos energia felhasználást – keresni, célszerű mikrobiológiai vizsgálatokkal, mint például a korábban említett peroxidáz enzim inaktivitás teszttel alátámasztani a tejpasztörözési technológiánk hatékonyságát.

10. Következtetések

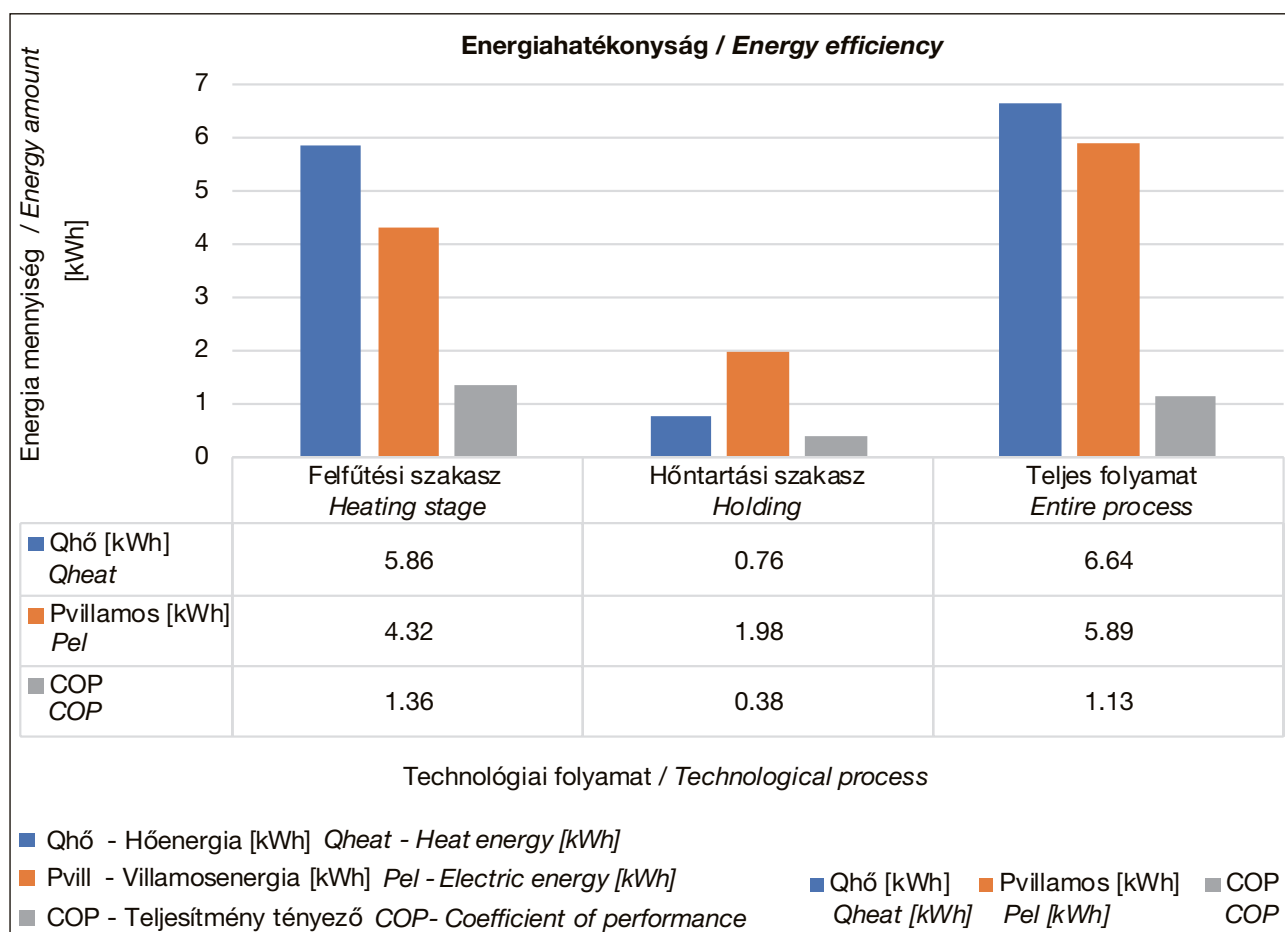
A tehéntej hőkezelésének élelmiszerbiztonsági és energetikai vizsgálatának eredményeként elmondható, hogy a termék hőkezelését számtalan tényező befolyásolja. Ha ismerjük a tej fizikai, kémiai és mikrobiológiai jellemzőit, ismerjük a rendelkezésre álló hőkezelési eljárásunk energetikai hatékonyságát, akkor az élelmiszerbiztonsági előírásoknak megfelelően optimalizálni tudjuk az előállítási folyamatunkat. Az optimalizálás során az elfogadott peroxidáz-enzim-inaktivitásteszt eredményeinek figyelembevételével javítani tudjuk a rendszerünk határfokát, amivel költséghatékony termelést tudunk fenntartani.

További technológiai optimalizálást elősegítő élelmiszer-vizsgálati mérési módszereken dolgozunk, amivel a tej fizikai paramétereinek (pl: vezetőképesség, pH, redoxpotenciál) technológiába épített nyomonkövetése a cél. A technológiai folyamat közben mért jellemzők lehetőséget adnak a végtermék minőségének javítására.

A tej egyik fizikai paramétere, a vezetőképesség és a hőkezelés hatékonysága közötti összefüggés tekintetében jelenleg még nem áll rendelkezésünkre megfelelő számú vizsgálati eredmény. Ugyanakkor vezetőképesség alapján el tudtuk különíteni a nyers tejet a különböző módon hőkezelt tejtől. Az eljárás igazolása még folyamatban van.

11. Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat és méréseinket a Szert István Egyetem, az Állatorvostudományi Egyetemen és az Agrometál-Food-Tech Kft. műszerparkjával és személyi állományának segítségével folytatjuk.



6. ábra. A hőkezelés egyes szakaszaival tartozó energetikai értékek $T=75^{\circ}\text{C}$; $q=150\text{ l/h}$; $t=300\text{ s}$
 Figure 6 Energetics values for the different stages of heat treatment $T=75^{\circ}\text{C}$; $q=150\text{ l/h}$; $t=300\text{ s}$

12. Irodalom

- [1] Császár G., Unger A. (2005): A minőségi tejtermelés alapjai. Kiadó: Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet, 2005, Mosonmagyaróvár
- [2] Fenyvessy J., Csanádi J., Csapó J., Csapó-Kiss Zs., (2014): Tejipari technológia Scientia Kiadó, Kolozsvár, pp. 424.
- [3] Géczi G., Korzenszky P., Horváth M. (2013): A tehéntej hagyományos pasztörözésének és mikrohullámú kezelésének összehasonlítása, Magyar Állatorvosok Lapja 135:(9) pp. 557-564.
- [4] Hanko Vilmos (1901): Régi magyar tudósok és feltalálók. Bp., pp. 46-47.
- [5] Kacz Károly (2011): Az állattartás műszaki ismeretei, A tej pasztörözése. <http://www.tankonyvtar.hu> Acquired: 23.06.2016
- [6] Kukovics Sándor (2009): A tej szerepe a humán táplálkozásban. Melánia Kiadó, 2009, Budapest, ISBN 978-963-9740-15-0; 638. p.
- [7] Korzenszky P., Sembery P., Géczi G. (2013): Microwave Milk Pasteurization without Food Safety Risk, Potravinarstvo 7:(1) pp. 45-48.
- [8] Korzenszky P., Géczi G. (2012): Heat pump application in food technology, journal of microbiology biotechnology and food sciences 2: pp. 493-500.
- [9] Laczay Péter (2013): Élelmiszer-higiéna. Élelmiszerlánc-biztonság. Mezőgazda Kiadó, 2013, Budapest
- [10] Meixner Richard (2015): Tej hőkezelés hatásfokának optimalizálása. SZIE GEK, TDK dolgozat, 2015, Gödöllő
- [11] Seregi J., Kovács Á. (2014): Data on the importance of goat milk and meat in human nutrition. Sustainable Goat Breeding and Goat Farming in Central and Eastern European Countries. European Regional Conference on Goats. FAO of the United Nations. p195-201.
- [12] Physical Properties of Milk (2016): Food Science. University of Guelph, Canada <https://www.uoguelph.ca/foodscience/book-page/physical-properties-milk> Acquired:23.06.2016
- [13] The importance of milk and dairy products as part of a healthy balanced diet. The Dairy Council. <https://www.milk.co.uk/nutritious-dairy/>
- [14] 605/2010/EU rendelet (2010. július 2.) az emberi fogyasztásra szánt nyers tej és tejtermékek Európai Unióba történő beléptetésére vonatkozó állat-egészségügyi és közegészségügyi feltételek, illetve a szükséges állat-egészségügyi bizonyítvány megállapításáról, 3. cikk
- [15] 853/2004/ EK Rendelet az állati eredetű élelmiszerek különleges higiéniai szabályainak megállapításáról
- [16] 2017/185 Rendelet (2017. február 2.) 853/2004/ EK és a 854/2004/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet egyes rendelkezéseinek alkalmazására vonatkozó átmeneti intézkedések megállapításáról
- [17] Energiairányítási rendszerek. Követelmények és alkalmazási útmutató (MSZ EN ISO 50001:2012) Energy management systems. Requirements with guidance for use (ISO 50001:2011)



extens 

forradalmian új tejanalízis

Univerzális megoldás az összes toxin és antibiotikum maradvány egyidejű vizsgálatához tejmintából. β -laktámok, tetraciklinek, szulfonamidok, aflatoxin M1, aminoglikozidok, quinolon, lincosamidok, szulfonamidok, klóramfenikolok, trimethopri, melamine stb.



Előnyök:

- Képes egyidejűleg 90 antibiotikum maradványt és toxint kimutatni 13 perc alatt
- Egyszerűen választható a vizsgálandó szennyező anyagok száma, típusa
- Teljes körű adatkezelési szolgáltatás: adattárolás, export, megosztás, letöltés, figyelmeztető üzenetek küldése SMS-ben
- Vonalkód alapú minta és reagens felismerés
- Beépített GPS modul



BENTLEY
MAGYARORSZÁG

www.bentleylabor.hu

Bentley Magyarország Kft.
8000 Székesfehérvár, Kálmos utca 2.
hungary@bentleyinstruments.com
Tel.: +36 22 414 100

unisensor 
DIAGNOSTIC ENGINEERING