

SAPIENTIA ERDÉLYI MAGYAR TUDOMÁNYEGYETEM KOLOZSVÁR
Csíkszeredai Campus
Élelmiszer-tudományi Tanszék

Tejipari technológia

(Minimáliák)

Csapó János

Csíkszereda
2012

TARTALOMJEGYZÉK

A Minimália szerzője, Bevezetés

1. A TEJ FELDOLGOZÁSA, A TEJ- ÉS TEJZSÍRKÉSZÍTMÉNYEK GYÁRTÁSÁNAK
TECHNOLÓGIAI MŰVELETEI
 - 1.1. Az alapanyag átvétele
 - 1.2. A tej előtárolása
 - 1.3. A tej tisztítása
 - 1.4. A tej fölözése
 - 1.5. A tej homogénezése
 - 1.6. Hőkezelés és hűtés
 - 1.6.1. Különböző hőkezelési eljárások
 - 1.6.1.1. A hőkezelés hatása a mikroorganizmusokra
 - 1.6.1.2. A tej pasztörözése
 - 1.6.1.2.1. Tartós (kíméletes) pasztörözés
 - 1.6.1.2.2. Gyorspasztörözés
 - 1.6.1.2.3. Pillanathevítés
 - 1.6.1.2.4. A tej ultrapasztörözése
 - 1.6.1.2.5. A tej sterilizése
 - 1.6.1.3. Hőcserélők
 - 1.6.2. Hűtés és utótárolás
 - 1.6.2.1. A tej hűtése
 - 1.6.2.2. A tej tárolása a feldolgozás folyamán
 - 1.7. A pasztörözött tejfeleségek, tejkészítmények és tejszínkészítmények
 - 1.8. Vajgyártás
 - 1.8.1. A vaj fogalma és összetétele
 - 1.8.2. A vaj fizikai szerkezete
 - 1.8.3. A vajgyártás elméleti alapjai
 - 1.8.4. A vajgyártás műveletei és folyamatai
 - 1.9. Sajtgyártás
 - 1.9.1. A sajt fogalma és összetétele
 - 1.9.2. A sajt szerkezete és a sajtok csoportosítása
 - 1.9.3. A sajtgyártás elmélete
 - 1.9.4. A sajtgyártás műveletei és folyamatai
 - 1.10. Túrókészítés
 - 1.11. Tartósított termékek gyártása
 - 1.11.1. A tejpör gyártása
 - 1.11.1.1. A tejpör gyártása porlasztva szárítással
 - 1.11.1.2. A tejpör gyártása hengeres szárítással
 - 1.11.2. Sűrített tej gyártása
 - 1.12. A tejfeldolgozás melléktermékei és azok hasznosítása
2. A TEJ ÉS TEJTERMÉKEK FONTOSABB VIZSGÁLATI MÓDSZEREI
 - 2.1. Tejtermékek mintavételi módszerei
 - 2.1.1. Mintavétel folyékony tejtermékből
 - 2.1.2. Mintavétel szilárd tejtermékből
 - 2.2. Az érzékszervi bírálat általános szempontjai
 - 2.3. A tej tisztaságának vizsgálata
 - 2.4. A tej sűrűségének meghatározása
 - 2.5. A tej szárazanyag-tartalmának meghatározása
 - 2.6. A tej zsírtartalmának meghatározása
 - 2.6.1. A RÖSE-GOTTLIEB-féle zsírmeghatározás
 - 2.6.2. A GERBER-féle zsírmeghatározás
 - 2.6.3. A zsíros tejpör peroxidszámának és a savszámának meghatározása

- 2.6.4. A tejsír zsírsav-összetételének meghatározása gázkromatográfián
- 2.6.5. A tej és tejtermékek illózsírsav-tartalmának meghatározása gázkromatográfián
- 2.6.6. Antioxidánsok (BHT) meghatározása vajból
- 2.7. A tej fehérjetartalmának és a tejfehérje aminosav-összetételének meghatározása
 - 2.7.1. A tej fehérjetartalmának meghatározása KJELDAHL-módszerrel
 - 2.7.2. Fehérjetartalom meghatározás spektrofotometriás módszerekkel
 - 2.7.2.1. Ultraibolya spektrofotometriás módszerek
 - 2.7.2.2. Spektrofotometriás módszerek a látható fény tartományban
 - 2.7.2.2.1. Biuret-módszer
 - 2.7.2.2.2. LOWRY-módszer
 - 2.7.3. Fehérjetartalom meghatározás festékkötéssel
 - 2.7.3.1. BRADFORD-módszer
 - 2.7.4. A tejfehérje aminosav-összetételének meghatározása
 - 2.7.4.1. Az aminosavak meghatározása ioncserés oszlopkromatográfiával
 - 2.7.4.2. A triptofántartalom meghatározása
 - 2.7.5. A tej karbamidtartalmának meghatározása
- 2.8. A tej tejcukor-tartalmának meghatározása
 - 2.8.1. SCHOORL-féle módszerrel
 - 2.8.2. Polariméterrel
- 2.9. A tej titrálható savasságának és pH-jának meghatározása
 - 2.9.1. A savasság meghatározása SOXHLET–HENKEL szerint
 - 2.9.2. A tej pH-jának meghatározása
- 2.10. A tej és tejtermékek hamutartalmának, valamint makro- és mikroelem-tartalmának meghatározása
 - 2.10.1. A hamutartalom meghatározása
 - 2.10.2. Tejtermékek sótartalmának meghatározása
 - 2.10.2.1. A szerves anyagok elroncsolásával
 - 2.10.2.2. A MOHR-féle tájékoztató módszerrel
 - 2.10.3. A tej foszfortartalmának meghatározása
- 2.11. A tej aszkorbinsav-tartalmának meghatározása
- 2.12. A tej fagyáspontjának meghatározása
- 2.13. A tej tompitottságának meghatározása
- 2.14. Tej és tejtermékek hőkezeltségének megállapítása a *peroxidáz* és a *foszfatáz* enzim meghatározásával
 - 2.14.1. A *peroxidáz* enzim kimutatása STORCH-féle próbával
 - 2.14.2. A *foszfatáz* enzim meghatározása és kimutatása
 - 2.14.2.1. A *foszfatáz* enzim mennyiségi meghatározása 2,6-dibrómkinon-klórimid–fenol-reakció segítségével
 - 2.14.2.2. A *foszfatáz* enzim kimutatása hidrogén-orto-krezoltalein-foszfáttal
- 2.15. A tej tőgygyulladás hatására megnövekedett sejttartalmának kimutatása
 - 2.15.1. Mastitest próba
 - 2.15.2. Whiteside próba
- 2.16. Tej és tejtermékek mikrobiológiai vizsgálata
 - 2.16.1. A tej összcsíraszámának meghatározása
 - 2.16.2. A feltételezetten koliform csírák kimutatása
 - 2.16.3. Élesztők, penészek kimutatása
- 2.17. A tej műszeres minősítésének eszközei
 - 2.17.1. A tej minőségét befolyásoló tényezők
 - 2.17.2. Az idegenvíz-tartalom meghatározása
 - 2.17.3. Erjedésgátló, tejidegen anyagok meghatározása

3. FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

A jegyzet (Minimália) szerzője

Prof. Dr. Csapó János az MTA doktora, egyetemi tanár, okleveles vegyész, okleveles állattenyésztő mérnök, több mint 30 éve foglalkozik élelmiszerek és takarmányok fehérjetartalmának, aminosav-összetételének, újabban D-aminosav-összetételének meghatározásával, a fehérje biológiai értékének mérésével. A vezetésével kidolgozott új analitikai-kémiai módszereket több élelmiszer- és takarmányanalitikai laboratóriumban alkalmazzák. Tudományos munkáját is nagyrészt ezen a területen fejtette ki. A graduális és posztgraduális képzésben valamint a doktori képzésben oktatja a Biokémia, az Élelmiszerkémia, a Mezőgazdasági kémia, a Tejipari technológia, az Élelmiszerhamisítás, a Tej és tejtermékek a táplálkozásban és az Élelmiszerek és takarmányfehérjék minősítése tárgyakat, a PhD. hallgatóknak pedig az Állatit termék-előállítás biokémiája című tárgyat. Angol nyelvű kurzusai: Biochemistry, Food Chemistry, Food Analytical Chemistry, Scientific Writing.

Bevezetés

A Tejipari technológia minimáliák jegyzet az Erdélyi-Magyar Tudományegyetem Kolozsvár Csíkszeredai Karán tanuló élelmiszer-mérnök szak hallgatóinak készült. A jegyzet első részében a tej feldolgozásával, valamint a tej- és tejszírkészítmények gyártásának technológiai műveleteivel ismerkedhetnek meg a hallgatók. Ennek során részletesen tárgyalásra kerül az alapanyagok átvétele, a tej előtárolása, tisztítása, főlözése, homogénezése, hőkezelése és hűtése. A különböző hőkezelési eljárások során ismertetésre kerül a hőkezelés hatása a mikroorganizmusokra, a különféle pasztörözési eljárások, valamint a tej hűtése és utótárolása. Ezután a vajgyártás és a sajtgyártás elméleti alapjaival, műveleteivel és folyamataival, majd a túrókészítés és a tartósított termékek gyártásával ismerkedhet meg az olvasó. A jegyzetben ábrák és táblázatok csak minimális mennyiségben találhatóak, azok az előadások során kerülnek ismertetésre, ill. a teljeskörű Tejipari technológia jegyzetben láthatók.

A jegyzet kisebbik részét a tej és tejtermékek fontosabb vizsgálati módszereinek ismertetése teszi ki. Ennek során a hallgató megismerkedhet a tejtermékek mintavételi módszereivel, az érzékszervi bírálat szempontjaival, a tej tisztaságának, sűrűségének, szárazanyag- és zsírtartalmának meghatározásával. Ez utóbbi során a különféle zsírmeghatározási vizsgálatok, a zsíros tejpor peroxid- és savszámának meghatározása, a tej és tejtermékek illózsírsav és zsírsav-összetételének meghatározása, valamint a vaj antioxidáns-tartalmának meghatározása kerül ismertetésre. A jegyzet foglalkozik a tej fehérjetartalmának és a tejfehérje aminosav-összetételének vizsgálatával, melynek során mind a klasszikus, mind az automata műszerekre alapozott eljárások tárgyalásra kerülnek. A tej cukortartalmának meghatározását követi a titrálható savasság és pH meghatározása, majd a tej és tejtermékek makro- és mikroelem-tartalmának vizsgálata. Ezt követi a tej fagyáspontjának és tompítottóságának elemzése, majd a jegyzet a tej és tejtermékek hőkezeltségének megállapításával és a tej tőgygyulladás hatására megnövekedett sejttartalmának kimutatásával folytatódik. A jegyzet végén a tej és tejtermékek mikrobiológiai vizsgálatáról, a tőgygyulladásos tehenektől származó tej részarányának meghatározásáról és a tej műszeres minősítésének eszközeiről kapnak információt a hallgatók. A módszerek többségénél csak az elveket ismertetjük, és csak némely fontosabb módszernél található részletesebb leírás.

Csíkszereda, 2012. szeptember 1.

Prof. Dr. Csapó János
MTA doktora, egyetemi tanár

1. A tej feldolgozása, a tej- és tejsírkészítmények gyártásának technológiai műveletei

1.1. Az alapanyag átvétele

A tej üzemi átvétele két feladatból áll, a minőségi és a mennyiségi átvételből. A minőségi átvétel azért fontos, mert csak jó minőségű alapanyagokból lehet kifogástalan terméket gyártani, és a minőség az átvételi ár alapjául is szolgál. A minőségi átvétel során meg kell állapítani a tej hőmérsékletét, érzékszervi tulajdonságait (szagát, színét, ízét és állományát), frissességét (savfokát), tisztaságát, esetleg bakteriológiai állapotát (csíraszámot, redukciós próba értékét), gátlóanyag-tartalmát, továbbá a szállítóedények és berendezések állapotát és tisztaságát. A tej hőmérsékletéből következtetni lehet a termelőhelyi hűtés megfelelő voltára, vagy a szállítás közbeni felmelegedésre. A tej érzékszervi tulajdonságait szaglással, izleléssel és megsejteléssel állapítják meg. A befűledt, savanykás, takarmányszagú vagy más szaghibás tej kóstolás nélkül is felismerhető, a tej színét és állományát szemléléssel vizsgálják meg. Megállapítható a tej részleges vagy teljes megalvadása, a pelyhes kicsapódások, a tejsír kiköpülődése, továbbá a takarmánnyal, szalmával és egyéb idegen anyagokkal való szennyezettsége. Amennyiben a kóstolás elkerülhetetlen, akkor az izlelés során a tej savanykás, sós, avas, lipázos, fémes ízét, takarmányeredetű hibáit állapíthatjuk meg.

A tej frissességének meghatározására a legegyszerűbb módszerek közé tartozik a vöröslúg- és az alizarolpróba. Ezek alkalmasak a tejek savfok szerinti kiválogatása mellett a beteg tehéntől származó tej felismerésére is. Pontosabb módszer a tej savfokának vizsgálata titrálással. A tej szennyezettségét igen, de a tej csíraszámát az üzemekben általában nem vizsgálják. A csíraszámot és a sejtszámot centralizáltan vizsgálják az e vizsgálatokra épített és speciális berendezésekkel jól felszerelt laboratóriumokban. A nagyobb szállítók tejtételeit az üzemek bizalmi rendszerben veszik át, és csak szűrőpróbaszerűen végeznek zsír- és zsírmentes szárazanyag-tartalom vizsgálatokat.

A mennyiségi átvétel úrtartalom és tömeg szerint történhet. Az úrtartalom szerinti átvételkor a tejet valamilyen mérőeszközzel vagy műszerrel mérik. A tankszállítmányok mérőléces ellenőrzését napjainkban már teljesen kiszorította a mérőórákkal való mérés, mely esetekben a mérési pontosság jó, és csak attól függ, hogy levegő kerül-e a mérőműszerbe vagy sem. Fentiek miatt a keletkező hab mérőműszerbe jutását a műszer elé szerelt légelválasztóval akadályozzák meg. A tej mennyiségi mérésére használt különböző műszerek lehetnek oválkerekes, bolygógyűrűs vagy turbinás rendszerűek.

A tömeg szerinti tejtárvétel elvileg sokkal megbízhatóbb és pontosabb az úrtartalom szerinti átvételnél. A tej tömegének mérését nem befolyásolja a habzás, a mérőedény alakja, a hőmérséklet, a levegőtartalom és más külső tényezők. A mérés pontossága kizárólag az alkalmazott mérleg pontosságától függ. Amennyiben az üzem a tejet tömeg szerint veszi át, és térfogat szerint fizet a szállítóknak, az átszámítás 1 liter tej egyenlő 1,03 kg alapon végzik.

A zsírtartalom megállapítása is a mennyiségi átvétel része. A tejüzemek a beszállított tej mennyisége és zsírtartalma alapján számolják el a szállítónak a tej árát, ezért fontos a zsírtartalom pontos megállapítása. Nagyon fontos a pontos mintavétel, mert

a tej zsírtartalmát a mintavétel erősen befolyásolja. Az utóbbi években a korszerű átvételi vonalak üzembe helyezésével előtérbe kerültek az automatikus mintavételi módszerek. Az átvételi vonalakba olyan, időre vezényelt, szelepeket építenek be, melyek az átvétel időtartama alatt az átvett mennyiséggel azonos minőségű mintát adnak.

1.2. A tej előtárolása

Az előtárolás célja a napi tejbeszállítás és -feldolgozás, valamint a tejtermelés és az üzemi feldolgozás összhangjának megteremtése. A felvásárolt napi tej beszállítása a feldolgozó üzembe nem oldható meg olyan ütemben, hogy folyamatosan és azonnal feldolgozásra kerüljön. A tej minőségének megóvása céljából a beérkezett tejet ezért a legrövidebb időn belül át kell venni, és a feldolgozásig szakszerűen kell tárolni. Az üzemben átvett tejet általában 2–6 °C-ra hűtve, nyers állapotban tárolják a feldolgozásig. Az átvételi vonalról ezért általában lemezes hűtőn való lehűtés után kerül a tej az előtároló tankokba. A tej tárolására a legutóbbi időig majdnem kizárólag álló vagy fekvő elrendezésű, legfeljebb 10000 liter űrtartalmú tankokat használtak a tejiparban. Újabban a felvásárolt tejmennyiség növekedése, és az üzemek növekvő tárolási igénye előtérbe helyezte a tejsilók alkalmazását. A tejtároló tankok és tejsilók működtetéséhez szükséges fontosabb szerelvények és műszerek a következők:

- töltő és leeresztő csomók a termék be- és elvezetésére,
- búvónyílás a belső szerkezeti elemek ellenőrzésére, javítására,
- bevilágítófej a tank belső részének megvilágítására,
- légzőcső vagy szellőztetőnyílás, amely töltéskor a levegő eltávozását, ürítéskor pedig a levegő szabad beáramlását teszi lehetővé,
- a tárolt tej mennyiségének mérésére szolgáló berendezések (nívócsövek, membrános manométer, közvetlen leolvasású súlymérő-készülékek),
- alsó és felső szintkapcsolók a túltöltés megakadályozására, illetve a kiürülés jelzésére,
- villamos ellenállás elvén működő távhőmérők a tárolt tej hőmérsékletének mérésére,
- mechanikus keverők az egyenletes zsírtartalom kialakítására,
- mosófejek a tárolóberendezés tisztítására.

A tejtároló tankok általában 2500, 5000, 10000, 15000, 20000 és 25000 liter űrtartalmúak, fekvő vagy álló helyzetűek. Az álló tejtankokból alakultak ki a 30000–200000 liter űrtartalmú tejsilók. Általában rozsdamentes acélból, szigetelt kivitelben készülnek, lejtős, sík fenékkal, vagy kúpos merevített szoknyával körülvett fenékrésszel.

1.3. A tej tisztítása

Az üzembe beérkezett és átvett nyers tejet függetlenül attól, hogy milyen terméké dolgozzák fel, általános kezelésnek kell alávetni. A tej általános kezelése tisztításból, főzésből, hőkezelésből és hűtésből áll.

Az üzembe beérkezett tejet a fizikai szennyeződések és ezzel együtt a baktériumok egy részének eltávolítása, másrészt a további hőkezelés hatásfokának növelése végett tisztítani kell. A tej tisztításának célja kétirányú:

- a látható szennyeződések eltávolítása, és

- a tej csíraszámának mechanikai úton való csökkentése.

A tej a feldolgozóüzemben szűréssel vagy centrifugálással tisztítható. A tej szűrése elvileg ugyanúgy történik, mint a termelőhelyen. A szűrést az üzemekben csak a tej előtisztítására használják, mivel az csak a látható, legalább 0,05–0,1 mm-es nagyságrendű szennyrészecskék eltávolítására alkalmas. 0,05 mm-nél sűrűbb pórusú szűrőfelület ugyanis nem alkalmazható, mert a nagyon finom pórusú felület igen gyorsan eltömődik, és a további szűrést lehetetlenné teszi. Az üzemi szűrés első lépése a mérőberendezés előtt, a csővezetékbe iktatott fémszita-szűrővel való előszűrés, amit a tényleges szűrés követ, amikor szűrővattát vagy szűrőkendőt használnak. A tejszűrők használata korszerű nagyüzemi viszonyok mellett nehézkes, mert a szűréshez szükséges nyomás a szennyrészecskéket átmossa a szűrőfelületen, és így csak a fel nem ázó, szilárd szennyeződést fogják fel. Bizonyos előnye a szennyeződés felaprózódásának – mely a szűrés során végbemegy, – hogy a szétaprózódott szenny már nem védi a baktériumokat a hőkezelés során az intenzív hőbehatástól, így a pasztörözés hatásfoka javul. Végző soron a tej szűrését nem tekintik tisztításnak, ezért nagyüzemi viszonyok között a tej centrifugálással való tisztítását alkalmazzák.

A tej centrifugával való tisztításával nemcsak a látható, hanem az ennél kisebb szennyrészecskék, az esetleges pelyhes kicsapódások, a sejtes elemek és a baktériumok egy része is eltávolítható. A centrifugális tisztítás elve, hogy a centrifugális erő hatására a nagyobb sűrűségű részecskéket a dobiszapba csapja ki a tejből. Természetesen a fordulatszámot, a tányérok számát és a tányérok közötti távolságot úgy kell megszabni, hogy a tejsír felfölözése ne következzen be. A dobiszapba gyűlnek össze azok a szennyező anyagok, amelyeknek sűrűsége nagyobb a tejnél. A mikroorganizmusok vegetatív sejtjeinek sűrűsége igen közel van a vízéhez (1,018–1,046 g/cm³), a spórák kisebb víztartalmuknál fogva viszont nehezebbek. Ugyancsak nagyobb sűrűségűek a sejtes elemek (leukociták) is. A centrifugális dobiszap igen nagy baktériumszáma (300–400 millió csíra/g) azzal magyarázható, hogy a baktériumok jelentős része adhéziósan kötődik a szennyrészecskékhez, és így azokkal együtt a dobiszapba kerül. A dobiszap általában a következő anyagokat tartalmazza:

- szennyezőanyagok (szár, porrészecskék, takarmányrészecskék),
- vér- és epitelsejtek (a vérből kerülnek a tejbe),
- mikroorganizmusok és spórák,
- kazeinrészecskék a tej savfokától függően.

A dobiszap a centrifugával tisztított tejnek mintegy 0,1%-a, ami napi 100000 liter tej tisztítása mellett évi 36 tonnának felel meg. Ezt a számottevő fehérjét tartalmazó anyagot megfelelő sterilizálás után takarmányozásra lehet felhasználni, vagy megfelelő kezelés hiányában meg kell semmisíteni.

1.4. A tej fölözése

A tej felszínén hosszabb-rövidebb ideig tartó állás után a tejsír egy része összegyűlik. Ez a folyamat a természetes felfölöződés, a felfölöződött rész pedig a tejszín. A tejpar szinte minden területén szükség van a tej fölözésére tejszín és a soványtej nyerésére, vagy a tej zsírtartalmának csökkentése, illetve dúsítása céljából.

A tej felfölöződése a tejszír és a tejlazma közötti sűrűség különbségén alapszik. A tejszír sűrűsége 15 °C-on átlagosan 0,94, ezzel szemben a plazma sűrűsége 1,035 g/cm³. Ez a sűrűségkülönbség teszi lehetővé a tej zsíros részének a plazmától való elkülönítését. Az elkülönülés sebessége az együtt mozgó részecskék nagyságától, a zsír és a plazma sűrűségétől, a viszkozitástól, valamint a részecskékre ható erőteret jellemző gyorsulástól függ. A természetes felfölöződéskor a gravitációs erő érvényesül, ezzel szemben a gépi fölözéskor a fölözőgép forgódobjában a nehézségi gyorsulás helyett a centrifugális gyorsulás hat. Az elkülönülési sebesség alapvetően a centrifugális erő nagyságától függ, emellett azonban az elkülönülés sebességét itt is befolyásolja a már említett méret, halmazképződés és a viszkozitás.

A lipid-fehérje burokkal körülvett zsírgolyócskák mérete viszonylag széles határok között (1–20 μm) változik. A hazai tejek zsírgolyócskáinak átmérője 3–4 μm. Minél több az átlagosnál nagyobb zsírgolyócskák aránya, annál gyorsabb és tökéletesebb az elkülönülés. A gyakorlatban a fölözés során általában az 1 μm-nél nagyobb zsírgolyócskák különíthetők el a plazmától, tehát a sovány tej zsírtartalma a legjobb fölözéssel sem csökkenthető 0,005–0,01% alá. Teljesen zsírmentes soványtej elméletileg sem állítható elő fölözéssel, mert a plazmában zsírszerű anyagok is vannak, melyek zsírvizsgálattal részben zsírként mutathatók ki.

A gyakorlati tapasztalatok szerint a zsír gyorsabban fölöződik fel, mint ahogy a zsírgolyócskák átlagos átmérőjét alapul véve várható lenne. Ennek az a magyarázata, hogy a tejben lévő zsírgolyócskák egy része halmazokba tömörül, és ezek a halmazok úgy viselkednek, mintha nagy zsírgolyócskák lennének. 61 °C fölötti hőkezelés hatására a zsírgolyócska-halmazok szétesnek, ezért a hőkezelt tej nehezebben fölözhető. Ugyancsak rontja a tej fölözhetőségét a szivattyúzás és a rázás is, mert ez szintén szétaprózza a zsírgolyócska-halmazokat.

A tej viszkozitása nagyobb, mint a vízé. Hőmérséklet hatására a viszkozitás csökken, a felfölöződés sebessége viszont nő. A fölözési hőmérséklet megválasztásakor figyelembe kell venni, hogy 61 °C felett a zsírgolyócska-halmazok szétesnek, és a magasabb fölözési hőmérséklet nagyobb költséggel jár. A gyakorlatban a fölözés optimális hőmérsékletét 40–50 °C közöttinek állítják be.

A tej üzemi fölözésére 5000–20000 liter/óra teljesítményű tányéros fölözőgépet használnak. A fölözőgép technológiailag legfontosabb része a dob, ahol a tejszín és a soványtej elkülönülése megy végbe. A forgó dobban a nagyobb sűrűségű plazmarész (a soványtej) elválik a kisebb sűrűségű tejszíntől, a soványtej a dob külső része, a tejszín a dob tengelye felé áramlik, a legnagyobb sűrűségű részecskék pedig a dob falára rakódva a dobiszapot alkotják. A fölözés a gépben folyamatosan megy végbe. A tejszín és a soványtej nyitott gépeken a tejszín- és a soványtej nyíláson, zárt gépeken csövön hagyja el a dobot. Fölözéskor a soványtej a forgódob kerületének közelében (soványtej réteg), a tejszín a dobtengely irányában (zsírban dús tejszín réteg) helyezkedik el. A két réteg között a semleges zóna található.

A fölözési hőmérsékletre előmelegített tejet a dob tengelyén át a dob alsó részébe, a semleges zónába vezetik, ahonnan felfelé áramolva a dobtányérok között eloszlik. A dobban többirányú áramlási folyamatok mennek végbe: a főáramlás, mint a folyadék egészének mozgása, és a mellékáramlás, mint a különböző sűrűségű részecskék áramlása. A zsírgolyócskák a semleges zónából kiindulva a centrifugális erő

következtében – mint kisebb sűrűségű részecskék – a forgástengely felé haladva beleütköznek a dobtányér falába, és így kényszermozgást végeznek a forgás tengelye felé. A tejszín és a soványtej elkülönülése a semleges zónában teljes mértékben még nem következik be, mert a tengely felé haladó zsírosabb tejrészecskékből újabb plazmarészecskék válnak el, amelyek a zsírgolyócskákkal ellentétes irányban, a kerület felé áramlanak. A dobfal felé haladó, főként plazmából álló tejből is válnak ki zsírgolyócskák, amelyek a tengely felé áramlanak. A fölözés során elkülönült tejszín a dob tengelye mellett kialakított csatornában áramlik felfelé a tejszínnyíláshoz, illetve a tejszíngyűjtő lapáthoz. A soványtej a dob fala mellett lévő térben halad felfelé a soványtej-nyíláshoz, illetve a soványtej-lapáthoz.

A tejszín zsírtartalma a tejszín–soványtej arányának módosításával szabályozható. Nyitott rendszerű fölözőgépeken általában a tejszínkivezető-nyílás szűkítésével vagy bővítésével lehet a tejszín–soványtej arányát, ezzel a tejszín zsírtartalmát változtatni. Zárt kivezetésű gépeknél üzemközben a tejszínszelep szabályozásával lehet a tejszín zsírtartalmát változtatni.

A fölözés befejezésekor a tejszín kiürítése céljából a dobba soványtejet célszerű vezetni, majd tiszta vízzel kell a dobokat kiöblíteni. A hideg vizes kiöblítés a tej maradékának eltávolításán túl a dob lehűtését is elvégzi. A dobot a leállítás után azonnal szét kell szerelni, el kell mosni, a dobiszapot pedig meg kell semmisíteni.

1.5. A tej homogénezése

A homogénezés az a művelet, amelynek során valamely anyag egymással rosszul keveredő alkotórészeit a részecskék jelentős mértékű elaprózásával egyenletesen diszpergáljuk. A tejiparban a homogénezést a tej vagy a tejszín zsír a vízben emulziója diszperzitásfokának növelésére alkalmazzák. A 3–4 μm átmérőjű zsírgolyócskákat olyan mértékben aprózzák fel, hogy átlagos átmérőjük általában az 1–2 μm -t ne haladja meg. A homogénezés következtében megszűnik a felfölöződés, amellyel a kisebb zsírgolyócskák felületén viszonylag több adszorpciós fehérje kötődik meg, amely a tej vagy a tejszín viszkozitását növeli, a zsírgolyócska-halmazok képződését elősegíti, és savanyított termékeknél az alvadék térhálós szerkezetének stabilizálódásához is hozzájárul.

A homogénezés hatása két tényezővel jellemezhető:

- a zsírgolyócskák átlagos átmérőjével, és
- a halmazképződés mértékével.

A zsírgolyócska-halmazok képződését a zsírgolyócskák kazein-adszorpciója idézi elő akkor, ha homogénezéskor a zsírgolyócskák közvetlen közelében nincs elég felületaktív anyag az önálló membránburok kialakításához.

A homogénezést először a tejiparban a fogyasztási tej felfölöződésének meggátlására használták, újabban azonban mind több területen igénybe veszik. Alkalmazásának céljai és területei az alábbiak:

- a felfölöződés megakadályozása, illetve csökkentése (fogyasztási tej, tartós tej, tejtermékek, ízesített tejtermékek, tejföl),
- az alvadék állományának és vízkötőképességének javítása (savanyított tej és tejszínkészítmények, tejszín, krémsajt),
- az érés intenzívebbé tétele (nemespenész sajtok),

– a termék élvezeti értékének és emészthetőségének növelése (minden homogénezett termék).

A tej vagy tejszín homogénezésére legáltalánosabban a dugattyús homogénezőket használják. Működési elvüket tekintve ezek olyan többdugattyús szivattyúk, amelyekben a szabályozható résnyílású homogénezőfej szűk nyílásán a folyadéksebesség jelentős mértékben megnövekszik, s egyben az áramlási irány is megváltozik. Ennek hatására a zsírgolyócskák deformálódnak, majd szétaprózódnak. Az általánosan elterjedt dugattyús homogénezés mellett ismeretes még a zsírgolyócskák intenzív ütközéseinek és örvénylésén alapuló homogénezési eljárás is.

1.6. Hőkezelés és hűtés

1.6.1. Különböző hőkezelési eljárások

1.6.1.1. A hőkezelés hatása a mikroorganizmusokra

A nyers tejben kisebb-nagyobb számban mindig található mikroorganizmusok, amelyek a tőgyből a fejés, a kezelés és a szállítás közben kerülnek a tejbe. A tejben előforduló szaprofita mikroorganizmusok életműködésükkel rontják a tej minőségét és eltarthatóságát, a patogén mikroorganizmusok pedig veszélyeztethetik a fogyasztó egészségét. A tej feldolgozása során a mikroorganizmusok nagy részét el kell pusztítani, hogy a tej tárolható és a további feldolgozásra alkalmas legyen. A mikroorganizmusok elpusztításának legelterjedtebb módja a hővel való csírátlanítás. A hőkezelésnek gyakorlati szempontból három alapvető módszere különböztethető meg:

- a pasztőrözés,
- az ultrapasztőrözés, és a
- sterilizálás.

Ezek között a csíraölés, a tejalkotórészekre való hatás, és a technológiai feldolgozhatóság tekintetében vannak különbségek.

A hőkezelés módja, az alkalmazott hőmérséklet és időtartam különböző mértékben befolyásolja a csírapusztulást és a tej tulajdonságait. A különböző mikroorganizmus fajok hővel szembeni érzékenysége igen különböző. Általában minél nagyobb a baktérium optimális és maximális szaporodási hőmérséklete, annál nagyobb a hőrezisztenciája. A hőkezelés során az egyik legfontosabb cél a patogén mikroorganizmusok elpusztítása. Ezért olyan hőkezelési eljárásokat dolgoztak ki, melyek során minden patogén mikroorganizmus (közülük legismertebb a tejben előforduló *Mycobacterium tuberculosis*) biztosan elpusztuljon. Mivel a patogén kórokozók közül a *M. tuberculosis* a leghőellenállóbb, ezek pusztulásakor a többi patogén, nem spórás baktérium is elpusztul. A higiéniai szempontból jelentős kóli-aerogénész csoportba tartozó baktériumok 90%-a már 60 °C hőmérsékleten, 30 perces hőkezelés hatására is elpusztulnak.

A tejben olyan termotoleráns (hőtűrő) baktériumok is előfordulnak, amelyek a kíméletes hőkezelés, pasztőrözés folyamán nagyrészt életben maradnak. Ezért a hosszabb ideig tárolható tej vagy tejtermék gyártásakor olyan hőkezelési eljárást kell alkalmazni, melynek hatására a termotoleráns mikrobák is elpusztulnak. Ugyancsak intenzív, 100 °C-nál magasabb hőmérsékletű hőkezelés szükséges a baktériumspórák elpusztításához. Adott hőmérsékleten, meghatározott ideig folytatott hőkezelés hatásosságát az alábbi tényezők befolyásolják: a mikrobák

hőrezisztenciája és előélete, a tej összetétele, illetve szennytartalma és a hőkezelésre kerülő tej mikrobatartalma.

A legtöbb mikroba hőérzékenysége annál nagyobb, minél kisebb hőmérsékletű közegben szaporodott el. A tej hőkezeléséig való hidegen tárolásával a hőkezelés hatásossága is növelhető. A fiatal, erőteljesen szaporodó, logaritmusos fázisban lévő sejtek általában hőérzékenyebbek, mint a megállapodási szakaszban lévők.

Nagyobb szárazanyag-tartalmú közegben a mikrobák kevésbé hőérzékenyek. A kolloidális anyagok, különösen a fehérjék és a zsírok, valamint a nyálkás, sűrűbb tögygyulladós tej bizonyos mértékig védik a mikroorganizmusokat a hőpusztulástól. A hőkezelés hatásosságát befolyásolja még a tej mikrobatartalma is. A tejben lévő vegyes mikroflórából a hőtoleránsak részben életben maradnak, és így a hőkezelt tejben a maradék mikroflóra aránya a hőtűrők felé tolódik el. Nagy spóratartalmú tejben még az intenzív hőkezelés hatására sem pusztulnak el teljes mértékben a csíráképes spórák, mert a sterilizációs effektus sem ad végtelen kis értéket.

A hőkezelés során a mikroorganizmusok minél tökéletesebb elpusztítása mellett arra is törekedni kell, hogy a tej eredeti jellege és tulajdonságai ne változzanak meg számottevő mértékben. A hőkezelés egyaránt hat a tej fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságaira. A hőkezelési eljárást úgy kell megválasztani, hogy az ne rontsa a késztermék minőségét, valamint ne akadályozza a különböző technológiai folyamatokat (pl. a tej alvadási készsége, az alvadék zsugorodása, vízkötőképessége stb.).

A tej hőkezelése során mind a csíráölő, mind a tej eredeti állapotának megváltozása szempontjából nem csak az alkalmazott hőmérséklet, hanem a hőkezelés időtartama is fontos tényező. A mikroorganizmusok elpusztításához szükséges időtartam a hőmérséklet emelésével csökken, a mikrobák nagyobb hőmérsékleten rövidebb idő alatt pusztulnak el. A hőmérséklet mellett a hőbehatás időtartama is befolyásolja a tej eredeti tulajdonságait, ezért a hőkezelési eljárást úgy kell megválasztani, hogy a csírapusztulás a tej eredeti jellegének megváltoztatása nélkül következzen be.

1.6.1.2. A tej pasztörözése

A tej hőkezelési eljárásai közül legáltalánosabb a tej pasztörözése. A pasztörözés a tej 100 °C alatti hőkezelése abból a célból, hogy a jelenlévő patogén mikroorganizmusokat teljes egészében, az egyéb mikroorganizmusokat pedig lehetőleg teljes mértékben elpusztítsák anélkül, hogy a tej eredeti tulajdonságai lényeges változást szenvednének. A pasztörözéssel tehát:

- a nem spórák kórokozó mikroorganizmusok elpusztítása révén megakadályozzuk, hogy a tej betegségek terjesztője lehessen, másrészt
- a tejipar szempontjából káros mikrobák elpusztításával növelik a tej eltarthatóságát, illetve bizonyos termékek gyártására alkalmasabbá teszik a tejet.

Mivel a nem spórák baktériumok közül a *M. tuberculosis* a leghőellenállóbb, a pasztörözési hőmérséklet és időtartam hatásának ennek pusztulása felett kell lennie. Mivel a tej *foszfatáz* enzimjének inaktiválódásához szükséges idő–hőmérséklet szükséglete meghaladja a *tbc* bacilusok pusztulásához szükséges időt és hőmérsékletet, ezért ha az eredeti *foszfatáz* enzim a tejben teljes mértékben

inaktiválódott, akkor a tbc bacilusok is elpusztultak. A pasztörözés céljára nagyon sok hőmérséklet és ennek megfelelően hőntartási idő is választható. A gyakorlatban azonban csak háromféle pasztörözési eljárás terjedt el:

- a tartós (kíméletes) pasztörözés: 62–65 °C hőmérséklet, 30 perc hőntartás,
- a gyors pasztörözés (másodperchevítés): 71–76 °C hőmérséklet, 15–40 másodperc hőntartás,
- pillanathevítés: legalább 85 °C hőmérséklet, hőntartás nélkül.

1.6.1.2.1. Tartós (kíméletes) pasztörözés

Amint az az elnevezéséből is kitűnik, ezzel az eljárással biztosítható leginkább a tej eredeti jellege. Üzemi viszonyok között ezt az eljárást nem alkalmazzák, mert nagy a helyigénye és a folytonos üzemelés és hővisszanyerés sem valósítható meg.

1.6.1.2.2. Gyorspasztörözés

Az egész világon a legelterjedtebb pasztörözési eljárás. A különböző országokban a hőmérséklet–időtartam előírások kismértékben eltérhetnek egymástól. A magyar előírás: 76 °C hőmérséklet, legalább 37 másodperc hőntartással. Bakteriológiai szempontból a 71 °C alsó határnál kisebb hőmérséklet nem kielégítő hatásfokú, 76 °C felett pedig a tej veszíti el eredeti jellegét, ezért a hőmérséklet-határokat pontosan be kell tartani. Az eljárás előnye, hogy a megfelelő csíraölő hatás mellett a hőkezelés még kíméletes, a tej eredeti jellege még megmarad, a hőcserélés könnyen megvalósítható, jól automatizálható és a berendezés helyszükséglete kicsi. A fogyasztási tej pasztörözése mellett ezt az eljárást alkalmazzák a sajttej pasztörözésére is, mivel a tej alvadó-képessége és az alvadék zsugorodó-képessége még nem csökken számottevően.

1.6.1.2.3. Pillanathevítés

Korábban a fogyasztási tej pasztörözése általánosan használt eljárás volt. Hőkihasználás és hővisszanyerés tekintetében egyenértékű a gyorspasztörözéssel, a közvetlen gőzfűtés és az igényes automatika miatt azonban, valamint azért, hogy a tej eredeti jellegét számottevően megváltoztatja, mindinkább háttérbe szorul. Az eljárást hőntartással kombinálva, illetve módosítva általában savanyított tejtermékek és túró gyártásához használják.

1.6.1.2.4. A tej ultrapasztörözése

A pasztörözés után a baktériumspórák csírázóképes állapotban maradnak, és többkevesebb nem patogén mikroba is túléli a pasztörözési hőmérsékletet. Az így hőkezelt tej lehűtött állapotban is csak pár napig tárolható. A fogyasztási tej és egyes tejtermékek szobahőmérsékleten való hosszabb tárolhatóságára számos olyan 100 °C feletti hőkezelési eljárást dolgoztak ki, amelyek jelentősebb elváltozások nélkül gyakorlatilag sterilizálják a tejet. Ha ezt a hőkezelést aszeptikus csomagolással kombinálják, úgy legalább 7–12 hétig tárolható tejterméket lehet készíteni. Ezeket a 100 °C feletti hőkezelési eljárásokat ultrapasztörözésnek nevezik. Ultrapasztörözéskor a tej csírátlantása egy lépcsőben történik. Az így kezelt tej csíramentesnek tekinthető, mivel azonban néhány spóra így is életben maradhat, a tulajdonképpen sterilizációtól elnevezésében is megkülönböztetik.

1.6.1.2.5. A tej sterilizációja

A tej szigorúan vett sterilizálására – teljes csíra- és baktériumspóra-mentességére – kidolgozott eljárások általános jellemzője, hogy a tejet előzetes hőkezelés után csomagolják, majd a tökéletesen lezárt palackokban lévő tejet sterilizálják, így a tej utófertőzése kizárt. A hőkezelés szakaszosan és két lépcsőben megy végbe. Mivel a palackban lévő tejnél a hőkezelés nehezebb, hosszabb a hőbehatás időtartama, ami a tej bizonyos mértékű elváltozásával is jár (barnulás, kozmás íz).

1.6.1.3. Hőcserélők

A tej pasztörözésére üzemi viszonyok között csaknem kizárólag lemezes hőcserélőket használnak. A széles körben elterjedt lemezes hőcserélők előnyei a következők:

- a tej egyenletes, vékony rétegben halad át a lemezek között, így minden tejrészecske egyenletesen melegszik fel,
- a hőátadási viszonyok kedvezőek,
- lehetővé teszik a higiénikus és pára képződés nélküli zárt tejkezelést,
- a kis hőfoklépcsők folytán – főleg forróvízfűtés mellett – a tej rásülésének veszélye csökken,
- a pasztörözést biztonságossá teszi az automatikus hőmérséklet- és átfolyás-szabályozás,
- egy készülékben valósítható meg valamennyi hőcserélési művelet, tehát a berendezés helyszükséglete kicsi,
- a berendezések szétszedés nélküli zárt rendszerben tisztíthatók.

A leginkább alkalmazott gyorspasztörözés a következő műveleteket foglalja magába: a pasztörözendő tej az uszósabályozós előtértartályból a hozzákapcsolt centrifugaszivattyú nyomására az első hőcserélőbe kerül. Itt a lemezek másik oldalán a már pasztörözött tejtől 40–42 °C hőmérsékletre előmelegszik. Az első hőcserélőből a tejet a fölözógépbe vagy a tisztítócentrifugába vezetik, majd a második hőcserélőbe visszavezetve 50–55 °C hőmérsékletre tovább melegszik. A hevítő szakaszban a tej forró víz fűtéssel eléri a kívánt 71–76 °C pasztörözési hőmérsékletet. A hőntartó szakaszban a tej pasztörözési hőmérsékleten marad, majd a második, és az első hőcserélőben 30–35 °C hőmérsékletre előhűl. A víz hűtő, majd a mélyhűtő szakaszon átvezetve a tárolási hőmérsékletre, általában 3–5 °C-ra hűtve hagyja el a tej a berendezést.

Pillanathevítéses pasztörözéskor a hevítő szakasz utáni hőntartás elmarad, és a tej közvetlenül a második hőcserélőbe kerül vissza.

1.6.2. Hűtés és utótárolás

1.6.2.1. A tej hűtése

A nyers és a pasztörözött tejben, valamint a tejtermékekben mindig található mikroorganizmusok, amelyek életműködésük során fizikai és kémiai változásokat idéznek elő, illetve a tárolhatóságot és a minőséget csökkentik. A baktériumműködés gátlására az egyik legrégebben használt módszer a hűtés, amellyel a baktériumok életműködését lelassíthatjuk, vagy gyakorlatilag le is állíthatjuk. A hűtésben rejlő előnyöket használják ki a nyerstej előzetes kezelésére, valamint az üzembe beérkezett tej feldolgozásáig való előtárolása során. A pasztörözött tej és a tejtermékek készítésének folyamatában a megfelelő technológiai fázisban ugyancsak általánosan alkalmazzák a hűtést a termék tárolhatóságának növelésére.

A nyerstej hűtésekor elsősorban a termofil és a mezofil baktériumok működése gátolható, számolni kell tehát azzal, hogy a hideget kedvelő mikroorganizmusok száma viszonylag megnövekszik. A pasztörözés utáni hűtéssel az el nem pusztult mikrobák szaporodását, és a pasztörözés utáni fertőződéssel esetleg bekerült mikrobák szaporodását is gátolni lehet. A hőkezelés utáni gyors hűtés emellett javítja a pasztörözés határfokát is, mivel a pasztörözéskor el nem pusztult, de kevésbé ellenálló baktériumok nagy része a gyors hőmérsékletváltozás hatására elpusztul.

A tej hűtése során mind a tej elsődleges kezelésekor, mind az átvett nyers tej előtárolásakor 10 °C alatti hőmérsékletet kell alkalmazni, hogy a mikrobatevékenység jelentős mértékben csökkenjen.

A pasztörözött tej hűtésekor ugyancsak gondoskodni kell a 10 °C alatti hőmérsékletről, ahhoz azonban, hogy a további kezelés folyamán a tej ne melegedjen 6–8 °C fölé, a pasztörözés után a tejet 2–5 °C hőmérsékletre hűteni kell. A tej hűtésére üzemi körülmények között lemezes hűtőberendezést használnak. A hűtők a lemezipasztör-berendezések tartozékai. A pasztörözés utáni hűtést a gyakorlatban két fokozatban végzik:

- előhűtés csapvízzel vagy hideg tejjel,
- mélyhűtés fagyálló hűtőfolyadékkal vagy hűtött csapvízzel.

A lemezipasztör-berendezésben a pasztörözött tej az első hőcserélő szakasz után kerül az előhűtő szakaszba, ahol olyan hőmérsékletre hűthető, amely a hűtőközeg hőmérsékleténél csak 2–3 °C-kal magasabb. Mélyhűtéssel érhető el a tej végleges hűtési hőmérséklete. Mivel 2–4 °C hőmérsékletet kell kialakítani, a hűtőközeget 0, +1 °C-ra, vagy ennél hidegebbre kell beállítani. Hűtőközegként korábban 0 °C hőmérséklet alá hűtött sólevet, újabban pedig kloridmentes fagyálló folyadékokat használnak. Az első hátránya az erős korrózió, az utóbbié pedig az, hogy drága.

1.6.2.2. A tej tárolása a feldolgozás folyamán

A pasztörözött és lehűtött tej általában nem kerül azonnal lefejtésre, csomagolásra vagy további feldolgozásra, ezért átmenetileg tárolni kell. A tárolásra azért is szükség van, mert a pasztörözés–hűtés és a további feldolgozás ideje vagy üteme nem esik egybe. Az átmeneti tároláskor gondoskodni kell arról, hogy a tejet ne érje utófertőzés, és ne melegedjen fel. Átmeneti tárolásra ezért általában zárt, szigetelt tankokat használnak, fekvő, újabban a jobb kezelhetőség és helykihasználás miatt álló hengeres kivitelben. A tárolótankok általában szigetelt falúak, a bennük tárolt tej hőmérséklete 24 óra alatt sem emelkedik 3–4 °C-nál nagyobb mértékben. A rövidebb ideig tartó tárolásra szolgáló tankokat, illetve nagyobb űrtartalmú tejsilókat szigetetlen kivitelben készítik. A tankok anyaga alumínium, az újabbaké rozsdamentes acél. A tankokon búvónyílás, tisztító szórófej, töltő–ürítő csomók, belső világítás, nézőablak, tejmennyiség-mérő és keverő berendezés van.

1.7. A pasztörözött tejfélések, tejkészítmények és tejszínkészítmények

Az ide tartozó termékek közös vonása, hogy pasztörözött alapanyagból készülnek, és hűtött körülmények között is csak rövid ideig, néhány napig tarthatók el. Fentiek miatt ezeket a termékeket frissfogyasztású termékeknek is nevezik. A lakosság ellátásában fontos szerepet töltenek be, hiszen a tejipar a felvásárolt tejnek több mint felét használja fel előállításukra. Az ide tartozó nagyszámú és sokféle terméket az alábbi öt csoportba sorolhatjuk:

A fogyasztói tejféleségek elegytejből megfelelő kezeléssel előállított, pasztörözéssel tartósított frissfogyasztású termékek. Ezen a csoporton belül az évi 90 liter/fő mennyiségével Magyarországon a fogyasztói tej a legnagyobb jelentőségű. Az európai államokban ez a mennyiség elérheti a 70–260 litert, és a tej és tejtermék-fogyasztás 25–55%-át képviseli.

Az ízesített tejkészítményeket szakszerűen kezelt és pasztörözött elegytejből, ízesítőanyagok, aromák, esetleg aromaanyagok hozzáadásával állítják elő. Rendeltetésük az, hogy a választék bővítése mellett a tejet nem kedvelők számára is biztosítsák a tej biológiai értékeit.

A savanyú tejkészítmények a megfelelően kezelt és pasztörözött elegytejből mikrobatenyészetek felhasználásával, erjesztéssel készülnek. Táplálkozás-élettani szempontból értékes, kiváló étrendi hatású termékek, amelyek üdítő jellegüknél fogva főleg nyáron kedveltek a fogyasztók körében.

A tejszínkészítmények megfelelően kezelt elegytej fölözése útján nyert tejszínből pasztörözéssel tartósítással gyártott termékek. A tejföl tejsavbaktérium-tenyésztéssel előállított savanyú tejszínkészítmény. Ezeket közvetlenül fogyasztják, vagy ételek és italok ízesítésére használják.

A különleges készítmények megfelelően kezelt és pasztörözött elegytejből, főleg a természetes összetétel megváltoztatásával előállított frissfogyasztású termékek. A tejfehérjékkel és a vitaminokkal dúsított készítmények a jövő korszerű táplálkozásában nagy jelentőségűek. A zselésített, ízesített tejkészítményeket (pl. pudingok), az ízesített savanyú tejkészítményeket (pl. gyümölcsjoghurtok), továbbá a habosított tejkészítményeket általában a főétkezések után desszertként fogyasztják. Ezért ezeket a készítményeket közös néven tejdesszerteknek is nevezik.

1.8. Vajgyártás

1.8.1. A vaj fogalma és összetétele

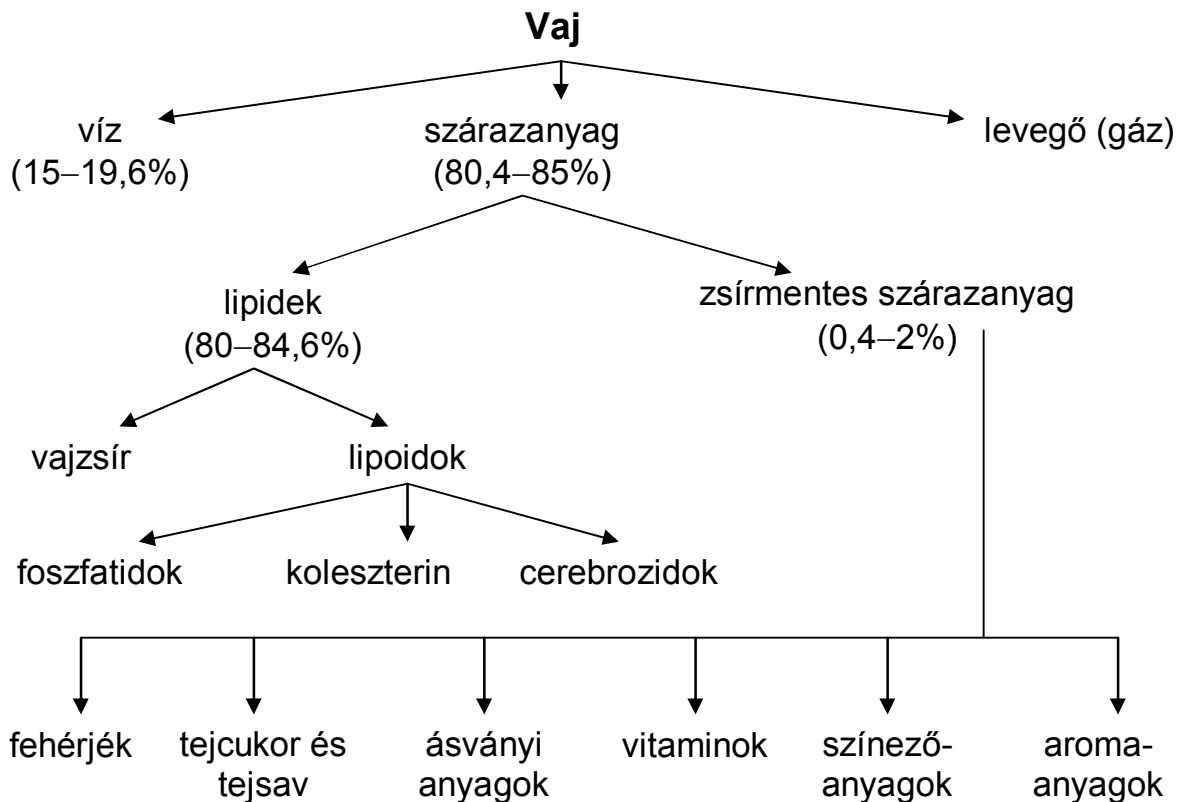
A vaj tejből, tejszínből, illetve tejszírből fizikai úton nyert, legalább 80%-ban tejszírből álló, idegen zsírt nem tartalmazó tejtermék. Íze alapján négy típusát különböztetjük meg:

- édes tejszínvaj (pH = 6,2–6,6),
- sózott édes tejszínvaj,
- savanyútejszín-vaj (pH = 4,6–5,0),
- sózott savanyútejszín-vaj.

Több vajfélét különböztetünk meg a gyártás módja szerint is. Így a különböző eljárással gyártott vajfélét három csoportba sorolhatjuk:

- agglomerációs (szakaszos és folytonos köpüléssel eljárással gyártott vajak),
- fölözéssel eljárással készült vajak,
- vajzsír-emulgeálással gyártott vajak.

A vaj összetétele a nyersanyag összetételétől és a készítés módjától függően változik. A vaj a következő alkotórészekből áll:



A víz a vajban az aromaanyagok hordozója. A diszpergált vízcseppek (szérumcseppek) fontos szerepet töltenek be a vajjelleg kialakításában. A vaj legfontosabb alkotórészei a lipidek, melyeknek legnagyobb részét a vajzsír (tejzsír) alkotja. A vaj zsírmentes szárazanyag-tartalmát elsősorban a készítés módja határozza meg. A legnagyobb zsírmentes szárazanyag-tartalma a nem mosott savanyútejszín-vajnak, a legkisebb pedig a mosott édestejszín-vajnak van.

1.8.2. A vaj fizikai szerkezete

A vaj zsírrészecskének, a zsírkristályoknak, lipoidoknak, fehérjéknek, íróknak, esetleg levegőnek a diszperziója folyékony vajolajban. A diszperzió stabilitása nagymértékben függ a vaj hőmérsékletétől, ugyanis 20 °C felett már nagymértékben csökken az emulzió stabilitása, 40 °C felett pedig már megindul a zsír- és a vízfázis elkülönülése. A vaj tehát jellegét tekintve víz a zsírban emulzió. Az emulzióban összefüggő fázist alkotó vajolaj a tejszín zsírgolyócskáiból származik oly módon, hogy a lipoidfehérje-burok dinamikus védőhatásának megszűnése következtében az adott hőmérsékleten a folyékony tejzsír-trigliceridek kipréselődnek a zsírgolyócskákból. Az összefüggő fázist alkotó vajolajban helyezkednek el a zsírrészecskék.

A zsírrészecskék a zsírgolyócskákból úgy jönnek létre, hogy a vaj készítése során egyrészt a burok megszűnik, mint védőréteg, másrészt a zsírgolyócskák belsejéből a folyékony trigliceridek eltávoznak. A zsírrészecskék tehát védőburok nélküli, többé-kevésbé átformálódott szilárd zsírcsomók, melyek a vajnak szemcsés szerkezetet kölcsönöznek. A vaj szerkezeti szemcsészettsége a készítés módjától függően

kifejezett vagy kevésbé kifejezett lehet. Az összefüggő fázist képző vajolajban tú vagy négyzetes alakú zsírkristályok is előfordulnak. A lipidfehérjék, mint burokmardványok, ugyancsak az összefüggő vajolaj-fázisban helyezkednek el finom eloszlásban. A vajban található még finom eloszlásban a tejszínből visszamaradó író, és a mosásból visszamaradó víz is, valamint a készítés módjától függően különböző mennyiségben levegőbuborékok.

1.8.3. A vajgyártás elméleti alapjai

A 30 és a 80%-os zsírtartalmú tejszín és a vaj szerkezetét összehasonlítva megállapítható, hogy a 30%-osban a zsírgolyócskák távol állnak egymástól, a 80%-osban pedig szinte egymáshoz préselődnek, de mindkettőben a zsírgolyócskákat plazmahártya választja el egymástól, mely egyben az összefüggő fázist is alkotja. A vajban viszont a plazma már cseppek formájában van jelen, az összefüggő fázist a vajolaj alkotja.

A tejszín zsír a vízben emulziójából a vaj víz a zsírban emulziója fázisátcsapás útján jön létre oly módon, hogy az adszorpciós burok összefüggő jellegének megszűnése következtében a zsírgolyócskákból folyékony vajolaj lép ki, amely összefüggő fázissá egyesül, és az előzőleg összefüggő plazmát apró cseppek alakjában magába zárja. A vajnak tejszínből való képződésekor három alapfolyamat játszódik le, melyek megvalósulása a vajképződés előfeltétele:

- a zsírgolyócskákban lévő trigliceridek egy részének folyékony, más részének szilárd állapotba kerülése,
- az adszorpciós burok összefüggő jellegének megszüntetése,
- a zsírgolyócskák koncentrációja olyan mértékben, hogy érintkezésbe kerüljenek egymással.

E három alapfeltételt a különböző vajkészítési eljárások elvileg háromféle módon valósítják meg, melynek alapján a vajkészítési eljárásokat is három nagy csoportba oszthatjuk:

- agglomerizációs (köpüléses) eljárások,
- fölözéses eljárások,
- vajzsír emulgeáló eljárások.

Az agglomerizációs eljárások azon az elven működnek, hogy a megfelelően előkészített tejszín zsírgolyócskáit köpüléssel halmazokba tömörítsék, majd vajrögökké egyesítik, ily módon elkülönítik a plazma nagyobb részétől. A fölözéses eljárásokra az a jellemző, hogy a zsírgolyócskákat kétszeri fölözéssel koncentrálik a tejszínben, majd hűtéssel, illetve mechanikai behatással idézik elő a fázisváltást. A vajzsír emulgeáló eljárások a zsír koncentrációját úgy valósítják meg, hogy a tejszín kétszer fölözik, majd melegen a szérumot elválasztják a tejszírtől. Az így előállított vajzsírba azután természetesen vagy mesterségesen előállított plazmát emulgeálnak.

1.8.4. A vajgyártás műveletei és folyamatai

Mivel Magyarországon és Európa legtöbb államában is az agglomerizációs (köpüléses) eljárásokat használják a vaj előállítására, ezért csak ezen eljárás műveleteinek rövid ismertetésére szorítkozunk. A vajgyártó üzembe beérkező tejalapanyagot minősítik, majd 40–50 °C-ra felmelegítve fölözik. A fölözés után a tejszín vagy azonnal pasztőrözik, vagy 6–8 °C-ra lehűtve a pasztőrözésig szigetelt

falú tartályokban tárolják. A különböző minőségű beérkezett tejszint egyenlősítik, zsírtartalmát beállítják, ha szükséges, tompítják, illetve mossák.

A tejszín pasztörözésének célja a káros hatású enzimek inaktiválása, az antioxidáns hatású anyagok kialakítása és a pasztörözött íz biztosítása. Mivel a tejszín általában nagyobb csíratartalma, mint a tej, továbbá a nagyobb zsírtartalom bizonyos fokú védettséget nyújt a mikroorganizmusok számára, a tejszint 90–110 °C-on kell pasztörözni. Az optimális pasztörözési hőmérséklet függ a zsírtartalomtól, a zsírtartalom növekedésével arányosan nő.

A 90 °C hőmérséklet feletti pasztörözéskor a laktalbumin és a zsírgolyócskák membránfehérjében lévő szulfhidrilcsoportok aktiválódnak, és a vajban kellemes mogyoró, illetve dióbél ízt okoznak. Az aktiválódott szulfhidrilcsoportok oxidációt gátló hatásúak is. Ügyelni kell azonban arra, hogy az erélyes hőközlés hatására ne legyen erős főtt, esetleg kozmás ízű a tejszín.

A zárt rendszerű pasztörözés mellett szükség van a tejszín szellőztetésére is. A szellőztetést a pasztöröző szakasz előtt a hőcserélőn előmelegített tejszinnel végzik, zárt rendszerű vákuumos szellőztetőben. A szellőztetés hatására az oldott gázok (levegő, szén-dioxid), valamint az illó-, szag- és ízanyagok eltávoznak. A pasztörözött és lehűtött tejszint édestejszín-vaj gyártáshoz fizikailag, savanyútejszín-vaj előállításához pedig biológiailag érlelik. A tejszín fizikai érlelése 2–6 °C-ra való lehűtéséből és ezen a hőmérsékleten 2–6 óráig történő tárolásból áll. Az érlelésben a tejsavbaktériumok nem vesznek részt, az érlelés a zsírgolyócskák megdermedéséből és a zsír kikristályosodásából áll. Biológiai érleléskor a tejszint a vajkultúra hozzáadásával savanyítják, érlelik. A biológiai érlelés két szakaszból áll: a savanyítási vagy melegérlelési szakaszban 16–22 °C-on a tejsavbaktériumok elszaporodnak, a tejszín megsavanyodik, pH-ja 4,9-re csökken. Ezt követően a tejszint lehűtik, és következik az aromatermelési és fizikai (hideg) érlelési szakasz. Ekkor a lehűlés következtében a savanyodás lelassul, megindul az aromaanyagok képződése és fizikai változások is lejátszódnak a tejszínben. Az érlelt tejszint a köpülés előtt elbírálják. A jól savanyított tejszín íze és szaga enyhén savanykás, telt, tiszta, kellemesen aromás, zamatos. Állománya egynemű, tejfölszerűen sűrűn folyó.

A következő művelet a tejszín köpülése. A köpülés az a technológiai művelet, amelynek során a tejszint a zsírrészecskék halmazokba való tömörítésével, fázismegfordulás útján vajrögökre és plazmára (íróra) választják szét. Köpülés közben a tejszín erőteljesen örvénylik, ütődik, rázkódik és levegővel keveredve részben habbá verődik. Az erőteljes mechanikai hatásra az érlelés során részben már demulgeált zsírgolyócskák, zsírrészecskék egymásnak ütődnek, és a felületükön lévő vajolaj-réteg révén halmazokba tapadnak össze. A zsírrészecske halmazok a habképződés következtében létrejött levegő–tejszínplazma határfelületen koncentrálnak. Így a tejszínbe kevert levegőbuborékok mintegy kivonják a zsírt a plazmából. A köpülés előrehaladtával a hab összeesése következtében a zsírrészecske halmazok előbb mikroszkopikus vajszemcsékké, majd makroszkopikus vajrögökké egyesülnek, és közben magukba zárják a plazma kisebb részét, míg a nagyobbik rész elkülönül a vajrögöktől.

A köpülés után a vajrögöket elkülönítik az írotól. Az író leeresztése után a vajat általában mossák. A mosás célja az, hogy a vajrögök között visszamaradt írot

eltávolítsák. Ezen kívül a mosással eltávolíthatók a vajból a vízben oldódó, hibás szagot és ízt okozó anyagok, és csökken a vajban a tejcukor és a fehérjék mennyisége, melyek táptalajul szolgálnak a baktériumok számára. Hátránya viszont a mosásnak, hogy eltávozik az aromaanyagok jelentős része is, ezért a vaj üresebb ízű lesz.

A mosást a vajgyártás legfontosabb művelete a gyúrás követi. A gyúrás célja:

- a vajszemcsék, illetve vajrögök közé bezáródott felesleges víz eltávolítása,
- a laza vajszemcsék, illetve vajrögök egységes szerkezetű vajjá való tömörítése,
- a vajban visszamaradó plazma, illetve vízcseppek elaprózása, egyenletes eloszlása és a kolloidálisan oldott anyagoktól való megtisztítása.

Az elsődleges vajszemcsékbe és a kisebb vajrögöcskébe finom eloszlásban bezáródott plazma képezi a vaj úgynevezett kötött vizét, amely gyúrással nem távolítható el a vajból. A nagyobb üregekbe bezáródott plazma adja a vaj szabad vizét, mely szakszerű gyúrással a vajból eltávolítható. Technológiai szempontból a gyúrásnak két szakaszát különböztetik meg. Az előgyúrás rendeltetése a felesleges víz eltávolítása a vajból, az utógyúrás célja pedig a vajrögök egységes szerkezetű vajjá tömörítése, és a vajban visszamaradt plazma, illetve vízcseppek elaprózása, egyenletes elosztása, továbbá a kolloidális anyagoktól zavaros cseppek megtisztítása.

Az utógyúrás után következik a vaj víztartalmának és pH-jának beállítása. A vaj minősége, eltarthatósága szempontjából legelőnyösebb, ha a pH 5,1 és 5,6 között van. Az ennél kisebb pH a vajban olajos, a nagyobb pH pedig a fehérjebomlásra jellemző sajátos ízhiba kialakulását segíti elő. A vaj pH-ját általában vajkultúra és citromsavoldat keverékével csökkentik, illetve állítják be a kívánt értékre.

A gyúrás követően a vaj szerkezetében további változások mennek végbe, melynek eredményeképpen a vaj utószilárdul. Ez a folyamat egyrészt a zsír utókristályosodásával, másrészt a vajnak a képlékeny emulziókra jellemző tixotrop tulajdonságával áll összefüggésben. A vaj tixotrópos utószilárdulása úgy megy végbe, hogy a gyúrás alatt a vajolajban rendezetlenül elhelyezkedő zsírkristályok és kristályos zsírrészecskék a gyúrás befejezése után a közöttük fennálló vonzerő hatására rendeződnek, és létrehozzák a vaj szerkezeti vázát. A vaj tixotrópos utószilárdulása megfordítható, az utókristályosodás következtébeni utószilárdulás azonban már nem megfordítható, ezért a vaját az utószilárdulás előtt csomagolni kell. Mivel a vaj utószilárdulása a gyúrás befejezése után azonnal megindul, és a folyamat télen gyorsabban, nyáron valamivel lassabban megy végbe, ezért a téli vaját a gyúrás követően 1 órán belül, a nyári vaját pedig 3–4 órán belül lehet csomagolni a szerkezet megtörésének veszélye nélkül.

A hagyományos köpülővaj gyártását egyre inkább felváltja az agglomerizációs elven alapuló folytonos vajgyártás. A zavartalan folytonos gyártás alapvető feltétele a tejszín egyenletes és pontosan szabályozható betáplálása a köpülőhengerbe, ezért ehhez térfogat-kiszorításos elven működő (csavar-) szivattyúkat használnak. A megfelelő vajképződést a köpülőhengerben lévő fokozatmentesen szabályozható, 1250–2500 ford/perc fordulatszámú verőléccel lehet kialakítani. A köpülőhengerben képződött vajszemcsé-író keverék a hűthető köpenyű utóköpülő-hengerbe jut, ahol a vajszemcsék nagyobb rögökké tömörülnek, majd az elválasztóhengeren át a mosóaknába jutnak, ahol szabályozható hőmérsékletű vízzel permetezve moshatók.

A vaj a gyúrószakaszban lévő csigapárral továbbítva az alapvíztartalomra áll be. A vaj utógyúrása a gyúrófejben lévő perforált lemezekén át és a forgókések között történik meg. Ide csatlakozik a vízbeállító szivattyú adagolóvezetéke is, amellyel a vaj végső víztartalma, esetleg pH-értéke állítható be.

1.9. Sajtgyártás

1.9.1. A sajt fogalma és összetétele

A sajt a tejnek, a tejszínnek, vagy ezek keverékének savanyításával vagy oltó hozzáadásával nyert alvadékból savó elvonása útján előállított fehérjedús termék, mely frissen vagy rövidebb-hosszabb érlelés után fogyasztható.

A sajtok összetétele a készítés módjától függően egészen széles határok között változik. Leggyakoribb összetételük az *1. táblázatban* látható.

1. táblázat.

A sajtok összetétele

<i>Alkotórész</i>	<i>Százalékos mennyiség</i>
Szárazanyag-tartalom	20–65
Fehérje	17–30
Zsír	1–30
Tejcukor	0–2
Ásványi sók	1,5–8
Konyhasó	1–5
Enzimek	oltó- és sajtérlelő mikrobák enzimek
Vitaminok	A, D, E, K, B
Színező anyagok	karotin, riboflavin
Gázok	CO ₂

Amint a táblázat adataiból is látható, a sajtok egyik legnagyobb alkotórésze a víz. A víz diszperziós közege a zsírnak, a fehérjéknek, az ásványi sóknak és oldószere a vízben oldható anyagoknak. Döntő szerepet játszik a különböző sajtok jellegének kialakításában. A sajtok legfontosabb alkotórésze a fehérje, pontosabban a kazein, mely oltós alvadáskor kalcium-parakazeinát, savas alvadáskor pedig savas kazein formájában válik ki a tejből. A sajtok érése során részben lebomlik és könnyebben emészthető, a sajt ízére és szagára jellemző bomlástermékek keletkeznek. A zsír mennyisége nagy hatással van a sajt állományára és ízére, emellett a nagyobb zsírtartalom növeli a sajt tápláléértékét. A zsír egy része a sajtban már nem eredeti állapotában van jelen, mert az érés során bomlik, és a sajtfeleségekre jellemző bomlástermékek (zsírsavak, ketonok) keletkeznek. A legtöbb sajtfeleség nem tartalmaz tejcukrot, mert az üstmunka, illetve az érés során elerjed elsősorban tejsavvá, egyes sajtfeleségekben (pl. krémsajtokban) azonban megtalálható. A sajtok ásványisó-tartalmát a tejből eredő ásványi anyagok, esetleg kálium-nitrát és a sajtok sózásakor bevitt konyhasó alkotják. A sajtok tejből eredő ásványisó-tartalma igen különböző. Általánosságban elmondható, hogy a kemény sajtoké nagyobb, a lágysajtoké pedig kisebb.

A nyers tej enzimek a pasztörözés során szinte teljes mértékben károsodnak, a sajt érésében szerepet játszó enzimeket ezért mesterségesen visszük be. Ezek közül

legfontosabb a fehérjebontó, oltó és a sajt kultúra baktériumai által termelt enzimek. A tej vitaminjainak egy részét a sajt érése közben a kultúra mikrobái elfogyasztják, de ugyanakkor a mikrobák termelnek is vitaminokat. A mikrobatevékenység közben jelentős mennyiségű szén-dioxid gáz képződik, mely a sajtok lyukképződésében játszik fontos szerepet. Az érés folyamán jelentős mennyiségben íz- és aromaanyagok is keletkeznek.

1.9.2. A sajt szerkezete és a sajtok csoportosítása

A sajt olyan átmeneti komplex diszperz rendszer (gél), amelyben a diszperziós közeg szerepét a víz, a diszperz rész szerepét pedig a fonalszerűen kapcsolódó parakazein, illetve bomlástermékei, és a diszperziós közegben oldott anyagok (ásványi sók, egyéb szerves anyagok) töltik be. Makroszkopikusan nézve a sajt szerkezetét az egyszerűbb tésztában több-kevesebb, kisebb vagy nagyobb erjedési lyuk található. Mikroszkóppal vizsgálva a szerkezetet kisebb nagyításban szemcsézettnek tűnik, nagy nagyításban pedig már előtűnik a fehérjemicellákból felépülő térhálós szerkezet. Elektronmikroszkóppal már jól felismerhetők a fehérjefonalat alkotó fehérjemicellák is. A sajtokat csoportosíthatjuk aszerint, hogy milyen tejelőállat tejéből készültek. Általánosan elfogadott, hogy a tehéntejből készített terméket egyszerűen csak sajtnak hívják. Ezen túlmenően a sajtokat öt nagy csoportba osztják:

- kemény sajtok (ementáli, cheddar),
- félkemény sajtok (óvári, trappista),
- lágy sajtok (lajta, csemege, romadur)
- friss sajtok (krémsajt, étkezési túrófélék),
- túró sajtok (pogácsasajt).

Az első három csoportba tartozó sajtok közös jellemzője, hogy a tej alvadása oltóenzim hatására következik be, és rövidebb-hosszabb érlelés után fogyaszthatók. Ennek alapján az idetartozó sajtfeleségeket oltós alvadású érlelt sajtoknak is nevezik. A friss sajtok közös jellemzője, hogy a gyártás után közvetlenül fogyaszthatók. Ezek oltós és savas, vagy tisztán savas alvadással készülnek, és rövid érlelés után fogyaszthatók. Az egyes sajt csoportokon belül zsírtartalmuk alapján kövér (zsíros), félkövér (félzsíros) és sovány sajtokat különböztetünk meg.

1.9.3. A sajtgyártás elmélete

A tej alvadása a kemény, félkemény és lágy sajtok készítésekor oltóenzim hatására, a friss sajtok esetében oltóenzim és sav együttes hatására, a savas étkezési túró, továbbá a túró sajtok gyártásakor sav hatására következik be.

A tej oltós alvadásakor a kazeinszol gél állapotba megy át a következő négy folyamat eredményeképpen:

- az enzim adszorbeálódása a kazeinrészecskék felületén,
- kémiai és kolloidális változások a kazeinrészecskékben,
- a kalcium-parakazeinát koagulálása,
- a kalcium-parakazeinát lassú lebomlása.

Az enzim adszorbeálódása után az oltóenzim az α -kazein κ -komponensét támadja meg, és hidrolizálja egy oldhatatlan para- κ -kazein részre és egy savóban oldódó nemfehérje részre, egy olyan glikoproteinre, mely mintegy 28% szénhidrátot tartalmaz. Mivel a κ -kazein kazein-komplex-micellára gyakorolt védőhatása ezzel elveszik, a primér kazeinmicellák kisebb-nagyobb halmazokká, szekunder micellákká

asszociálnak, ezzel a tej alvadásra kész állapotba jut. A halmazok összekapcsolódásával ágas-bogas képletek jönnek létre, amelyeknek üregeibe a savó teljes egészében bezáródik. Végeredményben a savas alvadékhoz hasonló szerkezetű, szivacsos gélrendszer keletkezik. Az oltós alvadás negyedik szakaszában az oltóenzim megkezdi valamennyi kazeinkomponens lassú hidrolízisét, mely végül az oltóenzimnek ellenálló polipeptidek létrejöttével fejeződik be.

Az alvadék (gél) képződésénél a fehérjemicellák között nem valósul meg a lehetséges legkisebb távolság. Az alvadás beállta után azonban a kohéziós erő hatására tovább folytatódik a részecskék közeledése egészen a lehetséges legkisebb távolság eléréséig. A géleknek ezt az önként végbemenő zsugorodását szinerézisnek hívják.

A sajt érlelése közben bonyolult fizikai, kémiai és biológiai változások mennek végbe, melyek eredményeképpen kialakulnak a sajtban a jellegnek megfelelő tulajdonságok. A tejsavbaktériumok a tejcukor legnagyobb részét tejsavvá bontják le, de egy részéből illósavakat, alkoholt, aldehideket, szén-dioxidot is termelnek. A keletkező tejsav a kalcium-parakazeinát–kalcium-foszfát komplexről lehasítja a kalciumot, és tejsavas kalciumsók keletkeznek. A fehérje a sajt érése folyamán a fehérjebontó enzimek hatására részben vagy egészben egyszerűbb, vízben oldódó vegyületté hidrolizálódik. A fehérjék bomlása a sajtok érése folyamán három szakaszban megy végbe:

- a parakazein a hidrolízis folyamán kisebb molekulatömegű albumozokra és peptonokra bomlik (peptonizáció),
- a peptonizációval keletkezett termékek hidrolízis útján oldható polipeptidekre, peptidekre és aminosavakra bomlanak,
- majd az aminosavak dezaminálása révén aminocsoportban szegényebb aminosavak, oxisavak, ketosavak és ammónia, továbbá az aminosavak dekarboxilezése révén jelentéktelen mennyiségben aminok keletkeznek.

A sajtok érése során végbemenő fehérjebomlás mértékének kifejezésére az érési terjedelem és az érési mélység fogalmakat használják. A fehérjebomlás terjedelme megmutatja, hogy a sajtban lévő összes nitrogénvegyületnek hány százaléka van vízoldható vegyület formájában. Az érés mélysége viszont azt fejezi ki, hogy az összes nitrogénnek hány százalékát alkotja a kis molekulatömegű peptidek, aminosavak és ammónia nitrogéntartalma. Az oltóenzim csak bevezeti ezt az érési folyamatot, a befejezést a tejsavbaktériumok – elpusztulásuk és autolízisük után felszabaduló – enzimek végzik.

A sajtok érése folyamán a zsír is bizonyos fokú bomlást szenved. A bomlás elsősorban hidrolitikus jellegű, tehát glicerin és zsírsavak válnak szabaddá. A szabad zsírsavból penészgombák enzimeinek hatására oxidáció útján nagyobb szénatomszámú ketonok, majd redukció útján alkoholok képződnek.

Érés közben a sajttésztaiban kolloidális változások is végbemennek. Az alvadékrögök összeforrnak, a sajttészta sárgás színűvé, omlós állományúvá válik. Túlsavanyodáskor az állomány morzsolódó, törékeny, a tejcukor, illetve a tejsav kilúgozásakor pedig elasztikusabb állományú lesz. Só hatására a sajttészta képlékennyé válik, mivel a só a sajtban a kazein duzzadását segíti elő.

A kemény és félkemény sajtok érésének fontos szakasza a lyukképződés. A lyukképződés első szakaszában a baktériumok működése folytán szén-dioxid keletkezik, melyet a sajt szénsav formájában elnyel. A keletkezett szénsav a sajtban egyenletesen eloszlik, és a sajtészta fokozatosan telítődik, majd túltelítődik gázzal. A második szakaszban a szénsavval túltelített sajtésztaiban szén-dioxid szabadul fel, és apró gázbuborékok keletkeznek ott, ahol a legkisebb a sajtészta ellenállása. A sajtokat a lyukkacsozottság alapján a következő csoportokba osztják:

- zárt tésztájú sajtok, ahol a metszslapon lyuk egyáltalán nem látható, vagy csak elvétve fordul elő egy-két röghézag vagy kisebb erjedési lyuk,
- erjedési lyukas sajtok akkor keletkeznek, ha a sajtészta egyenletesen zárt, az alvadékrögök egyenletesen összeforrtak,
- röghézagos vagy röglyukas sajtok akkor keletkeznek, amikor az alvadék formázásakor lehűlt, és ezért préseléskor nem záródott össze.

A nyers sajt alkotórészeinek lebomlása következtében különböző aroma- és zamatanyagok képződnek, amelyek együttesen adják a sajtfélék jellegzetes szagát és ízét. Az aroma- és zamatanyagok egy része szinte minden sajtban megtalálható, ezek az úgynevezett alap aromaanyagok.

A különböző sajtfeleségek sajátos ízét és szagát az okozza, hogy egy- vagy több alapkomponensből nagyobb mennyiség van jelen a sajtban, vagy különleges aroma- és zamatanyagok termelődnek benne. A sajtok fontosabb aroma- és zamatanyagait a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat.

A sajtok fontosabb alaparoma- és zamatanyagai

<i>Általános megnevezés</i>	<i>Közelebbi megnevezés</i>	<i>Általános megnevezés</i>	<i>Közelebbi megnevezés</i>
Szervetlen nitrogénvegyületek	ammónia	Ketonok	aceton diacetil
Alkoholok	etil-alkohol n-propil-alkohol n-butil-alkohol izobutil-alkohol glicerin	Savak	hangyasav ecetsav propionsav vajsav kapronsav tejsav prolin metionin
Aldehidek	formaldehid acetaldehid propionaldehid butiraldehid	Észterek	etil-acetát etil-butirát

1.9.4. A sajtgyártás műveletei és folyamatai

A sajtüzembe beérkező tejet mennyiségileg és minőségileg át kell venni, és ennek során a tejtételeket szállítási egységenként válogatni kell. Meghatározzák a tej hőfokát, zsírtartalmát, savfokát, érzékszervi tulajdonságait, fehérjetartalmát és sűrűségét, valamint megvizsgálják a tej sajtgyártásra való alkalmasságát oltóerjedési

próbával. A tej csíratartalmáról a reduktázpróbával, erjedési készségéről pedig az erjedési próbával tájékozódnak. A tőgybeteg állatok sajtgyártásra alkalmatlan tejét a Whiteside-próbával vagy mastitest-próbával tudják felismerni.

A sajtgyártásra alkalmasnak minősített tejet, a sajttejet a tulajdonképpeni sajtkészítés előtt kezelni kell. A kezelés a tej tisztításából, a zsírtartalom beállításából, valamint a tej pasztörözéséből és hűtéséből áll. A sajttej tisztításának célja az esetleges szennyeződések eltávolítása, a zsírtartalom beállításának pedig az, hogy a szabvány által előírt értékű legyen a késztermék. A sajttej pasztörözésének célja egyrészt a tejben lévő kórokozók, másrészt a sajtgyártás szempontjából káros mikroorganizmusok elpusztítása úgy, hogy közben a tej nyers jellege megmaradjon. A sajttejet az üzemekben általában gyorspasztörözéssel (70–72 °C-on, 10–40 másodperces hőntartással) pasztörözik. A megfelelően tisztított, kívánt zsírtartalomra beállított, pasztörözött, lehűtött sajttejet káddejnek hívják. A káddej oltós, illetve vegyes alvasztású sajtok gyártása esetén még további előkészítést igényel, mely a tej feljavításából és érleléséből áll. A káddej feljavítása a tej színezéséből, a sóegyensúly helyreállításából és esetleg a sajtgyártásra káros mikroorganizmusok működését gátló vegyszerek adagolásából áll. A feljavítást követi a tej érlelése, ugyanis akkor alkalmas sajtá váló feldolgozásra, ha a tejsavbaktériumok megfelelő mértékben elszaporodtak benne, és a sajt készítés folyamán biztosítják a szükséges tejcukorbontást, illetve a savtermelést. Az előérleléssel a pasztörözés előtt a savfok-emelkedést biztosítják, az utóérleléssel pedig a pasztörözés után a hasznos tejsavbaktériumokat szaporítják el a tejben.

Az előérlelés csak akkor szükséges, ha az üzembe egészen friss, alacsony savfokú tejet szállítanak, vagy, ha olyan sajtfeleséget készítenek, amelyhez kifejezetten érett tej szükséges. A pasztörözött sajttejet a legtöbb sajtfeleség gyártásához utóérlelni kell, mert pasztörözéskor a nyerstejben lévő baktériumok zöme elpusztul. A tej érleléséhez mindig a sajt jellegének megfelelő tejsavbaktériumokból készített szintenyészetet, savanyított kultúrát kell felhasználni.

A sajt készítés első szakasza a kádmunka, amely magában foglalja a tej alvasztását és az alvadék kidolgozását. A sajtüzemek ma a kemény, félkemény és egyes lágysajtok, továbbá a darabos állományú étkezési túró gyártásához általában bolygókeverős sajtádkat használnak. A megfelelően előkészített káddej beoltásához szükséges oltómenyiséget az oltóerősség alapján számítják ki, figyelembe véve a káddej mennyiségét, a beoltási hőfokot, az alvadási időt, a káddej savfokát és zsírtartalmát. Az alvadás alatt a tejet nem szabad mozgatni, mert az alvadék megtörik, szilárdsága nem lesz megfelelő. A tej vegyes alvasztásakor oltóenzimet és tejsavat együttesen használnak. Az alvadás befejezését a kívánt alvadéksavfok (28–40 SH^o) elérése jelzi.

Az alvadék kidolgozásának célja a víztartalomnak a sajt jellegének megfelelő értékre való csökkentése, azaz az alvadék kiszáritása. Az alvadék kidolgozása három szakaszból áll: az elősajtolásból, az utómelegítésből és utósajtolásból, és egyes esetekben az alvadék mosásából. A legtöbb sajtfeleség gyártásakor az elősajtolás az alvadék felvágásából, aprításából, keveréséből és szükség szerinti pihentetésből áll. Amikor az alvadék a megfelelő szilárdságot elérte, megkezdik az alvadék felvágását, majd további szilárdulás esetén aprítását.

Az elősajtolás két alapvető szabálya, hogy az alvadékokat egyforma darabokra kell vágni és egyenletes nagyságúra aprítani, valamint az, hogy eleinte az alvadékkal kíméletesen kell bánni, majd egyre erőteljesebben aprítani. Az elősajtolás előrehaladtával az alvadékrögök zsugorodása következtében a savó mennyisége mind több lesz az alvadékrögök térfogatához viszonyítva, ezért az alvadékrögök egyenletes és erőteljes keverése céljából a savó egy részét el kell távolítani.

Az utómelegítés célja az alvadékrögök további szilárdítása, szárítása. Ezt a folyamatot az alvadék állandó keverése közben kell végrehajtani oly módon, hogy a savó hőmérséklete ötpercenként 1–2 °C-kal emelkedjék. Az utósajtolás célja az alvadékrögök kívánt mértékű kiszáritása, szilárdítása és a sajtfeleségekre előírt savfok-emelkedés elérése. Egyes sajtfeleségeknél az alvadék kidolgozásának még egy szakasza van, az alvadék mosása. Mossák az alvadékokat az úgynevezett mosott sajtok készítésekor az enyhe íz, a képlékeny tészta és a gyorsabb érés elérése céljából. A mosást az utómelegítéssel együtt végzik úgy, hogy megfelelő hőmérsékletű melegvíz hozzáadásával melegítik fel a savót az utómelegítés hőmérsékletére.

Néhány sajtfeleségnél a kidolgozott alvadékokat különleges kezelésnek vetik alá. A kezelés célja a sajtfeleség sajátos jellegének kialakítása. A fontosabb kezelési eljárások a gyúrás, a cseddározás, a darálás és a mártásos hőkezelés. A gyúrás alkalmával az alvadékrögök elegyengetésével a csomókat roncsolásmentesen szétválasztják, a kiszivárgó savót pedig elfolyatják. A cseddározás az a művelet, melynek során a kidolgozott alvadékokat 5,0–5,2 pH eléréséig savanyítják. A keletkező tejsav a parakazein-molekulák közül kioldja a kalciumhidakat, és így a gumyszerű, nyers alvadék a cseddározás hatására bársonyos tapintásúvá, képlékennyé, éretté válik. Néhány sajtfeleség esetében darálással az alvadék felületét megnövelik. Az ezt követő mártásos hőkezelés célja a sajtanyagban lévő mikrobák 70–80%-ának elölése, tevékenységük erőteljes csökkentése, az alvadék gélállapotból szolállapotba való vitele, peptizálása. A peptizált, meglágyult sajtanyag tézstaszerűen gyúrható, nyújtható, formálható, majd a lehűlés után ismét gélszerkezetet vesz fel.

A kidolgozás befejezése után az alvadékokat formázzák. Az alvadék formázásának célja a sajt jellegzetes méretének és alakjának biztosítása. A röglyukas sajtok alvadékának formázását úgy végzik, hogy az alvadékrögök levegővel érintkezve felületileg lehűljenek, ezzel csökkenjen a tapadóképeségük. Az alvadékokat lehet formába merni, csurgatószalagos eljárással formázni, vagy a formázást forgódobos savóelválasztóval végezni.

Az erjedési lyukas és a zárt tésztájú sajtok alvadékának formázásakor arra kell ügyelni, hogy a formázáskor az alvadékrögök le ne hűljenek, melegen kerüljenek a formába, és ezáltal hézagmentesen tapadjanak össze. Aszerint, hogy kemény vagy lágy sajtot, nagy- vagy kisméretű sajtot készítenek, különböző formázási módszerekkel dolgoznak. A nagy korong alakú ementáli sajtok alvadékát leeresztéses eljárással formázzák. A szögletes ementáli sajtot, továbbá a korong és szögletes alakú, erjedési lyukas félkemény sajtok alvadékát nagy tömbben savó alatt 30–60 percig előprésselve formázzák. A kisméretű lágysajtok alvadékát a kádból leeresztve csurgatószalaggal választják el a savótól, és juttatják el a formázó- és adagolóberendezésbe.

Az alvadék formázását a sajt préselése követi. Néhány lágysajtfeleség gyártásakor csupán önpréselést alkalmazunk, amikor is az alvadékrögök súlyuknál fogva egymást préselik. A félkemény és keménysajtok esetében azonban meghatározott présnyomás szükséges az alvadékrögök tömörítéséhez. A sajtok préselésének célja az alvadékrögökből kiszivárgó savó eltávolítása a sajtból, az alvadékrögök tömörítése, deformálása, a sajt sima felületének kialakítása és a kéregképződés megindítása. A préselést addig kell folytatni, míg a sajt száraz tapintású lesz. A félkemény sajtokat 6–8 óráig, a kemény sajtokat 20–22 óráig préseljük. A préseléshez különböző szerkezetű sajtpréseket használnak, melyek közül jelentősebbek a pneumatikus asztal-, illetve alagútprések.

A préselés után következik a sajtok sózása. A sózás célja a sajtkeg kialakítása, további vízelvonás a sajtból, és végül a sajt megfelelő sós ízének biztosítása. A sajtok sózása a diffúzió és az ozmózisra alapszik. A sajtokat megfelelő töménységű konyhasóoldatba helyezve, a sófürdőből só diffundál a sajtba. (Egyes sajtfeleségeknél az alvadékot sózzák meg.) A sózás után a sajtok a sófelvétel hatására kissé megduzzadnak. A sózóból kikerülő sajtokat rövidebb-hosszabb ideig szikkasztják, majd lemérik. A sózás előtti és utáni méréskülönbség adja a sózási veszteséget.

A sózás után kapott nyers sajt vagy zöldsajt még íztelen, nehezen emészthető anyag, amelyben csak rövidebb-hosszabb idejű érés alatt mennek végbe azok a bonyolult folyamatok, amelyek a sajt jellegét alakítják. Technológiai szempontból a sajtok érlelését három szakaszra osztják. Előérleléskor a tejsavbaktériumoké a főszerep. A tejsavas erjedést követően megindul a fehérjék bomlása és a lyukképződés, mely e szakasz végére a félkemény sajtoknál is befejeződik. A főérés időszakára a fehérjebontás a jellemző, amikor is polipeptidok, peptidok, aminosavak és ammónia képződik. Megindul az aromaanyagok képződése és a kemény sajtokban ekkor alakulnak ki a lyukak. Az utóérés vagy finomérés alatt a hosszabb érlelésű félkemény sajtok, de különösen a kemény sajtok íz- és zamatanyagai képződnek.

A sajtok éréséhez megfelelő feltételeket: hőmérsékletet, páratartalmat és levegőt kell biztosítani. Az érlelési hőmérséklet sajtfeleségenként különböző, de általánosságban 6–26 °C között változik.

A levegő relatív páratartalma sajtfeleségenként szintén különböző. Általában a kemény sajtokat alacsonyabb, a lágysajtokat magasabb relatív páratartalom mellett érlelik. A hőmérséklet és a páratartalom mellett gondoskodni kell az érlelő levegő cseréjéről. Különösen a penésszel érő sajtoknál fontos a naponkénti többszöri levegőcsere.

Az érlelés alatt a sajtokat rendszeresen kezelni kell. A kezelés általában kéregkezelésből és forgatásból áll. Az érlelés elején a sajtok gyakoribb (naponkénti) kezelést igényelnek, az érlelés végén pedig már hetenkénti, kéthetenkénti kezelés is elégséges. A kezelés általában sós savóval vagy sós vízzel való kenegetést, áttörést, puha kefével történő lemosást, kaparást, tisztítást jelent. A kezeléson kívül a sajtokat az érlelés ideje alatt rendszeresen forgatni kell, amivel meg lehet akadályozni a sajtok deformálódását és az állvánnyal érintkező részük kipállását. A

sajtokat az érlelés után tárolják, csomagolják, majd a különböző sajtféleségeknek megfelelő szabványos kiserelésben szállítják a fogyasztókhoz.

Újabban a sajtok érlelését – néhány kéregflórával érő sajt kivételével (Lajta, Moson megyei csemege-sajt, camembert) – műanyag fóliában végzik, amikor sem a levegő páratartalmát nem kell szabályozni, sem kéregkezelést nem kell alkalmazni.

A sajtgyártás műveletei és folyamatai között feltétlenül meg kell említeni az ömlesztett sajt gyártását. Az ömlesztett sajt olyan sajt-készítmény, amelyet egy vagy több sajtféleségből állítanak elő emulgeálóanyag, hő és mechanikai megmunkálás révén. Egyes ömlesztett sajtféleségekhez az élvezeti és a biológiai érték javítására adalékanyagokat is kevernek. Az ömlesztés során a mechanikai behatás, a hőkezelés és az ömlesztősó együttes hatására az oldhatatlan parakazein-gél szol állapotba megy át, vagyis a parakazein peptizálódik. A hűtés hatására fellépő szerkezetképző-erők ismét gél állapotúvá alakítják a sajt szerkezetét, ez a gél szerkezet azonban fizikai-kémiai szempontból homogénebb, mint az eredeti.

1.10. Túrókészítés

Az étkezési túrót három különböző zsírtartalommal készítik. A sovány túró gyártásához legfeljebb 0,1%-ra, a félszíros túró készítéséhez 1,1–1,3%-ra, a zsíros túróéhoz pedig 1,8–2,0%-ra állítják be a tej zsírtartalmát. A zsírbeállítást a fölözött tej és a homogénezett tejszín keverésével végzik. A 20% zsírtartalmú tejszín 70 °C-on 80–100 bar nyomáson homogénezik, a tejet pedig 73–75 °C-on pasztörözik. A nagyobb pasztörözési hőmérséklet jobb eltarthatóságot és nagyobb kitermelést eredményez. A hagyományos technológia alkalmazásakor az alvasztási hőmérsékletre hűtött tejet a túrókészítő kádba vezetik, a rövidített technológia esetén pedig a 10–13 °C hőmérsékletű tejet 0,2–1,0% vajkultúrával beoltják, és 9–11 SH^o-ra érlelik. Ezután hőcserélőn az alvasztási hőfokra melegítve szivattyúzzák a túrókészítő kádba.

A hagyományos eljárás mellett a 20–24 °C hőmérsékletű tejhez annyi vajkultúrát adnak, hogy az alvadék 10–15 óra után 30–35 SH^o-ra savanyodjon. Rövidített idejű gyártáskor a 30–35 °C-os tejet 4–5% vajkultúrával savanyítják 36–38 SH^o-ra öt óra alatt. A kellően savanyodott alvadékat óvatosan aprítják és kavarják. Az alvadék felvágása után 25–30 perccel megkezdik az utómelegítést úgy, hogy a hőmérséklet 3–4 perc alatt 1 °C-ot emelkedjen. A hagyományos eljárásnál 32–36, rövidített gyártáskor 46–48 °C az utómelegítés hőfoka. Az alvadék kellő megszilárdulása és a savó leszívása után 5 °C-ra hűtött savóval az alvadékat, a túlsavanyosodás elkerülése végett, 20–25 °C-ra lehűtik.

A túrókádból gravitációs úton vagy pneumatikus alvadékszállító berendezéssel juttatják az alvadék-savó keveréket a csurgatóba. A csurgatás túrócsurgató kocsiban, sajtpréselőben vagy csurgatódobban végezhető. A túrócsurgató kocsiban a bélelő műanyaghálo időnkénti mozgatásával segítik elő a savólecsurgást, és szükség szerint préselik is a túrót. A sajtpréselőben való csurgatáskor is szükséges a túró préselése. A túrócsurgató dob lassú forgatása közben 10–15 perc alatt eltávozik a felesleges savó mennyiség. A túró előhűtését is a dobban végzik. A túrót csomagolás után a lehető legrövidebb idő alatt 4–6 °C-ra hűtik.

1.11. Tartósított termékek gyártása

A tartósított termékek tejből, tejszínből hősterilizációval, vízelvonással vagy ezek együttes alkalmazásával előállított, megfelelő csomagolásban szobahőmérsékleten hosszabb ideig (2–24 hónap) eltartható termékek.

1.11.1. A tejpör gyártása

A tejpör olyan tartósított tejtermék, amelyet víz elvonásával teljes tejből, részben fölözött vagy sovány tejből állítanak elő, az alapanyag alkotórészeit a víz kivételével eredeti arányban tartalmazza, és szobahőmérsékleten minőségromlás nélkül hosszabb ideig is eltartható. Összetételétől függően megkülönböztetünk teljes és sovány tejpört. A tejpörgyártás fő elvében a vízelvonás és a hőkezelés együttes alkalmazásával végzett tartósítási eljárás. A tartósítást a hőkezelés csírapusztító és enzimaktiváló hatása, de döntően a vízelvonás mikrobák élettevékenységét gátló hatása biztosítja. A szárítás módjától függően porlasztva szárított és hengerszártított tejpört különböztetünk meg egymástól.

A tejpör színe jellegzetesen csontfehér, sárgásfehér. Kívánatos, hogy a tejpör ne tartalmazzon túlszártított barna vagy fekete színű, pörkölt–égett szemcséket. Állománya porszerű, szaga a hőkezelt tejre jellemző, kellemes, idegen szagtól (fülledt, dohos, kozmás, avas, faggyús) mentes legyen. Íze enyhén édeskés, hőkezelt tejre emlékeztető, kellemes ízű, idegen íztől mentes. Az újraoldott tejpörben az összes lúgkötő anyagok mennyisége 5,6–7,4 SH^o között van. Jellemezhető még a tejpör az oldhatósággal (a feloldott, illetve nem oldódott részek mennyiségének arányával), a nedvesedőképességgel, a süllyedőképességgel, a diszpergálóképességgel, a térfogattömeggel és a fajlagos térfogattal.

1.11.1.1. A tejpör gyártása porlasztva szárítással

A nyers tej előtárolása után a tejet előmelegítik, tisztítják, majd a tej zsírtartalmát olyan értékre állítják be, hogy a tejpör szabványban előírt zsírtartalma biztosítva legyen. A zsírtartalom beállítása után következik a tej hőkezelése, melynek célja a pasztörözési követelmények maradéktalan kielégítése, a felhasználási céloknak megfelelő tejpörtulajdonságok és a funkcionális tulajdonságok kialakítása. A tejpör csak pasztörözött tejből gyártható. A hőkezelés mértékét közvetett módon, a hőkezelés hatására denaturálódott, illetve denaturálatlan savófehérje mennyisége alapján jellemzik és mg nitrogén/g tejpör értékkel fejezik ki, amit savófehérje-nitrogén indexnek hívnak. A kíméletesen hőkezelt tejpör index legalább 6,00, a közepesen hőkezelté 1,51–5,99, az erősen hőkezelté pedig legfeljebb 1,50.

A hőkezelés után következik a tej bepárlása, mely három szakaszból áll:

- a víz elvonása hőkezeléssel,
- a sűrítmény elválasztása a páráktól,
- a párák kondenzálása.

A kapott 45–50% szárazanyag-tartalmú tejsűrítményt homogénezik, majd porlasztva megszártítják. A szárítási folyamat négy szakaszban zajlik le:

- a szárítandó anyag (a sűrítmény) porlasztása, cseppképzés, permetképzés,
- a cseppköd keverése a szárító levegővel,
- a szárított por leválasztása a szárítólevegőtől.

A szárítókamrából távozó levegőből leválasztott tejpör hőmérséklete 60–80 °C. A tejporszemcsék felületén adszorbeálódott nagy páratartalmú szárítólevegőből a

tejport leválasztják, majd a sovány tejport 25–30 °C-ra azonnal lehűtik. A hűtéshez alacsony relatív páratartalmú, 15 °C-os levegőt használnak. A tejpor csomagolása előtt rendszerint szükséges a tejporsilóban való eltárolás. Mivel a tárolt por hajlandó az összecsomósodásra, ezért a port, mechanikus vagy pneumatikus módszerrel, folyamatosan lassú mozgásban kell tartani.

1.11.1.2. A tejpor gyártása hengeres szárítással

A tejsűrítményt vagy tejet fűtött hengerek külső felületén kontakt hőközléssel szárítják. Hengerszárításkor a száradó anyag hőmérséklete 110–130 °C között mozog. A szárazanyag-tartalom emelkedése a fehérjék hőérzékenységének fokozódását és az anyag hőmérsékletének növekedését idézi elő. Ezek együttes hatása nagymértékű fehérjedenaturálódáshoz vezet, amely a biológiai érték csökkenésében, és a tejpor oldhatóságának romlásában nyilvánul meg. A lizin hasznosíthatósága csökken, és a tejpor oldhatósági indexe a porlasztva szárítással gyártott sovány tejporéhoz viszonyítva lényegesen rosszabb.

A tejjparban általában a kéthengeres és a légköri nyomáson üzemelő hengeres szárítókat alkalmazzák. A tejsűrítményt a folyadékelosztón keresztül az egymással szembe forgó fűtött hengerek közé vezetik. A hengerek felületén 50–150 µm tejfilm alakul ki, amely a hengerek kb. háromnegyed fordulata alatt megszárad. A szárításkor keletkező vízpárát légárammal távolítják el. Az összefüggő száraz tejfilmet a hengerek felületéről kaparókésekkel távolítják el, levegővel hűtik, porrá őrlik, osztályozzák, majd csomagolják.

A tej előkezelésére az előző fejezetekben leírtak az irányadók. A tejet általában 85–90 °C hőmérsékleten 3–5 perc hőntartással kezelik, hogy kialakuljon a hengerszárítás alatt a tej megfelelő hőstabilitása. A tejet a hengerszárításhoz 40–45% szárazanyag-tartalomra sűrítik. A szárítás hőmérséklete általában 120–140 °C. Ennek folytán a tejpor minőségét a szárítás sebessége határozza meg, ami érdemben a henger felületén kialakított filmréteg vastagságától függ. A filmréteg vastagsága a hengerek kerületi sebességétől, a henger felületének hőmérsékletétől és a sűrítmény szárazanyag-tartalmától függ. A száraz tejfilm hőmérséklete a leválasztás pillanatában 100 °C fölött van, és felületén a nagy nedvességtartalmú levegő adszorbeálódott. A tejport levegő aláfúvatással való porhűtéssel gyorsan lehűtik, a nagy páratartalmú levegőt pedig elvezetik. A megfelelő szemcseméretet, a porszerű állományt a száraz tejfilm őrlésével és szitálással alakítják ki, majd a port csomagolják.

1.11.2. Sűrített tej gyártása

A sűrített tejnek két változata ismeretes: a steril sűrített tej és a cukrozott sűrített tej. A steril sűrített tej pasztörözött teljes tejből részleges vízelvonással és hősterilizációval készített tartósított termék. A cukrozott sűrített tej pasztörözött tejből vagy pasztörözött főlözött tejből részleges vízelvonással és répacukor megfelelő arányú felhasználásával készített termék. A konzerváló hatást a steril sűrített tejnél döntően a hősterilizáció csírapusztító és enzimaktiváló hatása, a cukrozott tejnél emellett még a részleges vízelvonás és a répacukor hozzáadása következtében megnövekedett ozmózisnyomás, illetve vízakaktivitás csökkenés biztosítja. A steril sűrített tej és a cukrozott sűrített tej átlagos összetételét a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat.

A steril sűritett tej és a cukrozott sűritett tej átlagos összetétele

Alkotórész	A sűritett tej összetétele, %			
	steril 7,5% zsírtartalmú		cukrozott tejjes sovány	
Szárazanyag	26,0	33,3	72,6	71,0
Zsír	7,7	10,3	7,7	0,2
Fehérje	7,0	8,9	8,1	10,0
Ásványi anyag	1,5	1,6	1,8	2,3
Tejcukor	9,8	12,5	11,2	14,6
Répacukor	-	-	43,8	43,9

1.12. A tejfeldolgozás melléktermékei és azok hasznosítása

A tejtermékek gyártásakor különböző melléktermékek is keletkeznek. A vajgyártás mellékterméke a fölözött tej és az író, a sajt- és a túrógyártás mellékterméke pedig a savó. A melléktermékek az emberi és az állati táplálkozásban igen fontos nyersanyagok, felhasználásukkal a veszteségek számottevően csökkenthetők, és emellett környezetvédelmi szempontok is indokolják feldolgozásukat. A tejipari melléktermékek átlagos összetételét a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat.

A tejipari melléktermékek átlagos összetétele

Alkotórész	Sovány tej	Író (%)		Savó (%)	
		édes	savanyú	édes	savanyú
Szárazanyag-tartalom	8,8	9,2	8,7	6,5	6,0
Zsír	0,05	0,4	0,3	0,4	0,3
Fehérje	3,4	3,4	3,4	0,7	0,7
Tejcukor	4,6	4,6	3,6	4,8	3,5
Ásványi anyag	0,8	0,8	0,8	0,6	0,7
Tejsav	-	-	0,7	-	0,8

A táblázatban szerepelő tejipari melléktermékek közül a sovány tej a zsíron, a zsírban oldódó vitaminokon, valamint egyes színezőanyagokon kívül a tej valamennyi alkotórészét tartalmazza, ezért nem is tekinthető tulajdonképpen mellékterméknek. A sovány tej három fő területen hasznosítható:

- az emberi táplálkozásban,
- állati takarmányozásban, és az
- iparban kazein gyártására.

Az író élelmiszerként és takarmányozási célra hasznosítható. Eredeti formájában pasztőrözve, hűtve, csomagolva értékesítik. A hazai írófogyasztás csekély, így hasznosításának ez a módja nem számottevő. A tejiparban a sajt és túrókészítéshez, de főként sovány tejjel keverve friss fogyasztásra alkalmas túró gyártására használják. Takarmányként elsősorban sertések számára hasznos. Ilyen jellegű felhasználása a takarmányárak rohamos emelkedésével napjainkban egyre inkább előtérbe kerül. Porított alakban keveréktakarmányokban 20–30%-ban helyettesítheti

a sovány tejport. Az írópor gyártása elvében megegyezik a tejporéval. Az írópor átlagosan 34,5% fehérjét, 5,0% zsírt, 48,5% tejcukrot, 8,0% ásványi anyagot és 4% vizet tartalmaz. Savfoka 4–6 SH°.

A túró és a sajtgyártás melléktermékeként igen jelentős mennyiségű savó keletkezik. Mivel a savó mintegy 6,5% szárazanyag-tartalma főként tejcukorból és az ebből képződött tejsavból, valamint kb. 1% fehérjéből, 0,2–0,5% zsírból és ásványi anyagból áll, hasznosítására gondot kell fordítani. Annál inkább fontos ez, mert a savó a szennyvíz tisztíthatóságát nagymértékben rontja. Régen a savót a háztartásokban kenyér dagasztásához és kelt tésztafélék készítéséhez használták. Melegítéssel kinyerték a savófehérjéket, és azt vagy frissen fogyasztották, vagy főzési célokra használták. Mivel kedvező étrendi hatásával elősegíti egyéb takarmányok jó értékesülését, ezért a savót túlnyomóan takarmányozásra használták, elsősorban hússertésekkel és baromfiakkal itatták, vagy darával keverve etették. Idősebb süldőkkel vagy tenyészsertésekkel naponta 10 liter körüli mennyiség etethető meg.

Fentiekén kívül a savó feldolgozására – különösen az utóbbi két évtizedben – számos módszert dolgoztak ki. Ezek közül a legfontosabbak a következők:

- savóitalok és savókészítmények gyártása,
- savópor gyártása és
- savófehérje koncentrátumok gyártása.

A savóitalok három csoportba oszthatók:

- oltós savóval készített italok, ahol a savó a sovány tejet helyettesíti,
- savanyú alkoholmentes üdítőitalok,
- erjesztett savóitalok, savósör, savókefir.

A savóitalok készítésének legnagyobb problémája a jellegzetes savó íz kiküszöbölése. Ezt vagy a savó erős savanyításával, illetve erjesztésével és a savóban lévő ásványi anyagok kicsapásával, vagy a savó szénsavval való telítésével lehet elérni.

A savó porítása a savóértékesítés és hasznosítás lehetőségeit is kiterjesztette. A savópor különféle takarmányok, élelmiszerek, tápszerek és gyógyszerek ma már nélkülözhetetlen alap- és segédanyaga. A takarmányipar tejpótló tápokban használja, de kiterjedten alkalmazza az élelmiszer-ipar több ága (tej-, sütő- és édesipar) is. A savópor pasztörözött savóból vízelvonással készülő termék, melynek víztartalma legfeljebb 5%, zsírtartalma pedig nem lehet több 1,25%-nál. A savóféleségektől függően édes és savanyú savóport különböztetnek meg. A közönséges savópor gyártásának folyamata lényegében azonos a porlasztva szárított tejpor gyártásáéval. Hibája ennek az eljárásnak az, hogy a közönséges savópor erősen higroszkópos, csomósodásra hajlamos. A por kedvezőtlen tulajdonságai a savtartalom növekedésével fokozódnak, ezért a közönséges savópor kizárólag édes savóból készíthető.

Ha a gyártás folyamán a tejcukor minél nagyobb hányadát irányított kristályosítással nem higroszkópos α -laktóz monohidrát kristályokká alakítják át, a savópor nem lesz higroszkópos. A nem higroszkópos savóport a sűrítmény kristályosodásával vagy kétlépcsős szárítással gyártják. A savót fölözik, pasztörözik, besűrítik, majd a 45–50% szárazanyag-tartalmú sűrítményt kristályosítják és porlasztva 85%

szárazanyag-tartalomra előszárítják. Az előszárított savóport a tejcukor utókristályosítása céljából állni hagyják, majd 96–98% szárazanyag-tartalomra utószárítják. Az így előállított termék már nem nedvszívó tulajdonságú, jól tárolható.

Fentiekén kívül előállítanak még a savóból különféle savófehérje-koncentrátumokat is, melyek nagy fehérjetartalmú és meghatározott funkcionális tulajdonságokkal rendelkező, általában tartósított termékek, amelyek savóból a fehérjék teljes vagy részleges elkülönítésével és vízelvonással készülnek. Funkcionális tulajdonságaiknál fogva (vízkötő képesség, zsíremulgeáló képesség, habzási tulajdonságok) alkalmasak élelmiszerek bizonyos minőségi jellemzőinek javítására. Nagy biológiai értékű fehérjetartalmuk révén felhasználhatók élelmiszerek fehérjekomplettálására. Kis kísérőanyag-tartalmuk tápszerek, diabetikus termékek, speciális fehérjetakarmányok előállítására teszik alkalmassá őket.

Mivel a savó szárazanyag-tartalmának túlnyomó részét a tejcukor alkotja, ezért kiválóan alkalmas annak előállítására. A tejcukor mind a gyógyszeriparnak, mind a tápszereziparnak fontos nyersanyaga, és mint táptalaj fontos alapanyaga az antibiotikumgyártásnak is. A tejcukorgyártás lényegében a fehérjementesített savónak a répacukorgyártás diffúziót követő műveleteivel azonos módon történik. Újabban a tejcukorgyártás alapanyagául az ultraszűréssel nyert sűrítmenyből kikristályosított tejcukrot is felhasználják.

2. A tej és tejtermékek fontosabb vizsgálati módszerei

2.1. Tejtermékek mintavételi módszerei

A tejtermékek mintavételi módszereiről a STAS 9535/1-74. sz. szabvány rendelkezik. A szabvány legfontosabb követelményeit – vázlatosan – az alábbiak tartalmazzák.

Mintavétel az a művelet, amellyel valamely termékből, azzal azonos összetételű, kisebb mennyiségű mintát különítünk el. A mintáknak reprezentatívnak kell lenniük, vagyis összetételükben pontosan meg kell egyezniük a megmintázott termékkel. Az ellenminta a mintával teljesen azonos összetételű, azonos módon vett minta, melyet a termék előállítójának vagy forgalmazójának adnak át. A mintavételt szakképzett mintavevő végzi legcélszerűbben úgy, hogy a mintázandó tételből a szabványban előírt mennyiségű eredeti csomagolású egységet vesz ki. Ha erre nincs lehetőség, akkor különböző mintavételi eszközök segítségével veszik a mintát. Árukészletből átlagmintát vesznek; egyforma csomagolású egységekből azonos mennyiséget, különböző csomagolásnál pedig mindegyikből arányosan. A minta mennyisége annyi legyen, hogy az összes előírt vizsgálatot el lehessen végezni, sőt ha kell, lehessen ismétetni.

2.1.1. Mintavétel folyékony tejtermékből

Mintavétel előtt a tejet alaposan meg kell keverni, mert a zsír sűrűsége kisebb, mint a tej egyéb alkotórészeié, és ezért állás közben a tej felszínén gyűlik össze. Ha a mintavétel kannából történik, akkor arányosan kell venni a mintát, az összekeverést pedig olyan edényben kell végezni, melyet előzetesen a mintázandó tejjel átöblítettek.

Nyitott tartályból a megfelelő nagyságú lapáttal végzett 25–30 keverés után vesznek több helyről legalább 1 liternyi mintát. Tankból 15–20 percnyi gépi keverés után úgy vesznek mintát, hogy a leeresztő csapon 5–10 liternyi mennyiségű tejet leengednek, és ebből veszik a mintát. Kiszertelt, raktárban tárolt tejből gyártástételenként legalább három különböző helyről vesznek mintát, és a három mintát összeöntve egy mintát készítenek. A folyékony, zsírdús tejtermék mintázásánál az eljárás hasonló a tejnél leírtakhoz, azzal a különbséggel, hogy a sűrű állomány miatt a keverések számát szükség szerint növelni kell, a gépi keverőt pedig legalább 15–20 percig járatják.

2.1.2. Mintavétel szilárd tejtermékből

A kartonos vaj és a köpülőből vett vaj esetében vajfúróval legalább három helyről kell mintát venni, és ezeket a részmintákat összekeverni. Folytonos vajgyártó gépen óránkénti gyakorisággal vesznek mintát, adagolt vajnál pedig a tétel elejéről, közepéről és a végéről vesznek 3-3 mintát, majd ezekből a tételekből egy mintát készítenek.

Hagyományos túró esetében gyártásonként kell túróskocsinként három helyről mintát venni, és ezeket összekeverve kell az átlagmintát elkészíteni. Folytonos túrógyártás esetén egy keverési egység három különböző helyéről veszik a mintát, amit egy mintává kevernek össze. Natúrsajtok és ömlesztett sajtok esetében a félkész és késztermékből a gyártástechnológiai utasításban előírt pontokon és mennyiségben kell mintát venni.

2.2. Az érzékszervi bírálat általános szempontjai

A tej- és tejtermékek érzékszervi bírálatának pontos leírása a STAS 6345-74. sz. szabványban található meg. A szabvány fontosabb megállapításai, illetve előírásai az alábbiak:

Az érzékszervi vizsgálat kiterjed a tej- és tejtermékek külsejének, állományának, szagának és ízének elbírálására. A termék külső tulajdonságait, állományát, kidolgozását megtekintés, tapintás, valamint különböző gyakorlati fogások (nyomás, hajlítás) útján állapítják meg. Az érzékszervi vizsgálatok közül a termék szag- és ízbírálata a legfontosabb, melyeket kizárólag érzékszervi úton végeznek. Ezen érzékszervi bírálatok általános szempontjait különböző szabványok tartalmazzák. Ezek szerint minden forgalomba kerülő tejből és tejtermékből mintát kell venni, és azt érzékszervi bírálat alá kell vetni. A bírálatot bizottság vagy olyan személy végezheti, akinek a tej és tejtermékek érzékszervi vizsgálatában megfelelő gyakorlata van.

Az érzékszervi bírálathoz a terméket megfelelő módon elő kell készíteni (hőmérséklet, csomagolás). A vizsgálat előtt a vizsgálóknak célszerű szájukat tiszta vízzel vagy kevés konyhasót tartalmazó vízzel kiöblíteni. A külső megtekintés után az állomány bírálata következik, amit folyékony terméknel kevergetés, rázogató és kóstolás útján végzik. Vaj és túróféleségeknél a kenhetőséget, a tapadást és a keménységet egy kanállal történő nyomogatással elemzik, omlékony vagy rágós voltát kóstolással bírálják el. Egyes termékeknél vizsgálják az üledéket és az oldhatóságot is.

A tej, az ízesített, valamint savanyú tejkészítményeknél a szagot legcélszerűbben úgy állapítják meg, hogy az edényben lévő termékeket körkörös mozgatóval felkavarják, majd megszagolják. Ízlelésnél megfelelő mennyiségű tejterméket veszek a szájba mert fontos, hogy a termék a szájban mindenüvé eljusson. Szükség esetén a terméket többször is meg kell kóstolni. Az ízlelés érzékenységének felfrissítésére a száját langyos, tiszta vízzel vagy enyhén savanykás borral kell időközönként kiöblíteni.

Az érzékszervi bírálatot követi a pontozásos minősítés, melyet az egyes termékekre kidolgozott bírálati útmutató, illetve szabvány alapján végeznek. Az egyes tulajdonságokra adható pontszámokat – maximálisan 20 – a bírálati lapokra fel kell írni, és ide kell a termék tulajdonságaira jellemző feljegyzéseket is felvezetni. Ha valamely termék minősége eléri ugyan a termékszabványban előírt minimális értéket, de a szagra és ízre megkövetelt pontszáma a minimálisnál is kevesebb, akkor az a termék minőségileg kifogásolt, letiltásra kerül.

2.3. A tej tisztaságának vizsgálata

A tisztasági próbával (STAS 6346-75) a tej fizikai értelemben vett tisztaságát mérjük szűrőkészülékkel. A készüléket minden vizsgálat előtt el kell öblíteni, majd össze kell szerelni. A zárógyűrűbe először a lyukacsos fémkorongot, ezt követően a szűrőbetétet, majd a gumigyűrűt helyezük rá, és a tölcsérbe csavarjuk. A tölcsérbe öntött 2,5 deciliter tej kétharmadának lefolyása után az egyik ujjunkkal befogjuk a tölcséren lévő légnyílást, majd 3–4 pumpanyomással átnyomjuk a tejet. Az átnyomás után először az ujjunkat vesszük el a légnyílástól, és csak azután engedjük el a pumpát. Ezt követően a szűrőbetétet kivesszük a készülékből, majd fehér csempére

téve a táblázat segítségével azonnal elbíráljuk. Első osztályú a tejminta, ha a szűrőpapíron folt nem látható.

2.4. A tej sűrűségének meghatározása

A tej és a folyékony tejtermék sűrűségét hőmérővel ellátott laktodenziméterrel mérjük és laktodenziméter-fokban (Ld°) kifejezve adjuk meg (STAS 6347-73). A tej sűrűsége az egységnyi térfogatú 15°C hőmérsékletű tej tömege.

A vizsgálat előtt a mintát óvatos összerázással, keveréssel vagy egyik edényből a másikba való többszöri átöntögetéssel egyenlősítjük, majd hőmérsékletét 10 és 20°C közé állítjuk be. A mintát lehetőleg habmentesen üveg- vagy fémhengerbe töltjük, és a laktodenzimétert a hengerben lévő folyadékba süllyesztjük, majd függőlegesen tengelye körül néhányszor megforgatva eltávolítjuk a felületére tapadt légbuborékokat. A mozdulatlan laktodenziméter beosztásos mércéjén a folyadékmeniszkusz felső szélénél az egész Ld -fokokat közvetlenül, a tizedeket pedig becslés útján olvassuk le ügyelve arra, hogy a laktodenziméter és az üveghenger függőlegesen álljon, és hogy a laktodenziméter ne tapadjon a hengerhez.

A Ld° -ok a 15°C hőmérsékletű tej sűrűségének második és harmadik tizedesét jelzik. Ha a hőmérséklet ettől eltérő, akkor a leolvasott értéket számítás útján helyesbítjük oly módon, hogy ahány $^{\circ}\text{C}$ -kal melegebb a folyadék, mint 15°C , annyiszor $0,2 Ld^{\circ}$ -ot adunk hozzá, illetve ahány $^{\circ}\text{C}$ -kal hidegebb, annyiszor $0,2 Ld^{\circ}$ -ot vonunk le a leolvasott értékből. A két párhuzamos mérés között megengedhető legnagyobb eltérés $0,5 Ld^{\circ}$. A tej sűrűségét piknométerrel is meg lehet határozni. A piknométerbe töltött azonos térfogatú 15°C hőmérsékletű tej, illetve folyékony tejtermék és a desztillált víz tömegének hányadosa egyenlő a tej, illetve tejtermék sűrűségével.

2.5. A tej szárazanyag-tartalmának meghatározása

A tej szárazanyag-tartalmán (STAS 6344-68) a termék $102\pm 2^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten tömegállandóságig történő szárításával nyert maradékát értjük grammban kifejezve, 100 g termékre vonatkoztatva. A szárazanyag-tartalom meghatározást homokkal vagy homok nélkül lehet végezni.

A homok nélkül végzett vizsgálatnál a mérőedényt $102\pm 2^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten legalább egy órán keresztül szárítjuk, majd exsikkátorban lehűtve analitikai mérlegén mérjük. Ezután a mérőedénybe gyorsan bemérünk 3 g tejet, és egyenletesen eloszlatjuk, majd 10 – 15 percen keresztül forrásban lévő vízfürdőn tartjuk. A bepárolt tejet $102\pm 2^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű szárítószekrényben egy órán keresztül szárítjuk, majd exsikkátorban lehűtjük és mérjük. A szárítást, hűtést óránként annyiszor ismételjük meg, míg az egymás után következő mérések közötti tömegkülönbség legfeljebb $0,0005$ g lesz. Amennyiben a szárítás ismétlésekor a tömeg nő, úgy végső értéként a legkisebb tömeget fogadjuk el.

A homokkal végzett szárításnál a mérőedénybe kb. 30 g homokot teszünk, üvegpálcával együtt $102\pm 2^{\circ}\text{C}$ -on fél órán át szárítjuk, majd exsikkátorban lehűtve analitikai mérlegén mérjük. Ezután a mérőedénybe 10 g tejet mérünk be, és üvegpálcával a homokot és a tejet óvatosan összekeverjük. Az edényt vízfürdőn végzett 10 – 15 perces előszárítás után – vagy a bemérés és összekeverés után

közvetlenül – a szárítószekrénybe tesszük, és 102 ± 2 °C hőmérsékleten 1 órán keresztül szárítjuk, majd exszikkátorban való lehűlés után mérjük. A szárítást, a hűtést és a mérést egy óránként annyiszor ismételjük, míg az egymás után következő mérések közötti tömegkülönbség legfeljebb 0,0005 g nem lesz. Amennyiben a szárítás ismétlésekor a tömeg nő, úgy a végső értéként a legkisebb tömeget fogadjuk el.

Az előzőekben leírtak szerint meghatározott szárazanyag-tartalomból a zsírmentes szárazanyag-tartalmat megkapjuk, ha abból a minta zsírtartalmát levonjuk. Pl. 100 g tej szárazanyag-tartalma 12,96 g, zsírtartalma 3,85 g, akkor a tej zsírmentes szárazanyag-tartalma 9,11 g/100 g. A tej zsírmentes szárazanyag-tartalmát ki lehet számítani – tájékoztató jelleggel – a tej sűrűsége és zsírtartalma alapján is.

2.6. A tej zsírtartalmának meghatározása

2.6.1. A RÖSE-GOTTLIEB-féle zsírmeghatározás (döntő módszer)

Ennél a módszernél zsírtartalmon a termékből az adott módszerrel extrahált anyag grammban kifejezett tömegét értjük 100 gramm termékre vonatkoztatva. A módszer szerint a tej- és tejkészítmények fehérjéit ammónium-hidroxidban oldjuk, és az alkohollal összerázott oldatból a zsírt etil-éterrel és petroléterrel kivonjuk, majd az oldószerek eltávolítása után tömegét mérjük.

A $20\text{--}30$ °C hőmérsékletűre beállított egyenlősített mintából 10–11 g-ot 0,0001 g pontossággal extrakciós edénybe mérünk. Hozzáadunk $1,5\text{ cm}^3$ 25%-os ammónium-hidroxid-oldatot, és az extrakciós edény tartalmát jól összekeverjük. Ezután az oldathoz hozzáadunk 10 cm^3 etil-alkoholt és a nyitott extrakciós edényben az oldatot óvatosan, körkörös mozdattal alaposan összekeverjük, majd hozzáadunk 25 cm^3 dietil-étert, az extrakciós edényt lezárjuk, 60 másodpercen keresztül erőteljesen rázzuk és közben többször megforgatjuk. Ezután hozzáadunk 25 cm^3 petrolétert úgy, hogy a dugót és az extrakciós edény belső falát is leöblítjük. Az extrakciós edényt dugóval ismételtelen lezárjuk, és 30 másodpercen keresztül rázzuk, majd legalább 4 órán át állni hagyjuk, míg a felső folyadékréteg kitisztul, és teljesen elválik a vizes rétegtől. Az oldószeres folyadékrétegből lehetőleg veszteség nélkül minél nagyobb mennyiséget dekantálunk egy előzetesen 30–60 percig szárítószekrényben szárított és pontosan lemért $100\text{--}250\text{ cm}^3$ -es ERLÉNMEYER-lombikba. Ezután a vizes fázis extrakcióját kétszer 30 cm^3 oldószereleggyel megismételjük, ügyelve a szerves fázisok veszteség nélküli összegyűjtésére. A lombikban lévő oldószert elpárologtatjuk, ha már oldószerszag nem érezhető a lombikot 60 percen keresztül 102 ± 2 °C hőmérsékletű szárítószekrényben oldalára fektetve melegítjük, exszikkátorban szobahőmérsékletűre hűtjük, majd tömegét 0,0001 g pontossággal mérjük. A szárítást és az ismételt mérést addig végezzük, míg a tömeg már nem csökken. Ha a tömeg nőni kezd, a legkisebb értéket fogadjuk el.

A zsírmeghatározással egy időben vakpróbát is kell végezni 10 cm^3 desztillált vízzel, azonos mennyiségű vegyszerek és eljárás alkalmazásával. Ha a vakpróba eredménye 0,0005 g-nál nagyobb, a vegyszerek tisztaságát felül kell vizsgálni.

2.6.2. A GERBER-féle zsírmeghatározás

Zsírtartalmon a termékből az adott módszer szerint meghatározott anyag grammban kifejezett tömegét értjük 100 g, illetve 100 cm^3 termékre vonatkoztatva. A módszer szerint a tej és az ízesített tejkészítmények fehérjéit a GERBER-butirométerbe

előzetesen bemért kénsavban amilalkohol jelenlétében feloldjuk, és a centrifugálással elkülönített zsír térfogatát a butirométer skálarészén közvetlenül leolvassuk.

A GERBER-butirométerbe savpipettával, buktatóval vagy automata adagolóval 10 cm^3 tejavizsgálati kénsavat mérünk be, melynek sűrűsége $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on mérve $1,812\text{--}1,820\text{ g/cm}^3$. A kénsav fölé tejpipettával óvatosan $10,84\text{ cm}^3$ tejet rétegezzük, a pipettát a butirométer falához érintve, a tejet lassan a kénsavra engedve. Ezután 1 cm^3 tejavizsgálati amilalkoholt mérünk be pipettával vagy adagolóval, majd ezt követően a butirométert bedugjuk, törés vagy a dugó kilazulása ellen megfelelően védve mind addig rázzuk és forgatjuk, míg tartalma alaposan összekeveredik, és a fehérje teljesen feloldódik. Ezt követően a butirométert centrifugába helyezük, 5 percig centrifugáljuk, majd dugóval lefelé $65\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű vízfürdőbe helyezük legalább 3, de legfeljebb 10 percre úgy, hogy a zsíroszlop teljesen a víz alá kerüljön. A zsírszázalékot úgy olvassuk le, hogy a zsíroszlop alsó, egyenes határvonalát a dugó le vagy felfelé mozgatásával egész osztásrészre állítjuk, ezzel egyidejűleg a zsíroszlop felső görbületének legmélyebb pontjára eső osztást leolvassuk. A két leolvasás különbsége adja meg a minta zsírtartalmát 100 cm^3 tejre vonatkoztatva grammokban.

Homogénezett vagy ultrapasztörözött tej esetében háromszor 5 percig kell centrifugálni oly módon, hogy az első, második és harmadik centrifugálás után a butirométereket 10-10 percre $65\text{ }^\circ\text{C}$ -os vízfürdőbe állítjuk és leolvassuk. A homogénezett minta tényleges zsírtartalmaként a leolvasások közül a legmagasabb értékűt fogadjuk el. Fölözött tej esetében a centrifugálást szintén meg kell ismételni.

2.6.3. A zsíros tejpor peroxidszámának és a savszámának meghatározása

A zsírok tárolása során bekövetkező minőségi romlást okozó elváltozásokat gyűjtőnéven avasodásnak hívjuk. Ez lehet egyszerű hidrolízis vagy oxidatív avasodás. A hidrolíziskor keletkező szabad zsírsavak lúgot kötnek meg, ezen alapul a zsírok (olajok) savszámának meghatározása.

A telítetlen zsírsavak kettős kötéseik igen reakcióképesek, különösen a többszörösen telítetlen olajok hajlamosak oxidatív avasodásra, peroxidok, majd aldehidek, ketonok képzésére. Az erélyes oxidáló hatású peroxid a kálium-jodid-oldatból jódot szabadít fel, és ennek jodometriás titrálásán alapul a peroxidszám meghatározása.

A peroxidszám, illetve a savszám meghatározásához a zsírkinyerést a tejporból a következők szerint végezzük. A vizsgált anyag zsírtartalmának függvényében $200\text{--}300\text{ g}$ mintát teszünk egy kb. 5 cm belső átmérőjű és 1 m hosszú üvegcsőbe, folyamatosan annyi petrolétert öntünk rá, hogy a lecsepegő zsíroldat térfogata $150\text{--}200\text{ cm}^3$ legyen. A másfél óra alatt általában letisztult oldatot zsírlombikba öntjük át, majd a petrolétert a zsírról az oldat felhabzásáig ledesztilláljuk. A petroléteres zsíroldat felhabzása után a desztillálást befejezzük. A lehűlt petroléteres zsíroldat használjuk a további vizsgálathoz, amelynek zsírtartalmát a következők szerint határozzuk meg.

A száraz, 1 mg pontossággal lemért csiszolt fedelű bemérőedénybe 1 cm^3 -t pipettázunk a vizsgált petroléteres oldatból, és egy órára $100\text{ }^\circ\text{C}$ -os

szárítószekrénybe tesszük. Lehűlés után mérjük az együttes tömeget, amelynek segítségével az 1 cm³-es petroléteres zsíroldat zsírtartalma számítható.

A peroxidszám meghatározása

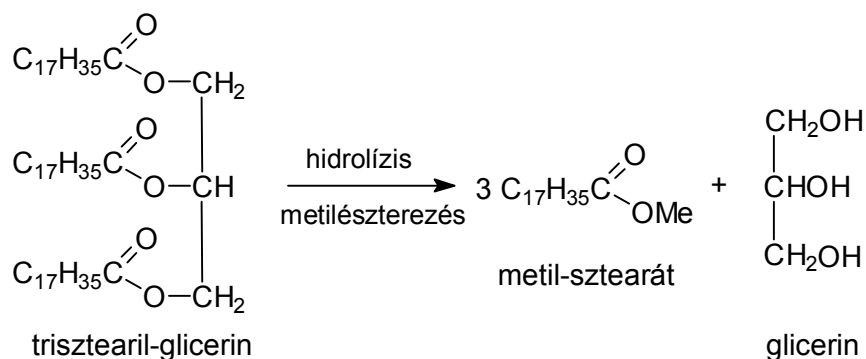
A petroléteres zsíroldatból osztott pipettával 2 cm³-t pipetázunk 250–300 cm³-es jódszám lombikba, hozzáadunk 20 cm³ ecetsav-kloroform 2:1 arányú elegyét, és 2 g porított kálium-jodidot, majd ötpercnyi állás után vízfürdőn forrásig melegítjük (amíg a légbuborékok a felszín 2/3-át be nem borítják). Ezután hideg vízben gyorsan hűtjük, és már hűtés közben 25 cm³ 1%-os kálium-jodid-oldatot adagolunk hozzá. 1 cm³ keményítőindikátor-oldat jelenlétében a kivált jódot 0,01 M Na₂S₂O₃-mérőoldattal erős rázogatózás közben megtitráljuk. A peroxidszámot számítjuk, és cm³/1000 g egységben adjuk meg.

A savszám meghatározása

Az előzőekben ismertetett módon kapott petroléteres zsíroldatból beosztásos pipettával 1 cm³-t mérünk be egy 250–300 cm³-es ERLLENMEYER-lombikba, majd hozzáadjuk a 10 cm³ dietiléter–alkohol 1:1 arányú elegyét. Az oldathoz 2–3 csepp 1%-os fenolftaleinindikátor-oldatot adunk, és 0,1 M-os etil-alkoholos KOH mérőoldattal megtitráljuk. A savszámot számítjuk, és mg/g- (mg KOH/1 g zsír) egységben adjuk meg.

2.6.4. A tejszír zsírsav-összetételének meghatározása gázkromatográfián

A módszer alkalmas a tej, a vaj és az egyéb növényi és állati zsíradékok zsírsav-összetételének meghatározására. Gázkromatográfiás módszerrel elsősorban azok a komponensek vizsgálhatók, amelyek illékonyak vagy 300 °C-ig illékonyá tehetők. A triacil-glicerinek ennek a követelménynek nem felelnek meg, és alkalmatlanok erre a szabad, hosszú láncú zsírsavak is. Ezeknél a triacil-glicerinek észterkötésének hidrolízise után szabaddá váló zsírsavakból zsírsav-metilésztereket szintetizálunk, majd a kapott vegyületet vizsgáljuk gázkromatográfián. A hidrolízis, illetve az észterezés folyamatait az 1. ábra mutatja be.



1. ábra. A triglicerid hidrolízisének, illetve észterezésének folyamata

A meghatározás során 0,2 g tejszírnak megfelelő mennyiségű anyagot feloldunk 2 cm³ n-heptánban, és víztelenítés céljából kevés kiizzított nátrium-szulfátot adunk hozzá. A víztelenített heptános oldatból 0,5 cm³-t fiolába pipetázunk, és hozzáadunk 0,5 cm³ nátrium-metilát reagenst, majd 60 °C-on, egy órán át melegítjük, 10 percenként összerázzuk. Ezt követően hozzáadunk 1 cm³ n-heptánt és 1 cm³ desztillált vizet, majd 1–2 percig rázzuk. A reagens feleslegének eltávolítása után a felső szerves fázisból injektálunk a gázkromatográfba. A kapott kromatográfiás

csúcsok alatti területek a zsírsav-metilészterek mennyiségével arányosak. Az eredményeket ennek megfelelően a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában adjuk meg.

2.6.5. A tej és tejtermékek illózsírsav-tartalmának meghatározása gázkromatográfiásan

Az illózsírsavak mennyiségét gázkromatográfiás eljárással határozzák meg. Ennek első lépésében 100 g mintát mérünk egy 1000 cm³-es mérőlombikba, ráöntünk 900 cm³ desztillált vizet, egy napot állni hagyjuk, időnként összerázzuk. A szűrletből 4 cm³-t centrifugacsőbe mérünk, hozzáadunk 0,2 cm³ foszforsavat, és 8000 g-n 10 percig centrifugáljuk. A felúszót leöntjük, és ebből injektálunk 1 µl-t a gázkromatográfba. Az illózsírsavak elválasztása 120 °C-on, 2 m-es töltött oszlopon történik, ahol az álló fázis kovaföld hordozóra felvitt szilikonolaj.

2.6.6. Antioxidánsok (BHT) meghatározása vajból

A butil-hidroxi-toluol (BHT) alacsony forráspontja miatt könnyen gáz állapotúvá alakítható, ezért gázkromatográfiás módszerrel meghatározható. Az eljárás során az antioxidánstartalmú vizsgálandó anyagból oldatot készítünk, amelyet közvetlenül injektálunk a gázkromatográfba. A gázkromatográfiás elválasztás viszonylag magas hőmérsékletén (200–300 °C) mind az oldat, mind az oldott anyagok gáz állapotúvá válnak, és megfelelően megválasztott gázkromatográfiás oszlopon szétválaszthatók.

A vizsgálati eljárás során a vajból 100 mg vizsgálati anyagot oldunk 10 cm³ hexánban, és az így elkészített oldatból 1 µl-t injektálunk a gázkromatográfba. A BHT csúcsának beazonosítása után az eredményt, felhasználva azt, hogy a mérések során a BHT mennyiségével arányos területű kromatográfiás csúcsot kapunk, számítjuk. A BHT-tartalmat mg/kg-ban adjuk meg.

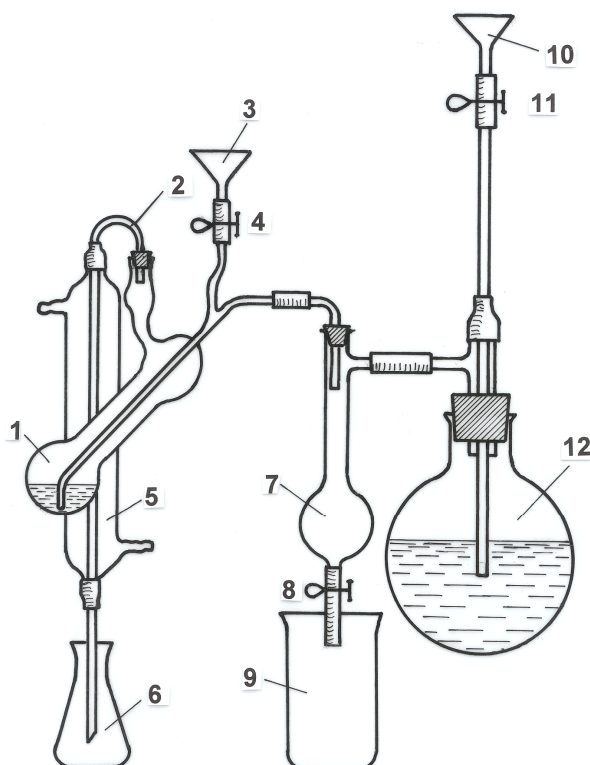
2.7. A tej fehérjetartalmának és a tejfehérje aminosav-összetételének meghatározása

2.7.1. A tej fehérjetartalmának meghatározása KJELDAHL-módszerrel

A tej nitrogéntartalmú anyagait a szerves vegyületekben kötött nitrogénnek ammónia nitrogénné való átalakítására katalizátor jelenlétében kénsavval roncsoljuk, az ammóniát lúggal felszabadítjuk, vízgőzzel savba átdestilláljuk, titráljuk, majd a nitrogéntartalmat 6,38-as konverziós faktorról szorozva megkapjuk a tej összesfehérje-tartalmát.

A KJELDAHL-lombikba néhány szem üveggyöngyöt, 9–10 g kálium-szulfátot, 0,05 g réz(II)-szulfátot és 0,001 g pontossággal bemért szobahőmérsékletű, egyenlősített 4–5 g tejet mérünk be. Hozzáadunk 20 cm³ tömény kénsavat, és a lombik tartalmát lassú forgatással összekeverjük, majd roncsolóállványon a habzás megszűnéséig óvatosan hevítjük. Ezután a folyadékot kitisztulásig forraljuk, majd ezután következik egy másfél órás utóforralás. A lombik tartalmát szobahőmérsékletűre hűtjük, hozzáadunk 140–150 cm³ desztillált vizet, összerázzuk, és ismét hűlni hagyjuk. ERLÉNMEYER-lombikba bemérünk 50 cm³ bórsavoldatot (40 g bórsav 1000 cm³ desztillált vízben), 4 csepp keverékindikátor I-t (0,2 g metilvöröst és 0,2 g metilénkéket 50-50 cm³ 94–97%-os etil-alkoholban feloldunk és összeöntünk), vagy 10 csepp keverékindikátor II-t (brómkrezolöldet és 0,017 g metilvöröst 50-50 cm³ etil-alkoholban oldjuk és összeöntjük), majd úgy helyezük a hűtő alá, hogy a hűtő

vége a bórsavoldat felszíne alá merüljön. A KJELDAHL-lombikot a SHULEK-WASTAGH-féle desztilláló készülékhez csatlakoztatjuk, hozzáadunk 80 cm^3 30%-os nátrium-hidroxiid-oldatot, majd forraljuk. A desztillálást legalább 20 percig kell végezni, majd a bórsavas lombikot leeresztve a desztillálást még két percig folytatjuk, és a kivezető csövet desztillált vízzel leöblítjük. A desztillátumot 0,1 M sósavoldattal színátcsapásig titráljuk. Az ammónia felszabadítható PARNASS–WAGNER-készülékben (2. ábra), vagy házilag összeszerelt vízgőzdesztillálóval is. A minta fehérjetartalmának meghatározásával egy időben a vegyszerek ellenőrzésére vakpróbát végzünk úgy, hogy tej helyett 5 cm^3 desztillált vizet mérünk be. A minta nitrogéntartalmát (N) 100 g tejre vonatkozóan grammban adjuk meg.



2. ábra. A PARNAS-féle ammóniadesztilláló készülék

(1. desztillálólombik, 2. kvarccső csatlakozás, 3. tölcsér, 4. szorítócsap, 5. vízhűtőköpeny, 6. gyűjtőpohár, 7. kondenzvízgyűjtő, 8. szorítócsap, 9. gyűjtőpohár, 10. tölcsér, 11. csap, 12. gőzfejlesztő lombik)

Az összesfehérje-tartalmat (F) 100 g tejre vonatkoztatva grammban a következő képlettel lehet kiszámolni:

$$F = N \cdot 6,38$$

ahol: N = az összes nitrogéntartalom (g),

6,38 = a tejfehérje átlagos nitrogéntartalma alapján számított faktor.

2.7.2. Fehérjetartalom meghatározás spektrofotometriás módszerekkel

2.7.2.1. Ultraibolya spektrofotometriás módszerek

A legtöbb fehérjének a 280 nm hullámhosszon az ultraibolya tartományban fényelnyelési maximuma van, amely a fehérjék tirozin-, fenilalanin- és triptofántartalmára vezethető vissza. Különböző fehérjék aromás aminosav-tartalma viszonylag szűk határok között változik, ezért ezek fényelnyelése felhasználható a

fehérje mennyiségének meghatározására. A módszer előnye a rendkívüli érzékenység, továbbá az, hogy reagens nélkül lehet végezni a meghatározást.

2.7.2.2. Spektrofotometriás módszerek a látható fény tartományban

A fehérjék színreakciója valójában az őket felépítő aminosavak színreakcióira vezethető vissza. A fehérjék kimutatására használható színreakciók közül csak kevés használható mennyiségi analízis céljaira. A legfontosabbak a biuret-reakció és a FOLIN–CIOCALTEU-féle fenolreagenssel történő színreakciók.

2.7.2.2.1. Biuret-módszer

A biuret-reakció során lúgos közegben a Cu^{2+} -ion négy peptid-nitrogénhez kapcsolódik. Az ibolyaszínű rézkomplexnek a látható fény tartományban, az 540–560 nm között van abszorpciós maximuma, de mérhető a rézkomplex a közeli ibolyántúli tartományban is 310 nm-en.

2.7.2.2.2. LOWRY-módszer

A biokémiai analitikában a legelterjedtebb fehérjemeghatározás a LOWRY–(FOLIN–LOWRY)-féle eljárás, melynek alapja a fehérje biuret-reakciója alkalikus közegben Cu^{2+} -ionnal és a FOLIN–CIOCALTEU-féle foszformolibdén–foszfor-wolfrámsav redukciója heteropoli-molibdénkékké, a fehérjekötésben lévő aromás aminosavak rézion katalizálta oxidációja közben. A meghatározás során mérjük az oldat abszorpcióját 750 nm-en akkor, ha a fehérjekoncentráció $500 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ alatt, vagy 550 nm-en akkor, ha a fehérjekoncentráció $100\text{--}2000 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ között volt. A méréseket a hitelesítő görbe lineáris tartományában végezzük.

2.7.3. Fehérjetartalom meghatározás festékkötéssel

A fehérjemolekula savanyú és bázisos csoportjai megfelelő kísérleti körülmények között a festék disszociált csoportjaival (legtöbbször szulfonsav csoportokkal) reakcióba lépnek, és velük oldhatatlan, színes csapadékot képeznek. A festékkötés mértékéből a fehérje mennyiségére lehet következtetni, ezért a módszer megfelelő körülmények biztosításával mennyiségi meghatározássá fejleszthető. A szerves festékek közül előszeretettel alkalmazták fehérje meghatározására az amidofekete 10B festéket ($\text{C}_{22}\text{H}_{14}\text{N}_6\text{O}_9\text{S}_2\text{Na}_2$), mely savanyú közegben jól kötődik a fehérjéhez, melynek alapján a fehérje mennyisége meghatározható.

2.7.3.1. BRADFORD-módszer

A BRADFORD-módszer a coomassie kék G 250 festék és a fehérje közötti reakción alapul. Ez a módszer egyszerűbb, gyorsabb és érzékenyebb, mint a LOWRY-módszer, ráadásul nem zavarják a minta előállítása során használt reagensok és az NPN anyagok sem. A fehérjék mennyiségi meghatározását a kékszínű, negatív töltésű festékekkel lehet elvégezni, melynek során a fényelnyelést 590 nm-en végzik. A festék az arginil- és lizil-oldalláncokhoz kötődik, mely a különböző fehérjék esetén az aminosav-tartalom függvényében különböző lehet.

2.7.4. A tejfehérje aminosav-összetételének meghatározása

2.7.4.1. Az aminosavak meghatározása ioncserés oszlopkromatográfiával

A tejfehérje aminosav-összetételét a fehérje hidrolízise után, az ioncserés oszlopkromatográfia elvén működő, automatikus aminosav-analizátorral, oszlop utáni származékképzéssel, a folyadékkromatográfia elvén működő, nagyhatékonyságú

folyadékromatográfiával, oszlop előtti származékképzéssel és fotometriásan határozhatjuk meg.

A vizsgálati anyag előkészítése

Folyékony minta esetében (tej, kefir, joghurt) turmixgépben, szilárd minta esetében darálóval olyan homogenitást, illetve aprítottságot kell elérni, hogy az aminosav-analízishez felhasznált mintamennyiség (10–100 mg) az egész vizsgált anyagot jól reprezentálja.

A minta hidrolízise, a hidrolizátum előkészítése analízisre

A fehérjék aminosav-összetételének megállapításához a polipeptidláncot alkotó aminosavakat a kötéseikből hidrolízissel fel kell szabadítani. A gyakorlatban leginkább elterjedt 6 M-os sósavas hidrolízis rövid leírása: 10 cm³-es orvosi ampullába a nyersfehérje-tartalomtól függően bemérünk 10–50 mg megfelelően előkészített mintát, majd 5 cm³ 6 M-os, előzetesen nitrogénnel átbuborékolgatott sósavat adunk hozzá. Leforrasztás után 110 °C-on (± 2 °C) 24 órán át hidrolizáljuk, majd az ampulla tartalmát desztillált vízzel 50 vagy 100 cm³-es gömblombikba mossuk át, és rotációs gyorsbepárlón (N-atmoszférában) 50 °C-os vízfürdőt alkalmazva szárazra pároljuk. A sűrűn folyós desztillációs maradékot pH=2,2-es citrát-pufferben oldjuk fel, majd 25 cm³-es mérőlombikba töltjük, finom pórusú szűrőpapíron, esetleg zsugorított üvegszűrőn szűrjük. A kapott oldat, amely -25 °C alatt mélyhűtő pultban hónapokig tárolható, megfelelő hígítás után kész az aminosavak analízisére.

Az aminosavak szétválasztását nátrium formában lévő, divinil-benzollal 4%-ban térhálósított, szulfonált polisztirol műgyantán végezzük, növekvő pH-jú és növekvő nátriumion-koncentrációjú citrát-pufferrel segítségével. Az alkalmazott kromatografálási feltételek mellett (pufferösszetétel, hőmérséklet, áramlási sebesség) az aminosavak mindig ugyanolyan sorrendben eluálódnak az oszlopról, tehát elsőként mindig a legsavasabb aszparaginsav, utolsónak pedig a legbázikusabb arginin távozik.

Az aminosavak oldata színtelen, ezért a meghatározáshoz az aminosavakat színessé kell tenni. Az ioncserélő oszlopról távozó aminosavakat a keverőblokkban ninhidrinnel reagáltatva kékes, ibolyás-lilás színű vegyületet kapunk. Az aminosavakkal létrejött szín intenzitását átfolyó küvettás fotométerben, 570 nm-en mérjük, kivéve a prolint, amelyet 440 nm-en fotometrálunk, mert a prolin és a ninhidrin közti színreakció sárga színű vegyületet eredményez, amely vegyület fényelnyelési maximuma 440 nm.

A fotométer által érzékelt fényabszorpciót a kompenzográf regisztrálja, amelynek eredménye a kromatogram. A kromatogramon a csúcs helye mindig az aminosavra, a csúcs nagysága, illetve a csúcs alatti terület pedig az aminosav koncentrációjára jellemző.

2.7.4.2. A triptofántartalom meghatározása

A triptofántartalom meghatározása ioncserés oszlopkromatográfiásan és fotometriásan is történhet tej és tejtermékekből. A triptofánnal azért kell külön foglalkozni, mert a triptofán indolcsoportja savas hidrolízisnél (különösen nagy szénhidrát-tartalmú minták esetében) kvantitatíve elbomlik, ezért a triptofán

meghatározása során lúgos hidrolízist kell alkalmazni. A lúgos hidrolízis történhet bárium- vagy nátrium-hidroxiddal, amelyet követhet mind ioncserés oszlopkromatográfiás, mind a para-dimetil-amino-benzaldehiddel és nátrium-nitrittel képzett, kék színű termék koncentrációjának spektrofotometriás meghatározása 590 nm-en.

2.7.5. A tej karbamidtartalmának meghatározása

A tej és a tejpороk karbamidtartalmának meghatározása során a minta vizes kivonatához 4-dimetil-amino-benzaldehid-oldatot adunk, s a kialakuló sárga szín intenzitását spektrofotométeren, 440 nm hullámhosszon mérjük.

A vizsgált eljárás során elsőként karbamidkalibrációs sort készítünk. Ennek során lemérünk 1 g karbamidot 0,2 mg pontossággal, kb. 200 cm³ vízben feloldjuk, és 500 cm³-es normál lombikba töltjük, összerázzuk és desztillált vízzel jelre állítjuk. A karbamid törzsoldatból 2, 4, 6, 8, 10, 12 cm³-t mérünk 100 cm³-es normál lombikokba, desztillált vízzel jelre töltjük, elegyítjük. E kalibrálóoldatok 5 cm³-re 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0 és 1,2 mg karbamidot tartalmaznak. A minta vizes kivonatának elkészítése során lemérünk 2 g vizsgált anyagot 0,1 mg pontossággal, ha a várható karbamidtartalom 3% alatti, valamint 1 g vizsgált anyagot, ha a várható karbamidtartalom 3% felett van. 500 cm³-es STOHMANN-lombikba helyezzük, hozzáadunk 1 g aktív szenet, 250 cm³ desztillált vizet, 5 cm³ cink-acetát- és 5 cm³ kálium-[hexaciano-ferrát(II)]-oldatot. Rázógépen 30 percig rázatjuk, majd desztillált vízzel jelig töltjük, elegyítjük. Ülepedés után szűrjük, a várható karbamidtartalom függvényében a szűrletet hígítjuk úgy, hogy a vizes kivonat 100 cm³-re 10–20 mg karbamidot tartalmazzon.

A karbamidtartalom mérése során csiszolt dugós kémcsövekbe 5-5 cm³-t pipettázunk a karbamidkalibrációs sorból, a minta vizes kivonatának szűrletéből, valamint a vakmintából, hozzáadunk 5 cm³ 4-dimetil-amino-benzaldehid-oldatot. Alaposan összerázzuk, 10 percig állni hagyjuk, utána 440 nm hullámhosszon mérjük az abszorbanciát. Vakmintaként olyan oldatot használunk, amely a minta kivételével valamennyi felhasznált vegyszert tartalmazza.

2.8. A tej tejcukor-tartalmának meghatározása

2.8.1. SCHOORL-féle módszerrel

A tej redukáló tejcukor-tartalma arányos a SCHOORL által alkalmazott és módosított FEHLING-oldat réz(I)ion koncentrációjával, melyet a redukció után megmaradt réz(II)ionok jodometriásan meghatározott mennyiségéből cukorredukciós táblázat alapján számítunk ki.

A vizsgálandó anyag előkészítése során egy 200 cm³-es mérőlombikba bemérünk 20 cm³ tejet (0,5–1,5 g tejcukornak megfelelő mennyiséget), hozzáadunk 20 cm³ desztillált vizet, majd 10 cm³ 20%-os alumínium-szulfát-oldatot, és az ennek közömbösítéséhez szükséges 2 mólos nátrium-hidroxid-oldat kétszeresét. (Előzőleg közömbösítéssel megállapítjuk, hogy 10 cm³ alumínium-szulfát-oldat hány cm³ nátrium-hidroxidot fogyaszt). A lombik tartalmát desztillált vízzel jelig töltjük, összerázzuk, majd redős szűrőn szűrjük. Ezt követően 300 cm³-es Erlenmeyer-lombikba bepipettázunk 10 cm³ SCHOORL A-oldatot (69,28 g réz(II)-szulfátot feloldunk 1000 cm³ desztillált vízben) és 10 cm³ SCHOORL B-oldatot (346,0 g kálium-nátrium-tartarátot bemérünk egy 1000 cm³-es mérőlombikba, majd hozzáadunk 500 cm³

száraz lombikba vagy palackba átöntjük. Az egyenlősített tejből 50 cm^3 -t bemérünk egy titrálólombikba, és hozzáadunk 2 cm^3 fenolftaleinoldatot (2 g fenolftaleinindikátort 70%-os etil-alkoholban feloldunk és 100 cm^3 -re feltöltjük), elegyítjük és állandó rázogatás közben bürettából $0,25 \text{ mol/dm}^3$ nátrium-hidroxid-odattal a szín-összehasonlító etalon színével egyező rózsaszín színig titráljuk. A színátcsapási pH-érték (8,3) azonosításához a tej szín-összehasonlító etalonját úgy készítjük, hogy 150 cm^3 tejet 1 cm^3 5%-os kobalt-szulfát-oldattal összekeverünk. A szín-összehasonlító etalon három órán keresztül használható.

A megtitrált oldatnak 30 másodpercig meg kell tartani a színét. A titrálásra fogyott nátrium-hidroxid-oldat térfogatát $0,05 \text{ cm}^3$ pontossággal leolvassuk, majd a fogyásból a SOXHLET–HENKEL (SH^0) módszerrel vizsgált titrálható savasságot számítjuk.

2.9.2. A tej pH-jának meghatározása

A tej pH-ján az alábbi módszerrel meghatározott potenciálkülönbséget értjük pH-egységben kifejezve. A potenciálkülönbséget legalább 0,05 pH-egység érzékenységgű, üveg- és referenciaelektróddal vagy kombinált üvegelektroddal mérjük $20 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten. A mintát közvetlenül a vizsgálat előtt ismételt forgatással alaposan, de óvatosan összekeverjük úgy, hogy a nagyobb méretű habzást, vagy a zsír kiköprülödését elkerüljük. Ha a minta kiköprülödött zsírcsomókat tartalmaz, akkor a mintát vízfürdön $40 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletre felmelegítjük, és a kiköprülödött zsírcsomókat kevergetéssel egyenletesen szétoszlatjuk. Ezután a mintából $50\text{--}60 \text{ cm}^3$ tejet mérünk be egy főzőpohárba, és a pH-mérést $20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten a pH-mérő készülékhez tartozó utasításnak megfelelően, előzetesen kalibrált pH-mérővel elvégezzük, és a műszer skálájáról az értéket leolvassuk. Ha a kalibrálási hőmérséklet $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -tól eltér, akkor a leolvasott értéket a hőfokkorrekcióval pontosítjuk.

2.10. A tej és tejtermékek hamutartalmának, valamint makro- és mikroelem-tartalmának meghatározása

2.10.1. A hamutartalom meghatározása

A folyékony mintát jól összerázzuk, a szilárdat elődörzsöléssel vagy reszeléssel és keveréssel aprítjuk és egyneműsítjük. Bemérésig csiszoltdugós üvegben, hűtőszekrényben $4\text{--}5 \text{ }^\circ\text{C}$ -on tároljuk. Tejből 25 cm^3 -t, sűrített tejből és sajtból pedig 10 g -ot előre kiszárított és lemért platina- vagy kvarccsészébe mérünk. A tejet néhány csepp alkohollal keverve vízfürdön szárazra pároljuk, és szárítószekrényben előszárítjuk. A mintákat laboratóriumi főzőlapon óvatosan elszenesítjük, majd elektromos izzítókemencében $400 \text{ }^\circ\text{C}$ -on elhamvasztjuk. A hamut forró desztillált vízzel többször kilúgozzuk, a maradékot szűrjük, majd szűrőpapírral együtt a tégelybe visszatéve elhamvasztjuk, és $500 \text{ }^\circ\text{C}$ -on kiizzítjuk. Ha a tégely kihűlt, a kilúgozáskor kapott szűrletet hozzáöntjük az izzítási maradékhoz, vízfürdön szárazra pároljuk, és $130 \text{ }^\circ\text{C}$ -on tömegállandóságig szárítjuk. A mért maradék a hamu. Annak érdekében, hogy fehér hamut kapjunk, célszerű a tégelyt izzítás közben lehűteni, a hamut néhány csepp desztillált vízzel megnedvesíteni, vízfürdön beszárítani és így folytatni tovább az izzítást. Víz helyett néhány csepp hidrogén-peroxidot vagy ammónium-nitrát-oldatot is használhatunk.

2.10.2. Tejtermékek sótartalmának meghatározása

2.10.2.1. A szerves anyagok elroncsolásával

Tejtermékek nátrium-klorid-tartalmán az alábbi módszerrel meghatározott nátrium-klorid tömegét értjük grammban kifejezve 100 g termékre vonatkoztatva. A módszer

szerint a tejtermékek szerves anyagait kálium-permanganáttal és salétromsavval elroncsoljuk, és ezüst-nitrát mérőoldatos titrálással salétromsav-oldatban vas(III)-ammónium-szulfát indikátor jelenlétében titráljuk. A meghatározás menetét a sajt példáján mutatjuk be.

A sajt felületéről a kéregrészt 10 mm rétegvastagságig, kéregnélkülinél 2 mm-ig eltávolítjuk, a mintát sajtreszelőn megreszeljük, porcelán dörzscsészébe visszük, és kanállal egyenlősítjük. Ebből az anyagból 2 g-ot óraüvegre vagy mérőcsónakra 0,001 g pontossággal bemérünk, és egy állólombikba visszük. Hozzáadunk 25 cm³ 0,1 mol/dm³ ezüst-nitrát-oldatot, majd 25 cm³ 1,39–1,42 g/cm³ sűrűségű salétromsavat, és gondosan összekeverjük. A keveréket vegyifülke alatt forrásig melegítjük, és óvatosan hozzáadunk 10 cm³ telített kálium-permanganát-oldatot, és a reakcióelegyet enyhe forrásban tartjuk. Ha a keverék színét megváltoztatja, további 5–10 cm³ kálium-permanganát-oldatot adunk hozzá. A permanganát felesleg jelenléte azt jelzi, hogy a szerves anyag teljesen elroncsolódott. A feleslegben lévő kálium-permanganátot kevés oxálsav vagy glükóz 10%-os oldatának hozzáadásával lekötjük (a folyadékot elszíntelenítjük). Hozzáadunk 100 cm³ desztillált vizet és 2 cm³ telített vas(III)-ammónium-szulfát-oldatot, és gondosan összekeverjük. Az ezüst-nitrát felesleget ammónium-rodanid-oldattal addig titráljuk, amíg pirosas-barnás színt nem kapunk, és ez a szín 30 másodpercig meg is marad.

A vizsgálattal egy időben vakpróbát is végzünk 2 g sajt helyett 2 cm³ desztillált vízzel. A sajt nátrium-klorid-tartalmát 100 g termékre vonatkoztatva számítjuk.

2.10.2.2. A MOHR-féle tájékoztató módszerrel

A tejtermékből desztillált vizes forralással kioldjuk a kloridionokat, majd a vizes szuszpenzió enyhén lúgos szűrletében káliumkromát-indikátor jelenlétében ezüst-nitrát mérőoldatos titrálással határozzuk meg a kloridion mennyiségét.

Az előző pontban leírtak szerint előkészített mintából 5 g-ot 0,01 g pontossággal bemérünk egy dörzscsészébe és 20 cm³ desztillált vízzel fokozatosan eldörzsoljuk. A szuszpenziót 100 cm³-es főzőpohárba öntjük, és a dörzscsészéből a maradékot 30 cm³ vízzel hozzámoszuk. 10 percig üvegbottal kevergetve óvatosan forraljuk, majd maradéktalanul 100 cm³-es STIFT-lombikba öntjük. A főzőpoharat háromszor átöblítjük, az öblítővizet a STIFT-lombikban összegyűjtjük. A lombik tartalmát 20±1 °C-ra lehűtjük, majd desztillált vízzel jelig töltjük. A lombik tartalmát forgatással egyenlősítjük, majd redős szűrőpapíron átszűrjük. A szűrletből 25 cm³-t száraz, 100 cm³-es ERLNMEYER-lombikba mérünk, majd piros lakmuszpapírral ellenőrizve annyi kálium-hidrogén-karbonátot adunk hozzá, hogy az indikátorpapír éppen megkéküljön. A mérendő oldathoz 10 csepp 5%-os káliumkromát-indikátort adunk, és 0,1 mol/dm³ ezüst-nitrát-oldattal maradandó vörösbarna színeződésig titráljuk. A vizsgálattal együtt vakpróbát végzünk 5 g sajt helyett 5 cm³ desztillált vízzel. A sajt vagy egyéb tejtermék nátrium-klorid-tartalmát 100 g termékre vonatkoztatva számítjuk.

2.10.3. A tej foszfortartalmának meghatározása

A korábban ismertetett módszerrel előállított tejhamut savban feloldjuk, majd szűrjük. A savas szűrlet aliquot részét molibdovanadát-reagenssel hozzuk össze. A kialakult sárga szín extinkcióját spektrofotométerrel 430 nm hullámhossznál mérjük. A vizsgálathoz az alábbi vegyszerek szükségesek:

- Molibdo-vanadát-reagens (1000 cm³-es mérőlombikban összekeverünk 200 cm³ ammónium-molibdenát-, 200 cm³ ammónium-vanadát-oldatot és 134 cm³ 1,38–1,42 g/cm³ sűrűségű salétromsavat, desztillált vízzel jelig töltjük és összerázzuk).
- Ammónium-molibdenát-oldat (500 cm³ forró desztillált vízben feloldunk 100 g ammónium-molibdenátot, hozzáadunk 10 cm³ 25%-os ammónia-oldatot és 1000 cm³-re töltjük fel desztillált vízzel).
- Ammónium-vanadát-oldat (2,35 g ammónium-vanadátot feloldunk 400 cm³ forró desztillált vízben, majd folyamatos keverés közben hozzáadunk 20 cm³ salétromsav-oldatot (7 cm³ tömény salétromsav + 13 cm³ víz) és desztillált vízzel 1000 cm³-re töltjük fel).
- Foszfor standardoldat (4,3870 g szárított kálium-dihidrogén-foszfátot oldunk fel 1000 cm³ desztillált vízben. Az oldat 1 cm³-ében 1 mg foszfor van).

A savas törzsoldatból százszoros hígítást végzünk, majd a hígított anyagból 10 cm³-t (foszforkoncentrációja nem nagyobb mint 40 µg/cm³) egy kémcsőbe pipettázunk, 10 cm³ frissen készített molibdo-vanadát-reagenst adunk hozzá, és összerázzuk. 10 perces állás után 20 °C-on mérjük az oldat fényelnyelését spektrofotométeren 430 nm hullámhossznál vakoldattal szemben, amely 10 cm³ desztillált vízből és 10 cm³ frissen készített molibdo-vanadát-reagensből áll.

A méréshez a kalibrációs görbét a következők szerint készítjük el. Pipettázunk 0,5, 1, 2, 3, 4 cm³-eket a foszfor standardoldatból 100 cm³-es mérőlombikba, és töltjük fel jelig desztillált vízzel, majd rázzuk össze. Mindegyikből 10-10 cm³-t pipettázunk ki egy kémcsőbe, és adjuk hozzá 10 cm³ frissen készített molibdo-vanadát-reagenst. Rázzuk össze és hagyjuk állni 20 °C-on legalább 10 percig, majd mérjük meg a fényelnyelését 430 nm-nél. Készítsük el a kalibrációs görbét a kapott extinkcióértékek és a hozzájuk tartozó foszfortartalom függvényében. 5–40 µg/cm³ tartományban a görbe lineáris. A foszfortartalmat a kalibrációs görbe alapján határozzuk meg, és a hígításokat is figyelembe véve tömegszázalékban fejezzük ki. A vizsgálat pontossága 0,15%.

2.11. A tej aszkorbinsav-tartalmának meghatározása

A módszer az aszkorbinsav 2,6-diklór-fenol-indofenollal 2,5–3,5 pH-tartományban való oxidációján alapszik. Ebben a pH-tartományban a C-vitamin tartóssága a tejszérumban jobb, mint kevésbé savas pH-nál. A titrálás során a reagens kék színe pirosba csap át.

A meghatározás során 25 cm³ tejet pipettázunk 250 cm³-es ERLNMEYER-lombikba, majd 20 cm³ vizet adunk hozzá. Intenzív összekeverés után hozzámérünk 5 cm³ 20%-os szulfo-szalicilsav-oldatot, intenzíven összerázzuk, majd öt perc állás után redős szűrőpapíron szűrjük, amelynek során az első, zavaros cseppeket a szűrőre visszaöntjük. A tiszta szűrletből kiveszünk 20 cm³-t (amely megfelel 10 cm³ tejnek), fehér porcelántálba visszük, hozzáadunk 0,4 cm³ pH=2,8-ra beállított 50%-os Na-acetát-oldatot, majd állandó keverés mellett megíttráljuk a mikrobürettából folyó színezékkal addig, amíg az oldat enyhén piros színt vesz fel, és színét legalább 30 másodpercig megtartja. A szűrlet kimérése után a titrálást két perc időtartamon belül el kell végezni. Az oldatok beállítását az előző fejezetekben leírtak szerint végezzük. A tej aszkorbinsav-tartalmát számítjuk, figyelembe véve, hogy a titráláshoz felhasznált tejszérum 10 cm³ tejnek felel meg.

2.12. A tej fagyáspontjának meghatározása

A tej fagyáspontja állandó érték, de erőteljesen változik, ha a tejhez vizet adnak. A tej fagyáspontjának meghatározására legáltalánosabban használt eszköz a BECKMANN-krioszkóp. Ez a műszer egy fagyasztófürdőt tartalmazó üveghengerből, az ebbe belemerülő fagyasztócsőből, valamint a fagyasztócsőben elhelyezett BECKMANN-hőmérőből áll.

A megfelelően összeszerelt fagyasztócső oldalcsövén mintegy 30 cm³ – előzetesen egyenlősített – tejet mérünk be, majd az így előkészített fagyasztócsövet 10–15 percre jeges vízzel telt fürdőbe állítjuk. A készülék üveghengerét só–jég keverékkel megtöltjük, majd behelyezzük a fagyasztócsövet. A tejet platinakeverővel egyenletesen keverjük, majd mintegy 0,5 °C-kal a várható fagyáspont alá hűtjük. Ekkor a túlhűtés megszakítására az oldalcsövön át egy borsó nagyságú tej-jég darabkát csúsztatunk a túlhűlt tejbe, melynek hatására a hőmérő higanyszála fokozatosan emelkedni kezd. A hőmérő higanyszála csakhamar megáll, nyugalmi helyzetét nagyító segítségével pontosan leolvassuk. A fagyasztócsőben lévő tej felolvasztása után a próbát még kétszer ismételjük, és az első tájékoztató jellegű értéket figyelmen kívül hagyva, a további két mérés eredményének számtani középértékét jegyezzük fel. Ezután a leírtak szerint két vakpróbát végzünk desztillált vízzel, ugyanis a tej és a desztillált víz fagyáspontja közötti különbség adja a tej tényleges fagyáspontját °C-ban. Ha a tej megsavanyodik, akkor fagyáspontja csökken, ezért 7 SH^o-nál magasabb savfokú minta vizsgálata esetén, savfokonként 0,008 °C-ot vonunk le a leolvasott értékből.

A tej fagyáspontja -0,53 és -0,56 °C között változik. Ha a tej fagyáspontja -0,53 °C-nál nagyobb, akkor a tej vízzel hamisított. A tej fagyáspontjának vizezésekor bekövetkező változást az 5. táblázat mutatja.

5. táblázat.

A tej fagyáspontjának változása víz hozzáadására

A tej fagyáspontja, °C	Vizezés, %	A tej fagyáspontja, °C	Vizezés, %
-0,52	2	0,38	30
-0,49	8	0,35	35
-0,46	13	0,32	40
-0,43	19	0,30	45
-0,41	25	0,27	50

A fagyáspont meghatározásával általában 5% idegen víztartalom már kimutatható a tejben.

2.13. A tej tompítottságának meghatározása

A 8,2 pH-ra beállított tejből szintelen, átlátszó szérumot készítünk, és azt sósavval 3,5 pH-ig titráljuk. A fogyott sósav cm³-einek számából következtethetünk a tompítottság mértékére.

Az egyneműsített mintából 20 cm³ tejet 1 cm³ fenolftaleinindikátor jelenlétében 0,1 mólos nátrium-hidroxid-oldattal halványrózsaszín színig megtitrálunk. A megtitrált tejhez 4 cm³ 1,0750 g/cm³ sűrűségű kalcium-klorid-oldatot adunk, összekeverjük, majd ötperces állás után 25 cm³ acetont mérünk hozzá, ismét összekeverjük. 5–10

perc állás után redős szűrőpapíron szűrjük. A tiszta szűrletből 20 cm³-t egy színösszehasonlító hengerbe mérünk, ezt 30 cm³ desztillált vízzel hígítjuk, és 1 cm³ brómfenolkék-indikátort (0,04%-os alkoholos oldat) adunk hozzá. Ezután 0,1 mólos sósavval ugyancsak 1 cm³ brómfenolkék-indikátorral megfestett 50 cm³-nyi pufferoldat színéig titráljuk. A pufferoldatot 2,8885 g citromsav, 27,5 cm³ mólos nátrium-hidroxid, 18,25 cm³ koncentrált sósav, 180 cm³ 96%-os alkohol (vagy aceton) összekeverésével és desztillált vízzel 500 cm³-re való kiegészítésével állítjuk elő. Minden vizsgálatnál vakpróbát is készítünk, aminél a tej helyett desztillált vizet mérünk be, és a fentiek szerint járunk el. A tej tompítottságát a következő képlettel számítjuk ki:

$$T = 5 \cdot c - 2 \cdot a$$

ahol: T = a visszatompított savfok száma (SH^o),

c = a tejszérumhoz és a vakpróbához fogyott sósav mennyiségének különbsége (cm³),

a = a 20 cm³ tej közömbösítéséhez fogyott nátrium-hidroxid-oldat mennyisége (cm³).

2.14. Tej és tejtermékek hőkezelttségének megállapítása a *peroxidáz* és a *foszfatáz* enzim meghatározásával

2.14.1. A *peroxidáz* enzim kimutatása STORCH-féle próbával

A STORCH-féle próba 80 °C feletti vagy 75 °C hőmérsékleten 15 percnél huzamosabb ideig hőkezelt tej, illetve az ilyen tejből készült tejszín, savanyú tej és tejkészítmények, tehéntúró, gomolya, tejpor, írópor, valamint savópor esetén alkalmazható. A módszer lényege az, hogy a nyers vagy nem megfelelően hőkezelt tejben, vagy ilyen tejből készült termékben lévő *peroxidáz* enzim a hidrogén-peroxidot bontja, s a felszabaduló atomos oxigén a N,N-dietil-1,4-fenilén-diamin-hidrokloridot szürke, kékeszürke színű vegyületté oxidálja.

Ha a meghatározás során a minta a reagensekkel legalább 10 percig megtartja eredeti színét (sárgás-zöldes), tej esetében az ellenőrző mintával – a forralt tej – azonos színű marad, akkor *peroxidáz* enzim nem mutatható ki a mintából. Ha a kémcső tartalma néhány perc múlva szürkévé, kékes-szürkévé válik, vagy azonnal megkékül a *peroxidáz* enzim kimutatható. A vizsgált termékben a nehézfémek jelenléte is eredményezhet szürkés-kékes elszíneződést. Ennek eldöntésére az előkészített mintákat felforraljuk, majd szobahőmérsékletűre visszahűtve a vizsgálatot és az értékelést megismételjük. Nehézfém szennyeződés esetén a forralt minta is pozitív reakciót ad. Amennyiben nincs nehézfém szennyeződés és a vizsgálat pozitív reakciót eredményez, abban az esetben a vizsgált termék a hőkezeltet nem kapta meg.

2.14.2. A *foszfatáz* enzim meghatározása és kimutatása

2.14.2.1. A *foszfatáz* enzim mennyiségi meghatározása 2,6-dibrómkinon-klórimid–fenol-reakció segítségével

A *foszfatáz* enzim meghatározása a 80 °C alatti vagy a 75 °C feletti hőmérsékleten 35 másodpercnél rövidebb időtartamig, illetve 65 °C-on 30 percig hőkezelt tej, valamint az ilyen tejből készül tejpor, írópor és savópor esetén alkalmazható. A nyers vagy elégtelenül hőkezelt tej, illetve a nyers tejjel kevert pasztörözött tejben vagy ilyen tejből készült termékben lévő *foszfatáz* enzim a dinátrium-fenil-foszfatátot hidrolizálja. A hidrolízis során felszabaduló fenol a 2,6-dibrómkinon-klórimiddel kék színeződést ad, mely a szabad fenol mennyiségével arányos, és fotometriásan

mérhető. A *foszfatáz* enzim aktivitását 1 cm³ tej vagy visszaállított tej-, író-, savópor által felszabadított fenol µg-ban kifejezett tömegével adjuk meg.

A standardoldatok és a vakpróbák fényelnyelését 610 nm-en mérjük, majd ábrázoljuk a fényelnyelést a koncentráció függvényében. A fényelnyelésnek megfelelő fenolmennyiséget a kalibrációs görbéről leolvassva a *foszfatáz* aktivitást számítjuk.

2.14.2.2. A *foszfatáz* enzim kimutatása hidrogén-orto-krezolftalein-foszfatással

Nyers vagy elégtelenül hőkezelt tejben, vagy nyers tejjel kevert hőkezelt tejben vagy tejtermékben lévő *foszfatáz* enzim a hidrogén-orto-krezolftalein-foszfatából orto-krezolftaleint szabadít fel, ami lúggal lila–bíbor színeződést ad.

Gondosan egyenlősített mintából 5 cm³ tejet vagy tejterméket mérünk egy kémcsőbe és 0,2 cm³ *foszfatáz* reagenst adunk hozzá. Ha a kémcső tartalma megtartja eredeti színét, illetve az ellenőrző mintával azonos színű (forralt tej) lesz, akkor *foszfatáz* enzim a mintából nem mutatható ki. Ha a kémcső tartalma halványlila, lila vagy bíbor színűvé válik, a mintából *foszfatáz* enzim mutatható ki. Pozitív reakció esetén a vizsgált termék a megfelelő hőkezelést nem kapta meg.

2.15. A tej tőgygyulladás hatására megnövekedett sejttartalmának kimutatása

2.15.1. Mastitest próba

Az indirekt próbák, mint a mastitest próba is, a tejben lévő magvas sejtek (hámsejtek, leukociták) mennyiségi viszonyait jelzik. A reagens hatására ugyanis a sejtmagban lévő dezoxiribonukleinsav felszabadul, és ennek a nyálkás konzisztenciájú anyagnak a mennyiségétől függ a reakció mértéke. Az elbíráláshoz tudni kell, hogy 3–5 napon belül az ellést követően és a laktáció utolsó hónapjában nagyobb a tej hámsejttartalma, ezért az ilyenkor kapott egy- és kétkeresztes reakció fiziológiainak tekinthető.

A mastitest próbát az alábbiak szerint hajtjuk végre: A fogantyús fehér műanyagtálca 4 csészéjébe, melyek 2,5 cm magasak és 7,5 cm átmérőjűek, az első sugarak kifejezése után 2–3 cm³ tejet fejtünk, majd a tálcat 45 fokos szögben elfordítjuk, hogy a fölösleges tej kicsorogjon. Ezt követően mindegyik csészébe 2–3 cm³ mastitest-reagenst öntünk, és a tálca lassú kör alakú mozdításával a tejet a reagenssel összekeverjük. A tej és a reagens legmegfelelőbb aránya 1:1–1,5. Mivel a reagens hideg időben részben kicsapódik, ezért langyos vízbe állítjuk, hogy gyorsan feltisztuljon. A próba elbírálásának alapja az elegy állományának, konzisztenciájának és színének megváltozása.

A próba

negatív (–) = az elegy változatlan, szürkés-kék színű,

kétes (±) = kevés átmeneti nyálkás csomócska,

pozitív (+) = maradandó nyálkás csomók, pelyhek az elegyben,

pozitív (++) = gyorsan sűrűsödő, de még folyékony, kifejezett nyálkaképződés, gyakori a bíborlila szín,

pozitív (+++) = kocsonyaszerű, mozdítás után a csésze közepén csomókban összeálló elegy, mely rendszerint bíborlila.

Annak ellenére, hogy a próbát egytől négyig terjedő fokozatra osztották, a gyakorlati tapasztalatok szerint a +++ és a ++++ elkülönítése bizonytalan, és nincs is különös jelentősége. A mastitestben lévő indikátor a tej kémhatását is jelzi. A bíborlila vagy

bíborkék szín a lúgos, a sárga pedig a savanyú kémhatást (főcstej, illetve tejcukorbontó baktériumok jelenléte esetén) mutatja.

2.15.2. Whiteside próba

A szekréción zavarok esetén a tejben nagyobb számban található fehérvérsejtek sejtmagjában lévő nukleinsavak a nátrium-hidroxiddal sőt képeznek és kicsapódnak. A kicsapódás mértékéből lehet következtetni a tőgygyulladás, illetve szekréción zavar fokára.

A Whiteside próba során a frissen fejt tej 5 cseppjéhez 2 csepp 1 mólos nátrium-hidroxidot (hűtött tej esetén 1 cseppet) adunk és fekete üveglapon 20–30 másodpercig üvegbottal jól összekeverjük. Pozitív reakció esetén a nukleinsav nátriumsója kicsapódik.

A próba

- negatív (–) = a tej konzisztenciája nem változik meg,
- pozitív (+) = a búzadaránál nagyobb maradandó szemcsék kiválása,
- pozitív (++) = egyenletes nyálkakicsapódás,
- pozitív (+++) = egynemű nyálkás, nyúlós tömeg.

Mindkét ismertett próba alkalmas egyedi, kanna- és tanktejek vizsgálatára is. Elegytejek vizsgálatokor a felhígulás miatt a reakció mindig enyhébb, ezért az egykeresztes és kétkeresztes minták a tej csekélyebb értékére, élelmiszer-higiéniai szempontból pedig kóros voltára utalnak.

Az elegytej vizsgálata diagnosztikai célokra nem megfelelő, az állomány elegytejének vizsgálata viszont előnyös lehet olyan szempontból, hogy az egykeresztes reakció már jelzi a masztitist, a kétkeresztes reakció pedig már súlyos masztitishelyzetet mutat. Tehát pozitív elegyminta esetén újabb tőgygyedekénti minták vétele és vizsgálata szükséges az egyedenkénti masztitishelyzet felméréséhez.

2.16. Tej és tejtermékek mikrobiológiai vizsgálata

2.16.1. A tej összcsíraszámának meghatározása

A vizsgálat lényege, hogy a tejben lévő összes élő mikroorganizmust táptalajon kitenyésztjük, és a keletkezett telepek számát megszámlálva megállapítjuk a tej bakteriológiai minőségét.

A vizsgálandó anyagból a fertőzöttségnek megfelelően steril hígító folyadékkal 10-szeres, 100-szoros, 1000-szeres stb. hígításokat készítünk úgy, hogy minden egyes kémcsőbe 9 cm³ hígító folyadék és 1 cm³ vizsgálati anyag kerüljön. A hígító folyadék 1000 cm³-e 8,5 g konyhasót és 0,5 g peptont tartalmaz. A minta előkészítése, hígítása és az összcsíraszám-meghatározás folyamán is tökéletesen steril körülményeket kell biztosítani. A minta előkészítését és a vizsgálatot a mintavétel után azonnal, de legkésőbb 16 órán belül el kell kezdeni. A mintákat a feldolgozásig 1–5 °C hőmérsékleten kell tárolni. A meghatározás első lépéseként a tej és tejtermék különböző hígításaiból 1 cm³-t petricsészébe mérünk, és a táptalajjal elkeverve lemezöntést végzünk. A vizsgálathoz szükséges táptalajt vásárolhatjuk, vagy magunk is előállíthatjuk a STAS 6349/3-80. szabvány receptúrái alapján. A lemezöntés során 1 cm³ vizsgálati anyagra 12–15 cm³ felolvasztott és 45–47 °C hőmérsékletűre hűtött táptalajt öntünk, és körkörös mozdítással elkeverjük.

A petricsészéket a táptalaj megdermedése után felületükkel lefelé fordítva 30 ± 1 °C hőmérsékleten 72 óráig tenyésztjük. A telepeket ezután másfélszeres nagyítóval leszámoljuk. Csak azok a petricsészék értékelhetők, amelyen a telepszám 30–300 közé esik. A lemezeken kifejlődött telepek számából és a hígítás mértékéből kiszámítjuk az 1 g-ra vagy az 1 cm³-re vonatkoztatott összes mikrobaszámot úgy, hogy a leolvasott telepek számát szorozzuk a hígítás mértékével. Ha pl. 1000-szeres hígításnál 28 telepet számoltunk meg, akkor az 1 cm³ vagy 1 g termék összcsíraszama 28000. Az eredményközlés formája pedig $2,8 \cdot 10^4/\text{cm}^3$ vagy g.

2.16.2. A feltételezetten koliform csírák kimutatása

A vizsgálatot a STAS 6349/4-80. számú szabványban előírt táptalajon végezzük. A vizsgálatok során az összcsíraszám meghatározásánál leírt módon hígítási sort készítünk, majd a folyékony és szilárd tejtermékek hígított mintáiból 0,1 cm³-nyi mennyiséget szélesztünk a táptalaj felületére (eltérés az összcsíraszámánál leírtaktól). A lemezeket 24, illetve 48 órán át 30 ± 1 °C, vagy 18–24 órán át 37 °C hőmérsékleten tenyésztjük.

A tenyésztés után kapott telepeket leszámoljuk, és a hígítás mértékével szorozzuk. Feltételezetten koliform pozitívnak minősítjük a laktózt savtermelés mellett bontó, a VRB-laktóz lemezen lilás vörös, a DRIGALSZKI-féle lemezen pedig határozottan sárga színű, legalább 2 mm átmérőjű telepeket. Ugyancsak feltételezetten koliformnak minősülnek a KLIMMER-féle lemezen a laktózt savtermeléssel bontó, sárga udvart képező, legalább 1,5–2 mm átmérőjű sárga színű telepek.

2.16.3. Élesztők, penészek kimutatása

A vizsgálatot a STAS 6349/6-80. számú szabványban előírtak szerint végezzük. A gondosan egyenlősített mintákból hígítási sorozatot készítünk, majd a vizsgálandó anyagot kb. 10–15 cm³, 40–50 °C hőmérsékletre hűtött maláta agarral körkörös mozgattal egyenlősítjük. A tenyésztést 72 órán át 20–24 °C hőmérsékleten végezzük. A tenyésztés után kifejlődött fehér vagy színes fonalakat képező telepeket penészgombaként, a gyöngyházfényűeket élesztőként számoljuk le, és az eredményt a minta 1 cm³-ére vonatkoztatjuk úgy, hogy a leolvasott értékeket szorozzuk a hígítás értékével.

2.17. A tej műszeres minősítésének eszközei

Az előzőekben jobbra a klasszikus analitikai műveleteket ismertettük, elsősorban azokat, amelyeket laboratóriumi gyakorlatokon a hallgatók is el tudnak sajátítani. Ebben a fejezetben röviden a tej műszeres, gyors minősítéséről, a minősítés elvi alapjairól írunk esetenként utalva a korábbi fejezetekben leírtakra.

2.17.1. A tej minőségét befolyásoló tényezők

A nyerstej minőségét beltartalma, táplálkozásfiziológiai és élvezeti értéke, valamint higiéniai jellemzői együttesen határozzák meg. A tej minősítése során a felsorolt tényezőket értékeljük, a minősítés eredményét az árban kifejezzük, és ezen keresztül a tejtermelőt a minőség javítására és annak megtartására ösztönözzük. A minősítés során meghatározzuk a tej beltartalmát, a tej higiéniai értékmérőit, melyek együttesen befolyásolják a feldolgozóipar színvonalát is, hisz a magas szinten automatizált technológiai vonalak csak ott alkalmazhatók, ahol folyamatosan jó minőségű nyersanyaggal dolgozhatnak. A nyerstejjel szembeni követelmények közül elsődleges fontossággal bírnak az összcsíraszám, a szomatikus sejtszám, valamint

az erjedést gátló tejidegen anyagoktól és az idegen víztől való mentesség. E minősítési rendszer hatékonyan segíti a nyerstej minőségének folyamatos javítását.

A hamisítatlan, eredeti állapotú tej beltartalmának természetesnek kell lennie, a tejhez semmiféle anyagot hozzáadni vagy abból elvonni nem szabad. Meghatározzák azokat a minimum értékeket (fehérje, zsírintes szárazanyag), amellyel a tejnek mindenképpen rendelkeznie kell. A sűrűség és a fagyáspont mérésével a tej hamisítására lehet következtetni, a beltartalom pedig a tej árának megállapítására szolgál. A higiéniai előírások a nyerstej megfelelő élelmezés-egészségügyi tulajdonságainak jó szinten tartását célozzák. A fejes és a tejkezelés higiénijának legpontosabb jelzője a tej összcsíraszám, a szomatikus sejtszám, pedig a tőgy egészségéről és a tej ezzel összefüggő tulajdonságairól ad információt. Erjedésgátló tejidegen anyagok mind egészségügyi, mind technológiai szempontból rendkívül károsak, ezért jelenlétük a tejben a tejet alkalmatlanná teszi emberi fogyasztásra. A nyerstej minősítésével szembeni követelményeket az EU irányelvének megfelelően a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat.

A nyers tej minőségével szemben támasztott követelmények (Európai Unió 92/46)

Minőségi	
Jellemzők	Követelmények
1. Kémiai és fizikai tulajdonságok	
➤ Fehérjetartalom	Legalább 2,9 g/100 g (3,0 g/100 cm ³)
➤ Sűrűség	Legalább 1,028 g/cm ³
➤ Fagyáspont	-0,520 °C, vagy ennél alacsonyabb
2. Higiéniai tulajdonságok	
➤ Összcsíraszám/cm ³	≤ 100 000*
➤ Szomatikus sejtszám/cm ³	≤ 400 000**
➤ Erjedést gátló tejidegen anyagok	< 0,004 I.U. Pen./cm ³
➤ Sta. aureus***	5 mintából 3-ban 500 Cfu/cm ³ alatti, 2-ben 501–2000 Cfu/cm ³ közötti lehet.

* Az utolsó négy minta mértani átlaga.

** Az utolsó három minta mértani átlaga

***Csak nyers tejből gyártott termékek esetén.

A tej minősítésével kapcsolatban az utóbbi időben koncentrált laboratóriumok jöttek létre, melyben nagy kapacitású számítógépekkel vezérelt analitikai műszerek működnek. E műszerek rendkívül rövid idő alatt nagy számú tejminta vizsgálatát teszik lehetővé, ami azért rendkívül fontos, mert a vizsgálatok reprezentativitása és a vizsgálatok száma között egyenes az összefüggés, azaz az analízisek számának növekedésével a reprezentativitás nő.

2.17.4. Az idegenvíz-tartalom meghatározása

A tej idegenvíz-tartalmának meghatározására ma már csak a fagyáspont-meghatározásnak van jelentősége. A tej fagyáspontját a fajta, a kor, a laktáció és a takarmányozás csak igen kis mértékben befolyásolja, értéke viszont jelentősen megváltozhat, ha a tejhez – akár csak kis mennyiségben is – vizet adnak. Az egészséges tőgyből fejt tej fagyáspontja -0,510 °C és -0,530 °C körüli érték, mely

szoros összefüggésben van az ionkoncentrációval, illetve az ozmózisnyomással. A fagyáspont meghatározására vagy a Beckmann-krioszkópot, vagy a termisztoros krioszkópot használják, melyek közül az utóbbi a pontosabb. A fagyáspont-meghatározás során, a túlhűtött oldatban kiváltott kristályosodást követően az oldat hőmérséklete a fagyáspontig emelkedik, ott pár percig állandósul, mely állandósult érték mérhető. A termisztoros krioszkópok a fagyáspontot $\pm 0,001$ °C pontossággal mérik, amely érték 0,2% idegen víznek felel meg.

2.17.6. Erjedésgátló, tejidegen anyagok meghatározása

Erjedésgátló tejidegen anyagok nem természetes alkotói a tejnek, melyek gátolják a fermentációval készülő termékek savanyodását. Főként gyógyszermaradványok, melyek a betegségek gyógyszeres kezelése folyamán jelennek meg a tejben. Gátolhatják az erjedést a fertőtlenítőszeres, valamint a kolosztrum laktoferrinje is.

A tejidegen anyagok kimutatásának lényege, hogy a gátlóanyagokra érzékeny mikroorganizmusok anyagcseréjét vagy fejlődését vizsgálják standard feltételek mellett, melynek során a gátlásból a tejidegen anyag jelenlétére, esetleg annak koncentrációjára lehet következtetni. Ilyen gátlóanyagokra rendkívül érzékeny mikroorganizmusok például a *Bacillus Stearothermophilus var. Calidolactis*, a *B. subtilis*, és a *Streptococcus thermoophilus*. Az agarlemezes diffúziós eljárás során, melyet referencia módszernek is tekintünk, a gátlóanyagok a tejmintából a teszt mikroorganizmust tartalmazó agarlemezbe diffundálnak, és az organizmus növekedési hiánya miatt gátlási zóna keletkezik, melyből a gátlóanyag jelenlétére, átmérőjéből pedig a gátlóanyag koncentrációjára lehet következtetni.

A nyerstej minősítésére legszélesebb körben a csődiffúziós módszer terjedt el, amelynek során a tejmintát, a mikroorganizmusokat tápláló anyagot, és az indikátort speciális agarba diffundáltatják úgy, hogy az agaroszlop felületére felvitt mintát 64 °C-on inkubálják. Gátlóanyag hiányában a spórák vegetatív alakot képeznek, savat termelnek, melynek hatására az alkalmazott indikátor színe megváltozik, ami a gátlóanyag hiányára utal. E módszer során a *B. Stearothermophilus var. Calidolactis* törzset használják tesztorganizmusként. A gátlóanyagok kimutatására gyors kémiai vizsgálatokat is kidolgoztak, melyek a gátlóanyagok a baktérium sejtfalával vagy riboszómájával létrejövő specifikus kémiai reakción alapulnak.

Felhasznált irodalom

- Balaton M. – Ketting F.: Tejipari kézikönyv. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1981. 1–773.
- Brunner, J.R.: Characteristics of edible fluids of animal origin: Milk. New York. John Wiley and Sons. Inc. 1976. 619–655.
- Csapó J. – Csapó-Kiss Zs. – Stefler J. – Csordás E. – Martin, T.G. – Némethy S. – Wágner L. – Tólos T.: A tőgygyulladás hatása a tej D-aminosav tartalmára. Szaktanácsok. 1995–96. 1–4. 38–52.
- Csapó J. – Csapó-Kiss Zs. – Stefler J. – Pohn G. – Horn P. – Martin, T.G.: D-amino acid content of mastitic milk. Hungarian Agricultural Research. 2000. 9. 3. 7–10.
- Csapó J. – Csapó-Kiss Zs. – Stefler J.: Determination of the proportion of mastitic milk in the bulk tank milk based on free D-amino acid content. Authenticity and Adulteration of Food - the Analytical Approach. Euro Food Chem IX. Interlaken. 1997. Sept. 24–26. 95–100.

- Csapó J. – Csapó-Kiss Zs. – Stefler J.: Influence of mastitis on D-amino acid content of milk. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 1997. 62. 1–2. 162–167.
- Csapó J. – Csapóné Kiss Zs.: A tej vitaminjai és élettani-táplálkozási vonatkozásai. *Tejgazdaság*. 2001. 41. 34–41.
- Csapó J.: Élelmiszereink. Alapvető élelmiszerek. Tej és tejtermékek. A táplálkozás egészségkönyve. Szerk.: Hajós Gy. – Zajkás G., Kossuth Kiadó, Budapest, 2000. 131–143.
- Csapó J. – Schäffer B.: A tej tulajdonságai. *Tejgazdaságtan*. Szerk.: Szakály S., Dinasztia Kiadó, Budapest, 2001. 64–82.
- Csapó J. – Csapó-Kiss Zs.: A tej és tejtermékek szerepe a táplálkozásban. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 2002. 1–464.
- Csapó J. – Csapó-Kiss Zs.: Élelmiszerkémia. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 2003. 1–492.
- Fox, P.F.: *Advanced Dairy Chemistry-1: Proteins*. Blackie Academic & Professional, London - Weinheim - New York - Tokyo - Melbourne - Madras. 1997. 1-781.
- Fox, P.F.: *Advanced Dairy Chemistry-2: Lipids*. Blackie Academic & Professional, London - Weinheim - New York - Tokyo - Melbourne - Madras. 1997. 1-443.
- Fox, P.F.: *Advanced Dairy Chemistry-3: Lactose, water, salts and vitamins*. Blackie Academic & Professional, London - Weinheim - New York - Tokyo - Melbourne - Madras. 1997. 1–536.
- Fox, P.F.: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology - 1*. Chapman and Hall. New York. 1996.
- Fox, P.F.: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology - 2*. Chapman and Hall. New York. 1996.
- Fox, P.F.: *Developments in Dairy Chemistry - 1. Proteins*. Elsevier Applied Science Publishers. London & New York. 1982. 1–409.
- Fox, P.F.: *Developments in Dairy Chemistry - 2. Lactose and Minor Constituents*. Elsevier Applied Science Publishers. London & New York. 1983. 1–430.
- Fox, P.F.: *Developments in Dairy Chemistry - 3. Lactose and Minor Constituents*. Elsevier Applied Science Publishers. London & New York. 1985. 1–405.
- Szakály S.: *Tejgazdaságtan*. Dinasztia Kiadó. Budapest. 2001. 1–478.
- Szakály S.: *Tejgazdaságtan. Egyetemi jegyzet*. PATE Állattenyésztési Kar. Kaposvár. 1991. 1–120.