

## 7. FEJEZET

### A TEJFELDOLGOZÁS FONTOSABB MŰVELETEI

#### 7.1. Fölözés

Fölözés fogalma: A tejnek tejszínre és sovány tejszínre való szétválasztása.

##### 7.1.1. A fölözés elméleti alapjai

A magára hagyott tej egy idő után magától feladja zsírtartalmának jelentős részét. Ez **a természetes, vagy spontán felfölöződés**. Ipari méretben nem alkalmazható ilyen lassú szétválasztás (~0,4 cm/óra), ezért a fölözőgépekben a centrifugális erőt használjuk a folyamat (negatív ülepedés) gyorsítására. A korszerű fölözőkben a felfölöződés sebessége kb. 5–7000-szeresére nő (0,3–0,5 cm/sec!). A tej felfölöződése a tejszír és a tejszín (a tej zsírmintes része) közötti sűrűségkülönbségen alapszik. A tejszír sűrűsége 15 °C-on átlagosan 0,94 g/cm<sup>3</sup>, ezzel szemben a plazma sűrűsége mintegy 1,035 g/cm<sup>3</sup>. Ez a sűrűségkülönbség teszi lehetővé a tej zsíros részének (a tejszínnek) a plazmarésztől való elkülönítését. Emellett az elkülönülési sebességet és mértékét még a következő tényezők befolyásolják:

- a zsírgolyócskák mérete,
- a zsírgolyócskák halmazképződése és
- a tej viszkozitása.

*A zsírgolyócskák mérete.* A zsír a tejben lipoid-fehérje burokkal körülvett golyócskák alakjában van. A zsírgolyócskák nagysága viszonylag széles határok, 1–20 mikrométer között változik. A hazai tejek zsírgolyócskáinak átmérője átlagosan 2–4 mikrométer. Minél több az átlagosnál nagyobb zsírgolyócskák aránya, annál gyorsabb és tökéletesebb az elkülönülés. A gyakorlatban a fölözés során általában az 1 mikronnál nagyobb zsírgolyócskák különíthetők el a plazmából. A soványtejben mindig marad kis mennyiségű zsír, ezért a soványtej zsírtartalma a legjobb fölözéssel sem csökken 0,005–0,01% alá.

*A zsírgolyócskák halmazképződése.* A gyakorlati tapasztalatok szerint a tej gyorsabban fölözödik fel, mint ahogy a zsírgolyócskák átlagos átmérőjét alapul véve kiszámítható. Ennek az a magyarázata, hogy a tejben lévő zsírgolyócskák egy része halmazokba tömörül, és ezek a halmazok úgy viselkednek, mintha nagy zsírgolyócskák lennének. Hőkezelés hatására, 61 °C hőmérséklet felett a zsírgolyócska halmazok szétesnek. Ezért is fölözhető nehezebben a hőkezelt tej. A szivattyúzás, rázás ugyancsak szétaprózza a zsírgolyócska halmazokat, így szintén romlik a tej fölözhetősége.

*A viszkozitás.* A tej viszkozitása nagyobb, mint a vízé, mértéke a hőmérséklettől függ. A hőmérséklet emelkedésével a viszkozitás csökken, és a felfölöződés sebessége nő. A viszkozitás csökkentése végett a fölözéshez a tejet fel kell melegíteni. Tekintve, hogy 61 °C hőmérséklet felett egyrészt a zsírgolyócska halmazok szétbomlanak, másrészt a viszkozitás már kisebb mértékben csökken, a tejet általában 40–50 °C közötti hőmérsékletre melegítjük fel. A fölözési hőmérséklet megválasztásakor még egy tényezőt: *a tejszír és a plazma sűrűségkülönbségét* is számításba kell venni. Ez a sűrűségkülönbség ugyancsak függ a hőmérséklettől. A zsír sűrűsége a hőmérséklet emelkedésével nagyobb mértékben csökken, mint a plazmáé. A viszkozitás és a sűrűségkülönbség optimuma 40–50 °C hőmérséklet között van, ami szintén a gyakorlatban alkalmazott fölözési hőmérsékletet indokolja. Ekkor a legoptimálisabb ugyanis a *centrifugális ülepedés*, azaz a tejszír és plazma elkülönülése. A magasabb hőmérsékletre melegítés nem javítja, sőt rontja a fölözhetőséget, ugyanis a zsírgolyócskák membránfehérjei a magas

hőmérséklet hatására denaturálódnak, ezáltal folyékony zsírfrakció kerül a plazmába, ami ott elaprózódva nem fölözhető. A felfölöződés sebessége a centrifugában az alábbi képlettel számolható:

$$v = \frac{d^2(\rho_{zs} - \rho_{plazma})}{18\eta} r \omega^2$$

ahol:

$d$  = a zsírgolyócska átmérője (m),

$\rho$  = a fázisok sűrűsége (kg/m<sup>3</sup>),

$\eta$  = viszkozitás (Pa·s),

$\omega$  = szögsebesség (rad/s).

A centrifugákat jól jellemzi az ún. jelzőszám, amelyet felhasználhatunk centrifugális térben történő ülepedési sebesség kiszámításához.

$$\frac{m \cdot r \cdot \omega^2}{m \cdot g} = \frac{r \cdot \omega^2}{g} = j \quad (\omega = 2 \pi n)$$

ahol:

$j$  = jelzőszám,

$m$  = tömeg (kg)

$r$  = a tányérsorozat sugara (m),

$g$  = gravitációs gyorsulás (9,81 g/s<sup>2</sup>),

$n$  = fordulatszám (s<sup>-1</sup>).

Ebből egyszerűsítve:

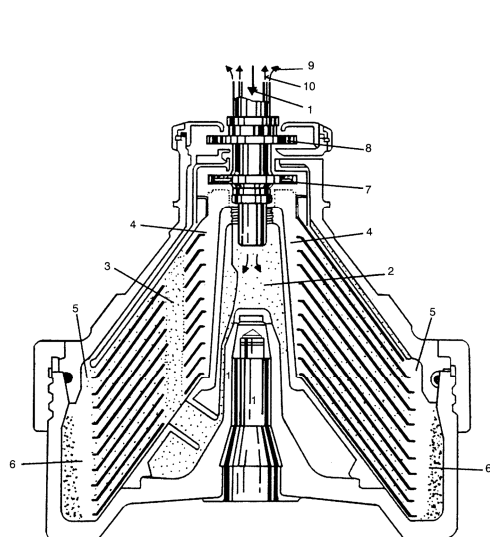
$$V_{\text{centrifugális}} = j \cdot V_{\text{természetes ülepedés}}$$

ahol: az első képletből

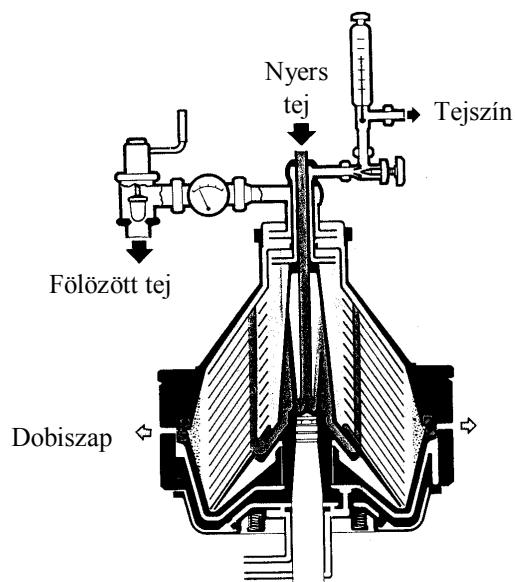
$$V_{\text{természetes ülepedés}} = \frac{d^2 \cdot g \cdot (\rho_{\text{plazma}} - \rho_{\text{zsír}})}{18\eta}$$

### 7.1.2. A fölözés gyakorlata

A tej üzemi fölözésére általában 5.000–20.000 liter/h teljesítményű, tányéros fölözőgépet használnak. A fölözőgép technológiailag legfontosabb része a dob, ahol a tejszín és a soványtej elkülönülése megy végbe (7.1. ábra). A forgó dobban a nagyobb sűrűségű plazmarész (a soványtej) elválik a kisebb sűrűségű résztől, a tejszíntől, a soványtej a dob külső része, a tejszín a dob tengelye felé áramlik. A legnagyobb sűrűségű részecskék (szennyrészecskék, sejtes elemek) pedig a dob falára rakódnak, ez alkotja a dobiszapot. A fölözés a gépben folyamatosan megy végbe. Az ipari méretű fölözők általában 5–10–15–20.000 liter átfolyás/óra teljesítményűek.

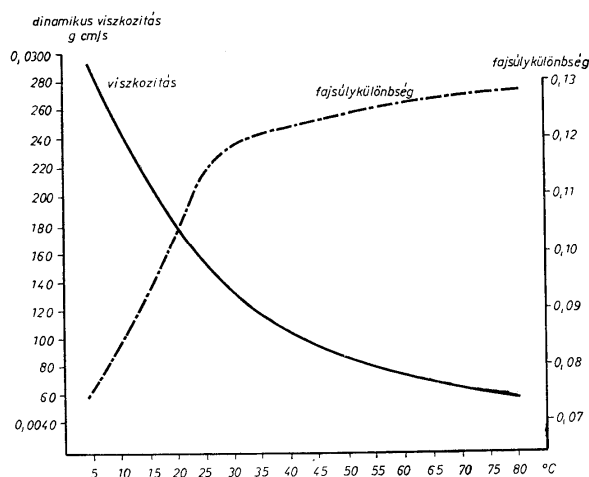


A főződob részei: 1. Tejbevezető cső, 2. Teljes tej, 3. Semleges zóna, 4. Tejszín-zóna, 5. Soványtejzóna, 6. Iszapter, 7. Tejszíngyűjtő lapát, 8. Soványtejgyűjtő lapát, 9. Tejszínelvezetés, 10. Soványtej-elvezetés.



7.1. ábra. Főzőőgép

A főzéshez a tejet elő kell melegíteni. A melegítés hatását a tej sűrűségének és viszkozitásának alakulására a 7.2. ábra mutatja. Előmelegítésre a lemezpasztőr berendezést használjuk: a főzőgépet a pasztőr első és második hőcserélője közé iktatjuk be. Az első hőcserélőből – ahol általában a tej 35–45 °C hőmérsékletre melegszik fel – a tejet a főzőgépbe vezetjük, majd a főzőtt vagy a kívánt zsírtartalmú tejet a főzőgép kivezető nyomásával visszavezetjük a pasztőr második hőcserélő szakaszába.



7.2. ábra. A tej sűrűségének és viszkozitásának változása melegítés hatására

Főzéshez hibátlan, nem savanyú tejet kell használni. Egyrészt azért, mert a tejszín és a soványtej is savanyú vagy savanykás lesz, másrészt azért, mert a nagyobb savfokú tejben már finompelyhes kicsapódások lehetnek, amelyek a főzőgéptányérok között vagy az iszapteret eltömhetik, és így a további főzés lehetetlenné válik. A tejszín zsírtartalma a tejszín–soványtej arányának módosításával szabályozható. Nyitott rendszerű főzőgépeken általában a tejszínkivezető nyílás szűkítésével vagy bővítésével (a tejszín-csavarral) lehet a tejszín–soványtej arányát és ezzel a tejszín zsírtartalmát változtatni. A zárt kivezetésű gépeken üzemelés közben –

a tejszínszelep szabályozásával – lehet a tejszín zsírtartalmát változtatni. A tejszínvezetékbe általában beiktatják a távozó tejszín mennyiségét jelző műszert (közvetlen leolvasású rotamétert), amely liter/óra kalibrálású, és a leolvasott érték alapján lehet a tejszín zsírtartalmát számítással beállítani. A tejszín zsírtartalmát a felhasználási célnak megfelelően, a főlözéskor állítjuk be. A főlözőgépekkel 10–60% zsírtartalmú tejszín nyerhető.

A *dobiszap* vagy *centrifugaiszap* szürkés színű, nyálkás, gumyszerű anyag. Mennyisége a tej 0,01–0,2%-a. Főleg fehérjeszerű anyagokból, kisebb részben zsírból, egyéb szerves anyagokból és ásványi anyagokból áll. Mivel a dobiszapban rengeteg a baktérium, főleg patogén mikrobák, a dobiszapot megfelelő előkezelés után meg kell semmisíteni. Egy gramm dobiszap egyébként mintegy 300–400 millió db csírárt tartalmaz.

#### *A főlözés legfontosabb fogalmai:*

A *fölözés élessége*: a főlözés élességén azt értjük, hogy a soványtejben mennyi zsír marad vissza. A főlözés élessége függ a főlözőgép konstrukciójától és műszaki állapotától, a zsírgolyócskák méretétől és a tej felfölöződő képességétől, a tej viszkozitásától. A teljesen zárt főlözőgépekkel 0,005% soványtej-zsírtartalom érhető el.

A *fölözés foka*: a főlözési fok azt mutatja meg, hogy a főlözésre került tej zsírjának hány százaléka ment át a tejszínbe. Ez az érték gyakorlatilag a főlözés élességének ellentettje.

A *fölözési százalék*: a főlözési százalék azt fejezi ki, hogy 100 liter tejből mennyi tejszínt kaptunk százalékban kifejezve, vagyis a tejszín–soványtej arányát adja meg (7.1. táblázat). A főlözési százalék a főlözőgépeken a tejszíncsavarral szabályozható, és általában 12–13% között mozog, ha a tejszín zsírtartalma 28–30%.

Speciális szeparátorok az ún. tisztító centrifugák, amelyek a tej tisztítására, baktófogák esetén pedig a mikroorganizmusok, elsősorban a baktérium spórák eltávolítására szolgálnak.

**7.1. táblázat.** *Fölözési arány és a tejszín zsírtartalma közötti összefüggés*

<i>Fölözési százalék</i>	<i>Fölözési arány</i>	<i>A tejszín zsírtartalma %, ha a teljes tej zsírtartalma pl. 3,70%</i>
9	1 : 10	40,5
10	1 : 9	36,4
11	1 : 8	33,1
12	1 : 7,5	30,3
13	1 : 6,7	28,0
14	1 : 6,1	26,0
15	1 : 5,7	24,3
16	1 : 5,3	22,8
17	1 : 4,9	21,4
18	1 : 4,6	20,2
19	1 : 4,3	19,2
20	1 : 4	18,2

Egyes főlözőkben speciális keverőszeleppel, csappal lehetőség van a tejszín egy részének visszavezetésére a főlözött tejbe. Ezzel be tudjuk állítani a gépből kilépő tej kívánt zsírtartalmát. Ebben az esetben a gyártás ideje lerövidülhet, hiszen a megfelelő zsírtartalmú köztes termékek összevágását és a tartályban történő utólagos összekeverést nem kell elvégezni. A legkorszerűbb gépeken a szükséges tejszínmennyiség visszakeverését automatika irányítja az előre megadott

kívánt tej-zsírtartalomnak megfelelően, amelyet folyamatosan mérnek. A főlőzőgépekkel tehát a következő műveletek elvégzése lehetséges:

- *fölözés*, amikor nincs tejszín visszavezetés,
- *fölözés*, amikor a tejszín egy részének visszavezetésével folytonos *zsírbeállítást* is végzünk,
- *tisztítás*, amikor az összes keletkező tejszínt visszavezetjük a fölözött tejbe.

A tejszín zsírtartalmát annak felhasználását figyelembe véve állítjuk be, így pl. habtejszín gyártásához 30%-ra, hagyományos vajgyártáskor édes tejszínvajhoz 35–40%-ra, savanyú tejszínvajhoz 28–30%-ra, folytonos vajgyártáshoz 40–50%-ra, homogénezéses túrógyártáshoz 25–30%-ra stb.

## 7.2. Hőkezelés

A Európai Unióban rendelet írja elő az ipari feldolgozásra kerülő nyerstej hőkezelését. Ennek célja az élelmiszerbiztonság garantálása, azaz hogy a tejtermékekbe ne kerülhessen a nyerstejből semmilyen kórokozó mikroba. Hangsúlyozni kell azonban, hogy ez nem azt jelenti, hogy a nyerstejben vannak kórokozók, amennyiben azonban mégis lennének, úgy azokat garantáltan el kell pusztítani. Ennek legegyszerűbb módja a tej esetében a hőkezelés. A hőkezelés hatására bekövetkező változásokat a 7.2. táblázat mutatja.

**A 92/46. sz. EU direktíva (mód.: 94/71.) megfogalmazása szerint a tej hőkezelése: „a nyerstej és tejalapú termékek előállítására szolgáló üzemi tej negatív foszfatáz-reakciót eredményező hevítése”. Tejtermékek gyártására csak a legalább 71,7 °C-on 15 sec-ig, vagy ezzel egyenértékű hőkezeléssel kezelt tej használható fel!**

**7.2. táblázat. Hőkezelés hatására bekövetkező változások a tejben**

<i>Alkotórész</i>	<i>Hő indukálta változás</i>
<b><i>Emulziós fázis</i></b>	
Zsír	Laktonok, metilketonok és más illékony anyagok képződése Hidrolízises bomlás
Zsírgolyó membrán	Membránfehérje (euglobulin) denaturáció
<b><i>Kolloid fehérjefázis</i></b>	
Kazein	Részleges hidrolízis, glükomakropeptid leválása megkezdődik a $\kappa$ -kazeinről Foszfortartalom csökkenése (defoszforizáció)
Savófehérjék	Molekula aggregáció, vagy az aggregátumok szétesése Denaturáció és aggregáció, immunglobulinok inaktiválódása,
Aminosavak	Aktív SH-csoportok képződése (aggregáció $\beta$ -kazeinnel és más savófehérje molekulákkal, főtt íz), $\alpha$ -laktalbumin– $\beta$ -laktoglobulin kölcsönhatás Bomlás izeg-ízvegyületekké Aminosav–tejcukor kölcsönhatás (Maillard reakció, barnulás), lizintartalom csökkenése Aminosav–aminosav kölcsönhatás, pl. lizin-alanin képződés
<b><i>Oldatfázis</i></b>	
Vitaminok	Vízoldható vitaminok bomlása
Ásványi anyagok	Oldhatatlan Ca-foszfát képződés, Ca, P, Mg új egyensúlya a kolloid- és az oldatfázis között
Enzimek	Eltérő mértékű inaktiváció
<b><i>Gázok</i></b>	Az oldott oxigén, nitrogén és szén-dioxid mennyisége csökken

A legtöbb esetben, a tej feldolgozása során gyakorlatilag minden egyes liter tejet hőkezelünk (7.3. táblázat). Ezt elsősorban humán-egészségügyi szempontok (mikroorganizmusok elpusztítása), illetve előírások indokolják, de biztonságosabb gyártást, sőt némely esetben a termék jellegének, érzékszervi tulajdonságainak kialakítását is célozza. Nyilvánvaló előnyei mellett hátrányai is vannak azonban a tej hőkezelésének, melyekről még szót ejtünk.

### 7.2.1. A tej hőkezelésének elméleti alapjai

A pasztörözés 100 °C alatti hőkezelés, melynek célja: a kórokozó baktériumok teljes, egyéb baktériumok minél nagyobb mértékű elpusztítása úgy, hogy a tej eredeti jellege lehetőség szerint megmaradjon. A tejipari gyakorlatban a pasztörözés különböző formáit (UHT is!) és némely terméknel a sterilizést alkalmazzák.

**7.3. táblázat.** *A tejiparban alkalmazott hőkezelési eljárások*

<i>Hőkezelési eljárás</i>	<i>Hőmérséklet (°C)</i>	<i>Hőntartási idő (s)</i>	<i>Alkalmazási példa</i>
Kíméletes pasztörözés	62–65	1200–1800	Egyes sajtok
Gyors pasztörözés	72–76	15–40	Sajtfélék, fogyasztói tej
Pillanat pasztörözés	85–95	1–5	Tej, tejszín, savanyú készítmények, túrótej, desszertek
Ultrapasztörözés	136–150	2–8	Féltartós, tartós tej és ízesített tejkészítmények, habtejszín
Sterilizés	110–120	1200–2400	Kávétejszín, sűrített tej

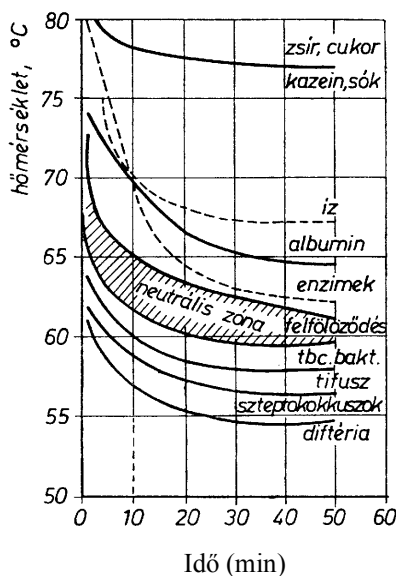
Természetesen a közöltektől eltérő hőmérsékletű és hőntartású hőkezelést is alkalmaznak a céltól és terméktől függően, pl. fagylaltkeveréknél 75–80 °C 30–40 s hőntartással, vagy az ömlesztett sajtoknál 80–120 °C akár 4–15 perces hőntartással.

A MÉ megfogalmazása szerint: a **termizálás** 57–68 °C közötti hőmérsékleten, legalább 15 másodperces hőntartással végzett kíméletes hőkezelés, amely után a tejben a foszfátázpróba még pozitív. **Ez az eljárás azonban nem felel meg** a negatív foszfátáz reakciót adó hőkezelési előírásnak, így ipari méretekben nem, vagy csak speciális esetekben alkalmazható (pl. termizált nyerstejből történő sajtgártás esetén). Amíg a gyorspasztörözés pozitív peroxidáz és negatív foszfátáz reakciót, addig a magas hőmérsékletű hőkezelés egyaránt negatív foszfátáz és peroxidáz reakciót kell hogy adjon.

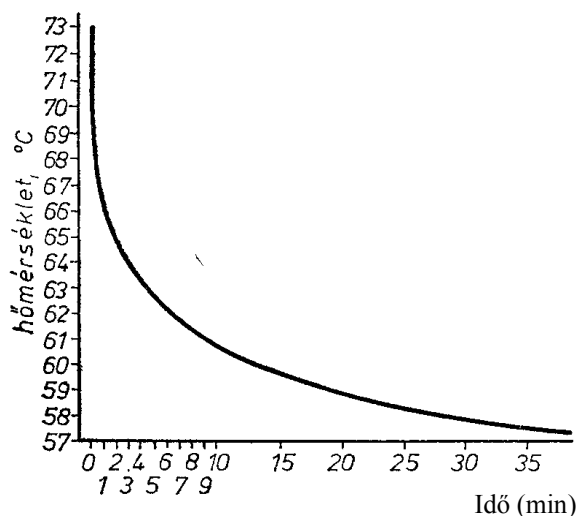
A tejipari szaknyelv alkalmazza továbbá a kíméletes (tartós) pasztörözés (62–65 °C, 1800 s) és a pillanatpasztörözés (85–95 °C, 1–5 s) fogalmakat. A tartós pasztörözés pozitív, míg a pillanatpasztörözés negatív peroxidáz reakciót mutat. A hőkezelés módja, az alkalmazott hőmérséklet és időtartam különböző mértékben befolyásolja a csírapusztulást és a tej tulajdonságait (7.3. ábra).

A különböző mikroorganizmus fajok hővel szembeni érzékenysége igen különböző. Általában minél nagyobb a baktérium optimális és maximális szaporodási hőmérséklete, annál nagyobb a hőrezisztenciája. A spóras baktériumok elpusztításához sokkal nagyobb hődózis szükséges, mint a vegetatív sejtekéhez.

A hőkezelés során az egyik legfontosabb cél a patogén mikroorganizmusok elpusztítása. A patogén, nem spóras baktériumok között a *Mycobacterium tuberculosis* a leghőállóbb, ezért általában a hőkezelési eljárások kialakítására olyan hőmérsékletet, és annak megfelelő hőntartási időt választottak, hogy ez a mikroba biztosan elpusztuljon. Ebben az esetben ugyanis a többi patogén, nem spóras baktérium is elpusztul (7.4. ábra).



7.3. ábra. A hőkezelés hatása



7.4. ábra. A *Mycobacterium tuberculosis* hőpusztulása

Adott hőmérsékleten, meghatározott ideig folytatott hőkezelés hatásosságát a következő fontosabb tényezők befolyásolják:

*A mikrobák hőrezisztenciája és előélete.* A legtöbb mikroba hőérzékenysége annál nagyobb, minél kisebb hőmérsékletű közegben szaporodott el. Ezen kívül a fiatal, legintenzívebb szaporodási fázisban lévő sejtek általában hőérzékenyebbek, mint a megállapodási szakaszban lévőek.

*A tej összetétele, illetve szennytartalma.* Nagyobb szárazanyag-tartalmú közegben a mikroorganizmusok kevésbé hőérzékenyek. Az ellenálló képességet a nagyobb zsírtartalom, a hevítéskor kiváló kazein pelyhek, és a szennyrészecskék egyaránt fokozzák.

*A hőkezelésre kerülő tej mikrobataralma.* A pasztörözés hatásfoka nem éri el a 100%-ot, a tejben lévő termotoleráns mikrobák egy része életben marad, így a maradék mikroflóra aránya a hőtűrők irányában tolódik el.

*A hőkezelés hatása a tejalkotórészekre.* A minél tökéletesebb csírapusztítás mellett arra is törekedni kell, hogy a tej eredeti jellege és tulajdonságai ne változzanak számottevő mértékben. A hőkezelési eljárást mindig a készítendő termék figyelembevételével kell megválasztani. A különböző eljárásokkal kapcsolatban fontos kiemelni, hogy a valódi pasztörözések nem okoznak teljes csírapusztulást, így mindig marad túlélő és a termék romlását okozó mikroorganizmus a tejben. A szokásos pasztörözési eljárások hatásfoka 99,0–99,9% (a hatásfok tehát a csírapusztulás mértéke). Az ultrapasztorozás és sterilizálás (UHT) ún. „kereskedelmi sterilitást” eredményez (szinte 100%-s hatásfok), azaz az esetleg életben maradt mikrobák, a fogyaszthatósági határidőn belül nem tudnak olyan mértékben elszaporodni, hogy bármilyen elváltozást okozzanak a termékben, annak fogyaszthatóságában az eltarthatósági időn belül.

#### 7.2.2. A hőkezelés gyakorlata

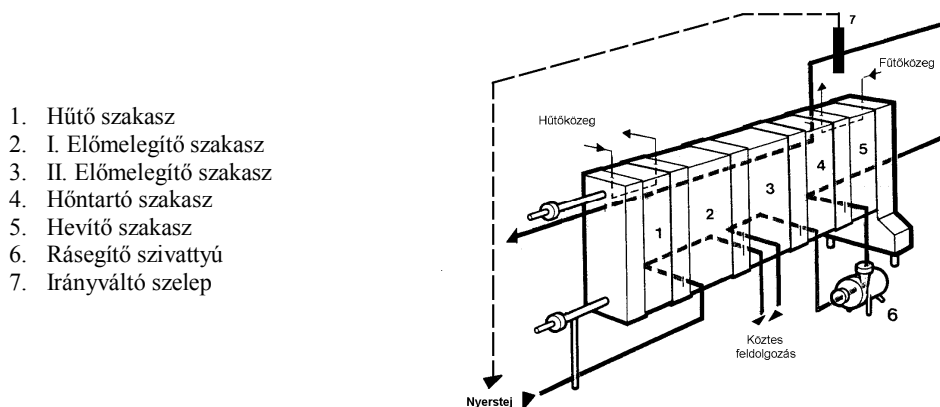
A tejipari gyakorlatban a hőkezelésre alkalmazott berendezések leggyakrabban a lemezpasztörök (lemezes hőcserélők), de a konzistensebb anyagokhoz és az UHT hőkezelőkben sokszor használnak csöves hőcserélőket és hűtés, vagy melegítés céljégekben is történik (pl. sajtkád, ömlesztőkutter stb.), ahol egészen más hőátadási viszonyok uralkodnak. A tej hőkezelése legtöbbször lényegében abból áll, hogy speciális acéllemezen keresztül érintkeztetik

a terméket és a hűtőközeget, amelyek általában ellenáramban haladnak. A hőátadást segíti a jó hővezető anyag, a kis réstávolság, a nagy sebesség és a kialakuló turbulens áramlás.

A lemezes pasztörben a tej zárt rendszerben hőkezelhető és valamennyi szükséges hűtési és hevítési művelet egy készülékben történik (7.5; 7.6. ábra). A lemezes hőcserélő legfontosabb eleme a *munkalemez*. A korszerű hőcserélő lemezek 1–1,5 mm vastag rozsdamentes acélból készülnek préseléssel. A hőátadás és a megfelelő áramlás céljából a lemezek különböző módon bordázottak vagy hullámosak, és kialakításuk olyan, hogy összeszerelés után egyenletes, 1,5–6 mm áramlási rés legyen köztük. A munkalemezek egymás közötti, valamint a csatlakozó-, illetve zárólemezek közötti tömör, de rugalmas zárását speciális hőálló gumitömítés teszi lehetővé.

A tipikus elrendezésű, komplett lemezipasztör egységei a következők:

- előtétartály úszós szintszabályozóval és tejszivattyúval,
- lemezes készülék: hőcserélő, hevítő, előhűtő, mélyhűtő lemezcsoporthal, hőtartóval,
- hevítőközeg-előállító berendezés: gőzadagolóval, forróvíz-szivattyúval,
- vezérlőberendezés: mennyiségátvitel, mérő- és automatikaegységek, nyomólevegő-ellátó berendezéssel.



7.5. ábra. A pasztör felépítése, áramlási utak

A lemezekből lemezcsoporthat alakítanak ki, amelyek meghatározott hőmérséklet elérését szolgálják. Az így kialakított szakaszok jól elkülöníthetők és külön nevük van. **Előmelegítő (regeneratív), hevítő, hőtartó, hűtő és mélyhűtő szakaszokat** neveznek meg általában. Fontos, hogy az egyes szakaszokban az előre tervezett hőmérsékleteket fokozatosan, megfelelő ütemben kell elérni. Ugyancsak fontos, hogy a hűtőközeg (forró víz, vagy gőz) és a tej hőmérséklet-különbsége ne legyen túl nagy. Ellenkező esetben a hirtelen hőterheléstől a tej károsodást szenved (barnulás, ráégés). A kíméletes, de gyors melegítést segíti, hogy az azonos idő alatt átáramlott forró víz mennyisége 2–3-szorosa a tejének. Ugyanez igaz a hidegoldali hőátadásra is. A jól végrehajtott hőkezelésnek azonban gazdaságosnak is kell lennie. Ezt segíti:

- a gyors hőcsere,
- a folyamat zárt rendszere,
- az üzem nagyobb mérete (fajlagosan olcsóbb lehet a gőzelőállítás),
- a fűtő- és hűtőkör közegei szigetelt, zárt rendszerben cirkulálnak,
- hulladék hő hasznosítása megoldott (az előmelegítő szakaszokban a tej adja át hőtartalmát a tejnek).

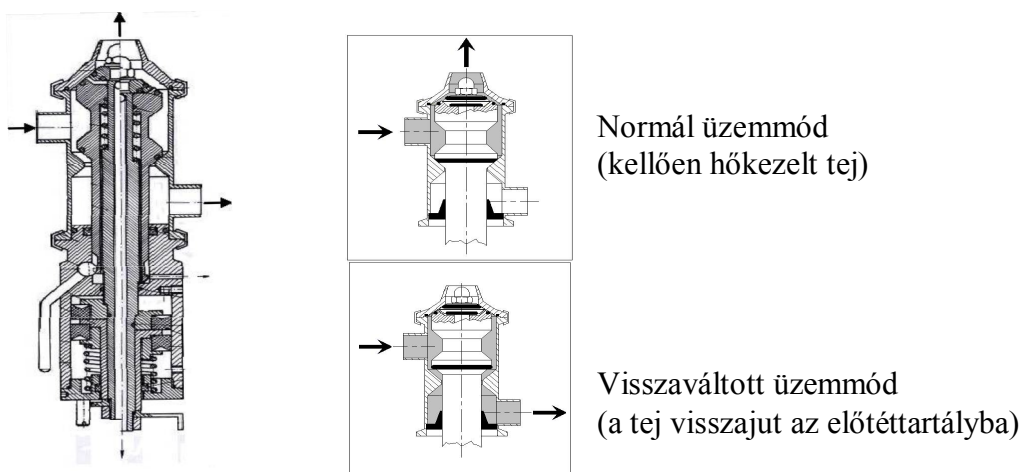


Fontos betartani az üzemeltetés szabályait is, mert a hiányosságokból származó meghibásodás javítása költséges és sokszor hosszú leállással jár.

<i>A lemezpasztörök előnyei</i>	<i>A lemezpasztörök hátrányai</i>
nagy hőátadó felület	rossz tömíthetőség
energiatakarékos	kicsi nyomásállóság
jól automatizálható	csak alacsony viszkozitású termékekre használható
biztonságos hőkezelés	nagy teljesítménnyel
jó kezelhetőség, tisztíthatóság	
nagy teljesítmény	

A leginkább alkalmazott pasztörözés a következő fázisokat, illetve műveleteket foglalja magába. A pasztörözendő tej az úszószabályozós előtétartályból a hozzákapcsolt centrifugál szivattyú nyomására az első hőcserélőbe kerül. Itt a lemezek másik oldalán a már pasztörözött tejtől 40–42 °C-ra melegszik fel. Az első hőcserélőből a tejet a főlőzőgépbe vagy a tisztítócentrifugába vezetjük, majd a második hőcserélőbe visszavezetve a tej 50–55 °C-ra tovább melegszik. A hevítő szakaszban a tej forróvíz-fűtéssel eléri a kívánt 71–75 °C pasztörözési hőmérsékletet. A hőtartó szakaszban a tej pasztörözési hőmérsékleten marad, majd a második és az első hőcserélőben kb. 30–35 °C hőmérsékletre előhűl. A vízhűtő, majd a mélyhűtő szakaszon átvezetve a tárolási hőmérsékletre, általában 3–5 °C-ra lehűtve hagyja el a tej a berendezést. Pillanathevíteses (magas hőmérsékletű hőkezelés) pasztörözéskor a hevítő szakasz utáni hőtartás elmarad, és a tej közvetlenül a második hőcserélőbe kerül vissza. A gyakorlatban a vízszükséglet csökkentése céljából alkalmazzák azt a megoldást is, hogy a vízhűtő szakaszban hűtővíz helyett pasztörözésre kerülő hideg tejet vezetnek, és ezzel végzik a tej előhűtését. A mélyhűtő szakaszban a hűtésre ma már elsősorban hűtött édesvizet használnak, korábban korróziómentes hűtőfolyadékot alkalmaztak. Ez utóbbi hátránya, hogy igen költséges, emellett fennáll a tej lefagyásának veszélye is. Pasztörözéskor – mivel az előírt hőmérsékletet szűk határok között kell tartani – igen fontos a hőmérséklet automatikus szabályozása, továbbá a valamilyen okból (pl. gőzkimaradásból) nem kellő hőmérsékletre felhevített tej pasztörözött tejjel való összekeveredésének megakadályozása. Ha ezt nem akadályozzuk meg, úgy a nem jól hőkezelt tej utófertőzést okoz a pasztör visszatérő szakaszaiban és a termék mikrobiológiai szempontból nem lesz megfelelő (vagy csökken az eltarthatósági idő). Erre a célra szolgál az automatikus átváltó-szelep.

A nyerstej hőkezelésére vonatkozó, érvényben lévő szigorú előírásokat a Magyar Élelmiszerkönyv, a 92/46 EKG, a 92/380/EWG irányelv és az 1/2003. (I.8.) FVM-ESzCsM rendelet tartalmazza. Az előírások szerint olyan hőkezelő berendezéseket lehet alkalmazni, amelyek biztonságos hőkezelést garantálnak, azaz a hőkezeletlen, vagy nem kellően hőkezelt tej nem kerülhet be e regeneratív (visszatérő) pasztör szakaszokba. Ezt a feladatot látja el a biztonsági irányváltó szelep, melynek korszerű verzióját mutatjuk be a 7.6. ábrán.



### **7.6. ábra. Kétüléses szivárgásellenőrzött biztonsági irányváltó szelep**

Pasztörözéskor a tej mikroorganizmusai nem pusztulnak el teljes számban. A csírapusztulás mértékét a *pasztörözés hatásfokával* fejezzük ki. Ez azt mutatja, hogy a nyerstejben talált mikrobák hány százaléka pusztult el pasztörözéskor. A gyakorlatban a pasztörözési hatásfok általában 99,5–99,9%. A három hőkezelési eljárás közül a legjobb hatásfokot a magas hőmérsékletű hőkezeléssel (pillanathevítéssel) kapjuk (99,99%). Mivel 100%-os pasztörözési hatásfok nem érhető el, a pasztörözés eredményessége szempontjából nem közömbös a nyerstej csíraszám. Ezért arra kell törekedni, hogy a pasztörözésre kerülő tej mikrobataralma minél kisebb legyen. A pasztörözés hatásfokát mikrobiológiai, kolloid és technológiai tényezők befolyásolják.

Mivel a lemezes hőcserélőkben a tej vékony rétegben áramlik, minden olyan körülményt ki kell küszöbölni, amely a tej fehérjéinek és ásványi sóinak a kicsapódását elősegítheti. Ebből a szempontból a legfontosabb a tej savfoka. Savanyú vagy savanykás tej pasztörözésekor a lemezekre rásülések, kicsapódások rakódhatnak le, amelyek a hőátadást rontják. Nagyobb savfokon a kicsapódott (kitúrósodott) fehérjék el is zárhatják a tej útját, és az üzemzavar csak az egész rendszer teljes tisztításával szüntethető meg. A tej apró, pelyhes kicsapódásai is rásülést idézhetnek elő. Ez akkor léphet fel, ha a kis savfokú édes tejhez savanykás tejet kevertek, de ez az elegy tej savfokában még nem mutatkozik. Az ilyen dekomponálódott fehérjerészecskéket tartalmazó tej hőállósága csökken. Pasztörözésre általában 7,4–7,6 SH°-nál magasabb savfokú tejet felhasználni nem célszerű.

A pasztörözés megkezdése után gondoskodni kell a leállás nélküli üzemeltetésről. Az előírtnál kisebb teljesítménnyel való pasztörözés vagy időközi leállások miatt a lemezek között pangó tej megnöveli a kicsapódás veszélyét, és rontja a hőátadás hatásfokát. A pasztör tejjel érintkező felületeinek egyrészt bakteriológiai értelemben tisztának, másrészt a megfelelő hőátadás végett tejkő-lerakódásoktól mentesnek kell lennie. A tejmaradékokat – amelyek baktériumgócokat képezhetnek – és a tejkövet tisztításkor tökéletesen el kell távolítani. A pasztör berendezéseket ezért az adott berendezésre előírt hőmérsékleti és nyomásviszonyok között savas-lúgos kezeléssel kell tisztítani, majd alaposan át kell öblíteni.

A pasztörözés megkezdése előtt az összeszerelt pasztört és a tejvezetéseket forró vízzel át kell öblíteni. Ennek célja részben az egész vezetérendszer csírátlanítása, részben pedig átmelegítése és a tömítettség ellenőrzése. Átöblítés után a beáramló tejjel nyomtatjuk ki a rendszerből a vizet. A tejet az átváltó-szelepen át cirkuláltatjuk a berendezésben az előírt pasztörözési hőmérséklet eléréséig, majd megkezdjük a tulajdonképpeni pasztörözést. A pasztörözés során ügyelni kell arra, hogy levegő (hab) ne kerüljön a rendszerbe, mert az rásülést idéz elő. Az efféle hiba a gyakorlatban általában a szivattyú tömítetlenségéből származik. Mindig olyan hőkezelési eljárást válasszunk, amely a tej felhasználási céljának leginkább megfelel. A kívánt pasztörözési módszert döntően azok a változások határozzák meg, melyek a hevítés során mennek végbe a tejben.

### **7.3. A tej hűtése**

A nyers és a pasztörözött tejben, valamint a tejtermékekben is mindig találhatók mikroorganizmusok, amelyek életműködésük során fizikai és kémiai változásokat idéznek elő, illetve a tárolhatóságot és a minőséget csökkenthetik. A baktériumműködés gátlására az egyik legrégebbi módszer a hűtés, amellyel a baktériumok életműködését – az alkalmazott hőmérséklettől függően – lelassítjuk vagy gyakorlatilag le is állíthatjuk. A pasztörözött tej, valamint a tejtermékek készítésének folyamatában, a megfelelő technológiai fázisban ugyancsak általánosan alkalmazzuk a hűtést, mint a nyerstej elsődleges kezelésénél, illetve feldolgozásig

való előtárolása során, hiszen ezek a szakaszok mind a *hűtőlánc* „láncszemei”. Célunk a hűtéssel a termék tárolhatóságának növelése. A nyerstej hűtésekor – mivel mindig vegyes mikroflóra van jelen – elsősorban a termofil és a mezofil mikroorganizmusok 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 fertőzéssel esetleg bekerült mikrobák szaporodását is gátoljuk. A hőkezelés utáni gyors hűtés emellett javítja a pasztörözés hatásfokát is, mivel a pasztörözéskor el nem pusztult, de kevésbé ellenálló baktériumok egy része a gyors hőmérsékletváltozás hatására elpusztul (sokkhatás).

Feldolgozáskor általában lemezes hűtőket használnak, a pasztörözésnél leírtakhoz hasonlóan (pl. az átvételi vonalban). Igen fontos művelet, akár a nyersanyagról, akár a késztermékről van szó. A nyerstej hűtéséről már szóltunk, a késztermékekkel kapcsolatban nem nehéz belátni, hogy az eltarthatóságot a gyors lehűtés és az alacsony tárolási hőmérséklet kedvezően befolyásolja (mikroorganizmusok szaporodása lassul). A lemezes pasztörözéskor korszerű hűtőfolyadékos (jeges vizes) hűtő van felszerelve véghűtőként (mélyhűtő szakasz) amellyel biztosítani tudjuk a tej 10 °C alá hűtését. A 0 °C alá hűthető speciális hűtőfolyadékok használatának veszélye, hogy lemezlyukadás, vagy a tömítés szakadása esetén a folyadék a tejbe kerülhet. Természetesen ez a gyártásközi ellenőrzéskor, vagy azonnal kiderül (tömítetlenség), de mindenképpen termék- és anyagi veszteséget okoz. Ezért a pasztörizáló, más gépekhez hasonlóan a karbantartási terv szerinti időközönként mindenképpen szétszereléssel is ellenőrzik.

A tej hűtésére üzemi viszonyok között általánosan lemezes hűtőket használunk. A hűtőberendezések – a speciális hűtési esetektől eltekintve – a lemezpasztör tartozékai. A pasztörözés utáni hűtést a gyakorlatban két fokozatban végezzük:

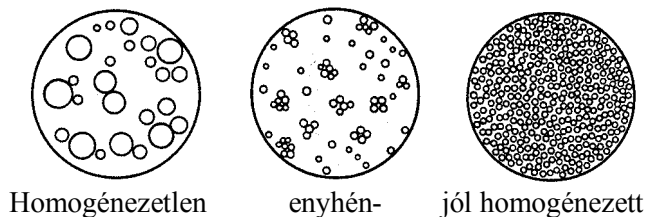
- az előhűtés kútvízzel vagy hideg tejjel,
- mélyhűtés fagyálló hűtőfolyadékkal vagy hűtött édesvízzel.

A lemezpasztörben a pasztörözött tej az I. hőcserélő szakasz után kerül az előhűtő szakaszba, ahol olyan hőmérsékletre hűthető, amely a hűtőközeg hőmérsékleténél csak 2–3 °C-kal magasabb. Mélyhűtéssel érjük el a tej végleges hűtési hőmérsékletét. Mivel 2–4 °C hőmérsékletet kell kialakítani, 0–1 °C-os vagy ennél hidegebb hűtőközeg szükséges.

## 7.4. Homogénézés

### 7.4.1. A homogénézés elméleti alapjai

Kolloidkémiai szempontból a tejemulzió stabilizálása, amely során a kisebb diszperzitásfokú (kevesebb, de nagyobb részecske) emulzióból nagyobb diszperzitásfokú emulzió képződik. A diszperzitásfok növekedését az emulzió szűk résen, nagy nyomáson történő átpréselésével érjük el. Az elsődleges cél a tej esetében elsősorban a zsírgolyócskák aprózása (7.7. ábra), amellyel a felfölöződést tudjuk megakadályozni.



7.7. ábra. A homogénézés hatása a tejben lévő zsírgolyócskákra

Fogalma, célja egyszerűen tehát: a tej, tejszín zsírgolyócskáinak fizikai úton történő elaprózása. Alkalmazásakor a 65 °C-ra előmelegített tejet vagy tejszínt szivattyúval a homogénező fejbe vezetjük, ahol a homogénező szelepen beállított egy kis résen keresztül kilép. A gépben uralkodó nyomás 40–250 bar. A nagy nyomás és a fellépő aprító erők hatására a zsírgolyócskák széttörnek, a kifolyt vajolajból zsírcseppek keletkeznek, majd újra kialakul az új zsírgolyócskák fehérje és a vízburka. Az aprítás konkrét okaként több hatást is megjelölnek (7.4. táblázat).

**7.4. táblázat.** *A homogénezéskor fellépő aprító erők*

<i>Elgondolás</i>	<i>Az érvényesülés feltétele</i>
Direkt aprítás	a rés nagysága kisebb, mint a zsírgolyócska átmérője
Összenyomást követő robbanás	a zsírgolyócska összenyomható
A gyorsulás különbsége	sebességkülönbség lép fel az eltérő nagyságú zsírgolyók, illetve a plazma és a zsírgolyók között
Erózió	a zsírgolyócska törékeny
Ütközés	a zsírgolyócskák egymáshoz, illetve a homogénező alkatrészeihez ütköznek
Nyírás	az eltérő viszkozitás és a képlékenységi viszonyok ( $\eta_{\text{zsír}}/\eta_{\text{plazma}} < 4$ )
Keverékes áramlás	nagy áramlási sebesség, turbulencia
Vibráció	elég idő legyen a rezgés kialakulásához
Turbulencia örvény	az örvény mérete $\approx$ zsírgolyócska mérete
Kavitáció	a parciális nyomás nagyobb legyen a homogénezési nyomásnál

Az elméletek közül az első öt nem meggyőzően bizonyított, így a legvalószínűbb a nyíróerők és a turbulencia hatására bekövetkező aprítás, amit segíthet a kavitáció. E hatásokat az váltja ki, hogy a felmelegített tejben lévő zsírgolyócskák egy nagynyomású térből szűk csatornán keresztül haladva (itt felgyorsulva és deformálódva) átkerülnek egy kisnyomású térbe, ahol a turbulencia és a nyíróerők hatására elaprózódnak.

Az új, stabilabb emulzió kialakulásának döntő momentuma (az aprózódáson túl), hogy a megnövekedett zsírgolyócska felülethez legyen elegendő membránanyag illetve felületaktív anyag. Mivel a tej nem tartalmazza elegendő mennyiségben a zsírgolyócskák eredeti membránanyagait (pl. lecitin, euglobulin), ezért a zsírgolyócskák savófehérjéket, illetve kazeint adszorbeálnak, ezzel kialakítva az új burkot. Ha az aprítás és a zsírtartalom nagyobb egy meghatározott mértéknél, előfordulhat, hogy a zsírgolyócskák közelében nincs elegendő membránanyag az önálló burok kialakításához, ilyenkor a zsírgolyócskák közös burkot is kialakíthatnak, tehát halmazok jönnek létre.

A halmazok nem járulnak hozzá az emulzió stabilizálásához, ezért az aprítás mértékét a termék jellegének megfelelően kell kialakítani, azaz a homogénezési nyomást a kívánt átmérő és a zsírtartalom figyelembevételével kell megállapítani.

<b>A homogénezés mint eljárás előnyei</b>	<b>Hátrányai</b>
megszűnik a felfölöződés	tej nem fölözhető
a savas alvadék szilárdsága nő, csökken az alvadék savóeresztése	nő a tej lipáz aktivitása
a termék íze teltebb lesz (kb. 0,5%-kal érezhető zsírosabbnak)	az édes alvadék víztartóvá, nehezen „száríthatóvá” válik
javul az emészthetőség	
simább állomány	

#### 7.4.2. A homogénezés gyakorlata

A homogénezés alkalmazása:

*Részhomogénezés* elegendő pl. (csak a zsíros fázis homogénezése), ha a teltebb íz kialakítása a cél. *Teljes homogénezésre* van szükség, ha a savanyú alvadék szilárdítása, a savókiválás csökkentése a cél, ekkor a teljes anyagmennyiséget homogénezni kell. A homogénezési nyomás általában tejszínnél 60–150, tejnél, zsíros terméknel 150–200 bar. A homogénezési nyomás konkrét értékét úgy kell megválasztani, hogy a megfelelő zsírgolyócska átmérő mellett halmazképződés ne jelentkezzen. (Ha a zsírgolyócska környezetében nincs elegendő membránképző anyag, halmazok jönnek létre, amelyek ellentétesek lehetnek a kitűzött céllal, néha azonban épp ez a cél.)

*Zsírgolyócska átmérő meghatározása centrifugálásos módszerrel:* A homogénezett mintához vizet, illetve fehérjeoldó reagenst adunk, és a zsírtartalmat 3%-ra állítjuk be. Speciális centrifugacsőben kipörgetjük a mintát, majd a cső alsó és felső mintarétegéből külön-külön meghatározzuk a zsírtartalmat.

Átlagos zsírgolyócska átmérő:

$$\bar{d} = \frac{z - 0,11}{2,37} \quad z = \frac{z_f}{z_a}$$

ahol:

$\bar{d}$  = zsírgolyócska átlagos átmérője (μm),

$z_f$  = a felső réteg zsírtartalma (%),

$z_a$  = az alsó réteg zsírtartalma (%).

Halmazképződési mutató:

$$k = \frac{z_1}{z_2}$$

ahol:

$z_1$  = vizes hígítással kapott érték,

$z_2$  = fehérjeoldóval kapott érték.

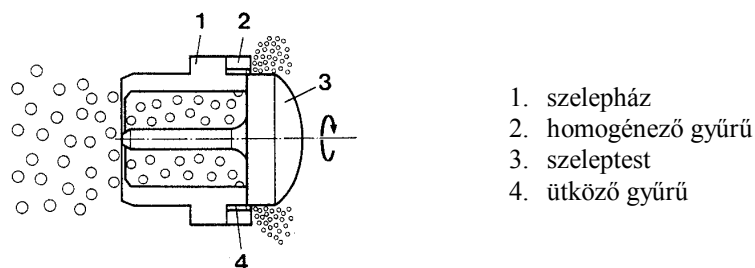
A 7.5. táblázat a fogyasztói tej és néhány tejtermék halmazképződési mutatóit tartalmazza.

**7.5. táblázat.** Tájékoztató halmazképződési mutató értékek

Termék	Halmazképződési mutató (k)
Fogyasztói tej hosszú tárolással	<1,26
Tartós kávétejszín	
első homogénezés	1,3–1,5 kisméretű halmazok
második homogénezés	<1,23 ( $d_2=d_1$ )
Tartós habtejszín	1,5–2,0 ( $d=0,8 \mu\text{m}$ )
Tejföl	2,0–2,5

A tejiparban általánosan a dugattyús homogénező gépek terjedtek el. A homogénező tulajdonképpen több dugattyús szivattyú, amelybe a homogénezendő folyadékot (tejet, tejszínt) közös szívótérből 3–5 váltva működő dugattyú a szűk nyílású nyomószelepeken

(homogénézőfejen vagy -szelepen) át közös kivezető csőbe nyomja, miközben megtörténik a zsírgolyócskák felaprítása.



7.8. ábra. A homogénéző szelep metszete, elvi működése

A homogénéző legfontosabb része a *homogénéző szelep* (7.8. ábra). A szelep furatán át a dugattyú a folyadékot a szabályozható előfeszítésű rugóval megtámasztott szeleptányérnak nyomja, amely a nyomás hatására megemelkedik, és a keletkezett szűk résen a folyadék megnövekedett sebességgel áramlik át, miközben az áramlási irány változása ütközéseket is előidéz. Az áramlási-sebességnövekedés és az ütközések váltják ki a homogénezési hatást. A kívánt homogénezési nyomást, illetve nyomáskülönbséget a gyakorlatban különféle szeleptípusokkal, kétfokozatú homogénézőfejjel oldják meg.

A homogénezési nyomáshatárok a gyakorlatban 100–250 bar között vannak. Az ultrapasztörözkor alkalmazott homogénéző gépekkel szemben – a szokásos tejipari igényeken felül – további követelményeket támasztanak. Általában olyan kétfokozatú homogénézőket használnak, amelyek alkalmasak nagy nyomások (300 bar) előállítására. Lényeges, hogy a gép stabil üzemi jellemzőkkel rendelkezzen, ne veszélyeztesse az ultrapasztöröző vonal helyes működését. A korszerű típusokat olyan automatikus nyomásszabályozóval látták el, amely az állandó homogénezési nyomást és a visszaváltás, tisztítás idején a szelep tehermentesítését szolgálja. A közvetlenül a csomagológépet ellátó ultrapasztöröző vonal bizonyos határok között képes alkalmazkodni a csomagológép teljesítményéhez.

A homogénezésre kerülő termék szerint kétféle eljárást különböztetünk meg: a teljes homogénezést és a részhomogénezést. A teljes homogénezéskor az egész tej- vagy alapanyag mennyiséget, a részhomogénezéskor csak a szükséges zsírtartalmú tejszint homogénezünk, majd ezt keverjük a zsírtmentes anyaghoz a kívánt zsírtartalom beállítása céljából.

## 7.5. A zsírtartalom beállítása

A frissfogyasztású termékek előkezelési műveletei közé tartozik a tej zsírbeállítása, a standardizálás. A zsírtartalom beállításának Magyarországon még általánosan alkalmazott, hagyományos módja a *szakaszos zsírbeállítás*. Ennek alkalmazásakor a beállításra szánt köztes termékeket (főlözött tej ill. tejszín, vagy teljes tej) – igény szerint – megfelelő úrtartalmú tankba vezetik, meghatározzák a zsírtartalmakat, majd az eredménytől függően kívánt zsírtartalomhoz szükséges arányban egy keverőtartályban összemérik és összekeverik azokat. A szakaszos módszer nagy előnye egyszerűsége és viszonylagos olcsósága, de számos hátránya is van. Mindenekelőtt megfelelő kezelő (manipulációs) tankokat igényel, amelyekben hosszabb keverés után sem mindig érhető el a tejszír egyenletes elosztása. Pontatlanul mérhetők az összekeverésre szánt folyadékmennyiségek is. Ezek miatt többszöri zsírtartalom vizsgálat válik szükségessé, de ennek ellenére előfordulhatnak nagyobb eltérések (0,05–0,5%). Szakaszos volta és időigénye nem felel meg a nagyüzemi munka- és üzemszervezés követelményeinek. A felsorolt hátrányok miatt többféle *folytonos módszer* alakult ki. Ezek megoldási módjaik és színvonaluk szerint lehetnek kézi szabályozású, félautomata, vagy teljesen automatizált eljárások.

A *kézi szabályozású* berendezés lényegében a zsírbeállító szerelvénnel ellátott főlőzőgépből áll. A kívánt összetételű alapanyag beállításához ismerni kell a főlőzött tej és a tejszín zsírtartalmát, a keverési arányt ennek alapján állapítjuk meg számítással. A főlőzőgépről lejövvő sovány tej mennyisége (és általában zsírtartalma) konstans, amihez a kívánt mennyiségű tejszín gépi úton keverjük úgy, hogy áramlási mennyiségét kézi szabályozású fojtószeleppel állítjuk be. A pontosságot mennyiségmérővel ellenőrizzük.

A *félautomata* berendezések használatakor már csak az alapanyagok zsírtartalmát kell ismerni. Ezek értékeit, valamint a kívánt zsírtartalmat a vezérlőasztalon betáplálják. Ezt követően a berendezés automatikusan szabályozza az alkotórészek arányát, és elvégzi összekeverésüket.

Az *automata* berendezéseknél csupán a kívánt zsírtartalmat kell a vezérlőasztalon a készülékbe táplálni. A műveletet a gép azután automatikusan végrehajtja, függetlenül az anyagok zsírtartalmának ingadozásától és áramlási viszonyaitól, azaz azokat folyamatosan figyelembe véve. A keverési arány szabályozását a berendezés az egyes anyagok vagy a keverék zsírtartalmának folytonos mérése alapján végzi.

## 7.6. A tejtermékek ízesítése, stabilizálása

### 7.6.1. Ízesítés

A termékbe kerülő élelmiszeradalékok egyik legfontosabb csoportját alkotják az ízesítőanyagok. Ezek közül leggyakoribbak a répacukor, cukorszörpök, kakaópor, gyümölcszörpök, steril darabos gyümölcsök, gyümölcsvelők (pulpok), citromsav. Mivel ezek az élelmiszerjellegű adalékanyagokhoz tartoznak, így a tejtermékekben élelmezés-egészségügyi engedély nélkül felhasználhatók. Mindenképpen vigyázni kell azonban ezek felhasználása során a sterilitásukra, (különösen abban az esetben, ha az adalékanyag jellegénél fogva újabb hőkezelésre nincs mód) nehogy a termékben utófertőzést okozzanak.

Az ízesítés tulajdonképpeni legfontosabb kellékei az *aromaanyagok*. A tulajdonképpeni (komplett) aromák, aromakészítmények összetett és koncentrált iparilag gyártott adalékanyagok. Lényeges tulajdonságuk a szag és az íz. A már ízesített tejtermékek vagy a tejtermékbe kerülő élelmiszerjellegű ízesítő adalék ízének a standardizálására használatosak. Ritkán önmagukban is alkalmazzák őket ízesítésre. Az aromákat a következők szerint csoportosítják:

- *Természetes aromák:* a növényi vagy állati anyagokból, vagy a kifejezett ízű élelmiszerekből fizikai eljárással kinyert aromák.
- *Természetazonos aromák:* a természetessel megegyező összetételű egyszerű aromák keverékei, amelyeket kémiai úton izolálnak a természetes anyagokból, vagy szintetikus úton állítanak elő.
- *Mesterséges aromák:* kémiai úton előállított anyagok, amelyek a természetes aromákban nem fordulnak elő. Minden aroma, amely egy vagy több ilyen anyagot tartalmaz, mesterségesnek számít. Ezek azonban tejtermékek ízesítésére nem használhatók.

### 7.6.2. Adalékanyagok bedolgozása

Az egyes adalékanyagokat tulajdonságaiktól függően más-más módon és a gyártástechnológia különböző szakaszaiban viszik be. Bevitelükre általában három módszert alkalmaznak. Ezek: az *oldás*, a *feltárás* és a *bekeverés*.

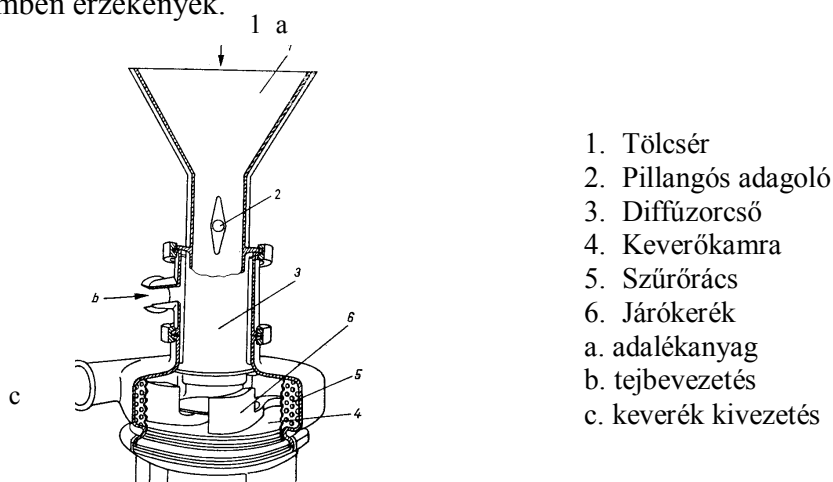
*Oldás:* A vízben oldható adalékanyagokat általában apró részletekben adjuk az előmelegített (40–45 °C-os) tejhez, és intenzív keveréssel segítjük elő az oldást. Így visszük be a cukrot, a kávéport, a gyümölcszörpöt stb. Általában a végső összetételnél töményebb oldatot

készítünk, majd ezt megfelelő arányban hígítjuk tejjel. Az oldási művelet céljára intenzív keverést biztosító, fűthető-hűthető technológiai tankok alkalmasak.

**Feltárás:** A vízben rosszul vagy csak részben oldódó, továbbá a szuszpendálható anyagokat fizikai feltárással visszük be a tejbe, tejszínbe. A kakaóport pl. cukorral és kevés langyos tejjel intenzív keverés közben péppé dolgozzuk el, és ezután adjuk a tejhez. A fizikai feltárást végezhetjük szakaszosan, fűthető keverőedényekben, vagy folytonos működésű berendezésekben. Általában így visszük be a különböző állományjavító anyagokat is.

**Bekeverés:** A darabos ízesítőanyagokat (pl. gyümölcsök) legtöbbször a késztermékbe visszük be egyszerű bekeveréssel (7.9. ábra). Általános gyakorlat, hogy az adalékanyagokat a tejbe, tejszínbe a pasztörözés előtt viszik be. Az adalékanyagok egy része (cukor, kakaópor stb.) ugyanis tartalmazhat mikroorganizmusokat, és így ezektől fertőződhet a termék.

Az ízesítőanyagok is általában teltebb, teljesebb ízű terméket adnak, ha a bevitel után pasztörözzük a félkész terméket. Sok esetben előnyös, ha az adalékanyag bevitel után a félkész terméket először homogénezzik, majd pasztörözik. A pasztörözés után csak azokat az adalékanyagokat viszik be a félkész termékekbe, amelyek hővel vagy intenzív mechanikai behatással szemben érzékenyek.



7.9. ábra. Pipe in pipe bekeverő egység

Ilyenek, pl. az illékony aromák, egyes színezőanyagok vagy például a darabos gyümölcsök. Pasztörözés után azonban csak olyan adalékanyagok vihetők be, amelyek jellegüknél fogva csírámentesek (pl. aromák), illetve megfelelő módon csíráatlanítottak. A vitaminokat is pasztörözés után célszerű a termékbe keverni.

### 7.6.3. Stabilizálás

**A zselírozó-, dúsítóanyagok, valamint stabilizátorok fogalmi meghatározása:** Általában szerves hidrofil anyagok. Víztartalmú élelmiszerekben – pl. tejtermékekben, gyümölcskészítményekben – viszkózus oldatokat vagy szuszpenziókat, illetve formatartó géleket képeznek. Ha a diszperz rendszerekre stabilizálóan is hatnak, úgy stabilizáló anyagokról beszélünk. Bedolgozásuk eredményessége a bekeverés módjától, az alkalmazott hőmérséklettől és/vagy a megfelelő pihentetési időtől is függ.

#### Zselírozó-, dúsító- és stabilizáló anyagok

**Guargumi (guarán):** a guar magjából nyert szárazföldi növényi gumi. Fehér, sárgásfehér színű por. Kiemelkedő tulajdonsága, hogy hideg vízben is viszonylag gyorsan feltáródik, és nagy viszkozitású kolloid diszperziót képez.



*Szentjánoskenyér-mag-liszt.* A szentjánoskenyérfa magjából nyert szárazföldi növényi gumi. Majdnem fehér színű. Semleges ízű, porszerű termék. Szentjánoskenyér-mag-liszt alapú készítmény pl. a gyümölcsjoghurthoz használják.

*Az alginsav és származékai.* A barna algából előállított tengeri növényi gumik. Fehér vagy sárgásfehér színű, íz és szag nélküli porok. Az alginsav származékok jól összeférnek a fehérjékkel, szénhidrátokkal és emulgeált zsírokkal.

*Karragén.* Különböző vörösalga-származékokból nyert tengeri növényi gumi. Fehér, sárgásfehér színű por. Különleges tulajdonsága, hogy reakcióba lép a tejben lévő kazeinnel. Így igen kis töménységben is olyan viszkozitásnövekedés következik be, amely csekély mértékű ugyan, de mégis elegendő a kakaópor tartós szuszpendálásához.

*Keményítő.* Főleg kukoricából, burgonyából, búzából állítják elő. A keményítő hideg vízben alig, meleg vízben viszont jól oldódik. Ha a tömény oldatot lehűtjük, úgy kocsonyásan megduzzad. Ezt a tulajdonságot használják fel pl. a tejpudingok készítésénél.

*Pektin.* A pektint főleg gyümölcsből állítják elő. Segítségével jó minőségű géleket lehet képezni kevés cukor hozzáadásával, vagy akár cukor nélkül is.

*Zselatin.* Állati eredetű anyag. Hideg vízben megduzzad, 5–10-szeres mennyiségű vizet képes felvenni. 40 °C fölött rövid idő alatt oldódik. Visszahűtve 35 °C alatt kocsonyásodni kezd. A gél kb. 12–18 óra múlva éri el állandó szilárdságát. Legjellemzőbb tulajdonsága a gél szilárdsága.

*Összetett készítmények.* A kereskedelmi forgalomban levő zselírozók, dúsítók és stabilizátorok nagyjából összetett készítmények. Ezek az előbbieken felsorolt alapanyagokon kívül még számos más anyagot is tartalmazhatnak.

## **7.7. Töltés, csomagolás**

### *7.7.1. Hosszú eltarthatósági időt biztosító eljárások*

*A melegen való letöltés.* A világon mindenütt a friss tejtermékek eltarthatósági idejének növelésére törekednek. Mivel a tejtermékek biológiai stabilitását tartósítószerrel tilos növelni, ezért általában valamennyi országban a hőkezeléses tartósítás valamely módszeréhez folyamodnak. A friss tejtermékekre nézve ma a legelterjedtebb a melegen való letöltés, valamint az utópasztörözés.

*A melegen való letöltéskor* a terméket nem hűtik le a pasztörözési hőmérsékletre, és közvetlenül – általában 65–70 °C-on – adagolják. A melegen való letöltés a hőérzékeny vegetatív csirákkal való utólagos fertőződés elkerülését célozza. A termékek fizikai szerkezetének, állományának védelme, az esetleges ízváltozások megakadályozása, továbbá a csírapusztulás hatásfokának növelése végett kívánatos a csomagolt termékeket gyorsan 10 °C alá hűteni. A melegen való letöltéssel az eltarthatóság csak szerény mértékben növelhető, a megkívánt hatás inkább a termék 10 °C alatti tárolása során jelentkezik.

*Aszeptikus töltés és csomagolás.* Az ultrapasztörözött termékek tárolhatóságának alapvető feltétele az aszeptikus körülmények közötti csomagolás. Mivel a hosszú tárolás alatt a steril termékekben fizikai és kémiai változások is bekövetkezhetnek, ennek elkerülésére a csomagolásnak fényt és oxigént át nem eresztőnek kell lennie. A csomagolóanyagnak továbbá olyannak kell lennie, hogy abból alkotórészek (íz- és szagot adó anyagok) ne oldódhassanak ki. Az ultrapasztörözött termékek aszeptikus csomagolására alkalmas eljárások három fő csoportba sorolhatók.

- aszeptikus tasakcsomagolás,
- aszeptikus műanyag palackos (flakonos vagy poharas) csomagolás,
- papíralapú, több rétegű fóliás csomagolás.

Európában leginkább a papíralapú, több rétegű aszeptikus csomagoló eszközök terjedtek el. Ilyen pl. a hétrétegű (polietilén–papír) kombinált fólia. Az aszeptikus töltő-csomagoló berendezést, amellel hogy steril levegős túlnyomáson üzemeltetik, a többi gyártórésztől elkülönített helyiségben kell elhelyezni, hogy a környezeti levegő fertőzésveszélyét kiküszöböljék.

#### *7.7.2. A frissfogyasztású tejtermékek csomagolása*

A frissfogyasztású termékek csomagolásában – rendeltetésüket tekintve – két nagy csoportot: a nagyfogyasztói és a fogyasztói csomagolást különböztetjük meg. A csomagolás több célt szolgál. Elsősorban védi a terméket a külső hatásokkal szemben, ezen kívül megkönnyíti a szállítást, raktározást és eladást. A csomagoláson a vonatkozó előírásoknak megfelelően fel kell tüntetni a termék nevét, előírt jellemzőit, továbbá a fogyaszthatósági, illetve minőség-megőrzési időt és a tárolási hőmérsékletet.

*Nagyfogyasztói csomagolás:* a nagyfogyasztói csomagolások használatának célja a vendéglátóipar, a kórházak és egyéb intézmények ellátása. A folyékony termékek hagyományos csomagolására Magyarországon többnyire a 25 literes tejeskannát használják, külföldön és ma már Magyarországon is azonban nem alaktartó egyutas nagyfogyasztói csomagolásokat is használnak erre a célra. Ezek vagy előre gyártott, vagy a töltő-záró gépen hegesztett 5–20 literes űrtartalmú műanyag zsákok. Zárásukról hegesztéssel, beépített csappal vagy pattintózárrel gondoskodnak. A kannás nagyfogyasztói csomagolás olcsó, viszont a kanna kinyitása után nagy az utófertőzés veszélye. A kannákat vagy fejtőpisztollyal, vagy mérőórás adagolókészülékkel töltik meg. A fejtőpisztolyos töltés gyors és egyszerű, de hátránya, hogy a töltéskor a tejet nem lehet mérni, s emiatt pontatlan. A megtöltött kannák fedelét tömítőpapírral látják el, lezárják, majd címkézve leplombálják.

*Fogyasztói csomagolások:* a frissfogyasztású termékek fogyasztói csomagolására Magyarországon leginkább a tasakcsomagolást (0,5 és 1 literes egységekben) és a műanyag poharas csomagolást (0,1, 0,2 literes fóliazárású poharak) használják. A fogyasztói tejfélések csomagolására külföldön általában üvegcsomagolást, továbbá az alaktartó rétegelt kartondobozos csomagolást (Tetra-Pack, Tertabrick, Purepack, Zupack) és a műanyag flakonos csomagolást használják, de világviszonylatban egyre inkább uralkodóvá válik a kartondobozos csomagolás. A Magyarországon még alkalmazott tasakcsomagolás előnye valamennyi egyéb csomagolási móddal szemben, hogy olcsó, hátránya viszont, hogy könnyen sérül és nem alaktartó, és belőle közvetlenül fogyasztani körülményes. A poharak a töltő-záró géptől függően előre gyártottak, vagy a töltő-záró géppel egybeépített mélyhúzó-formázó egységben fóliatekeresből gyártják. A mélyhúzó egységgel kombinált gépek előnye, hogy a terméket így gyakorlatilag steril poharakba töltik és zárják, továbbá, hogy elmarad az előre gyártott poharak csomagolása, szállítása és raktározása. A fogyasztói csomagolások közül az üvegcsomagolást többutas, az egyéb felsorolt csomagolásokat pedig egyutas csomagolásnak is nevezik. Az üvegcsomagolás, amely az utóbbi évtizedekben Anglia, Hollandia és Belgium kivételével visszaszorult, ma ismét kezd terjedni, elsősorban környezetvédelmi szempontok miatt (pl. Németországban). A nagyvárosok háztartási szeme napjainkban ugyanis már olyan nagy százalékban tartalmaz nem elrothasztható anyagokat, hogy a szemét megsemmisítése mind problematikusabb és költségesebb. A jövő útja feltehetően visszatérés a hagyományos csomagolóanyagokhoz, megkeresve annak lehetőségét, hogyan lehet a kétféle csomagolás előnyét egybeépíteni. Ezzel együtt azonban a fejlett országokban törvény írja elő a csomagolóeszközök újrafeldolgozását (recycling).

*Gyűjtőcsomagolás:* a különböző gyűjtőcsomagolások feladata, hogy a termék könnyen mozgatható, raktározható és szállítható legyen. A frissfogyasztású termékek gyűjtőcsomagolására leggyakrabban a műanyag rekeszeket, ládákat használják. Ezek

úgynevezett visszatérő gyűjtőcsomagolások. E csomagolásmód a legolcsóbb, hátránya viszont a visszatérő anyagok szállítása és mosása, amely a gépesítéstől függően kisebb vagy nagyobb költséggel terheli az előállítás költségét. A korszerűbb gyűjtőcsomagolást a nem visszatérő, egyutas kartonrekeszek jelentik, amelyeket már Magyarországon is használnak a joghurthaboknál, a gyümölcscsel rétegezett túrókrémeknél valamint egyéb desszert jellegű termékek esetében. E csomagolási mód csak viszonylag drága, miután itt elmarad a visszaszállítás és üzemi tisztogatás költségtényezője.

## 7.8. Speciális tejipari műveletek

A következőekben néhány olyan műveletről szólnunk röviden, amelyeket nem minden, de egyre több tejtermék gyártásakor alkalmaznak. A műveletekről teljesebb képet szerezhet az olvasó a konkrét termék gyártását leíró részekben közölt információkkal.

### 7.8.1. Alvasztás

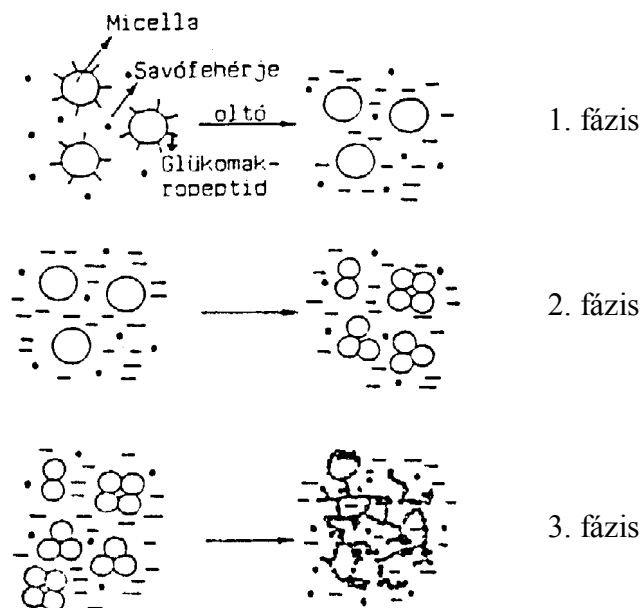
A tej alvadása tulajdonképpen szol-gél átalakulás, amelyet a kazein micellák töltésvesztése révén kialakuló destabilizáció idéz elő. A tej normális pH-értékén a kazein micellák kifelé negatív töltéssel bírnak. A töltés mennyisége illetve a töltés erőssége azonban az oldat  $H^+$  és  $OH^-$ -ion koncentrációjától függ, mivel a kazeinfehérjék amfoter tulajdonságúak. Így a kazein micellák „semleges” pH-tartományban (5,0 fölött) kifelé negatív töltésűek, „savas” tartományban (4,5 alatt) kifelé pozitív töltésűek, míg 4,5–5,0 pH között semlegesek. Ez utóbbi pH-értéket, azaz ahol a negatív és pozitív töltések kiegyenlítik egymást és a molekula kifelé semleges, *ionelektromos*, vagy *izoelektromos* pontnak nevezzük. A kazein micellák tehát alapesetben kifelé negatívak és így a tej emulziójában viszonylag stabilak. Ezt a stabilitást a pH csökkenése és oltóenzim alkalmazása tudja megbontani, ezzel a tej savas, vagy oltós, más szóval, „édes” alvadását okozva.

*Savas alvadás.* A tej pH-jának csökkenését a mikroorganizmusok által a tejcukorból képzett tejsav, egyes esetekben a külön adagolt sav váltja ki (pl. savkazein gyártásakor). A pH csökkenésével megkezdődik a kazein micellák töltésvesztése és a destabilizáció, egyes részecskék a köztük fennálló potenciálgát erejét leküzdve összekapcsolódnak. A potenciálgát fokozatos csökkenésével egyre több részecskéből álló kazein-aggregátumok keletkeznek, miközben az egyes aminosavak által ionosan kötött Ca szabadul fel, tehát nincs szükség a Ca-ionokra az alvadáshoz. Az aggregátumokból előbb lineáris láncok alakulnak ki, majd 5,0 körüli pH-n a molekulák közötti másodlagos kötőerők kialakítják a gélstruktúrát, ami magába zárja a szérumot.

A savas alvadás folyamatában és a végső gélstruktúra kialakulásában a hőmérsékletnek van még fontos szerepe. Minél alacsonyabb a hőmérséklet (ezáltal a rendszer belső energiája) annál nagyobb a valószínűsége a lineáris micella láncok kialakulásának és fordítva, magasabb hőmérsékleten a háromdimenziójú, térben elágazó micella aggregátumok kialakulása a valószínűbb. Ennek gyakorlati következménye, hogy alacsonyabb hőmérsékletű alvasztással (lineáris láncokkal) homogénebb, savókötebb, magasabb hőmérsékletű alvasztással pedig savóeresztőbb savanyú alvadékokat lehet előállítani.

*Oltós alvadás.* Az oltós alvadás az oltó (rennin, kimozin) okozta destabilizáció miatt jön létre, három jól elkülöníthető szakaszban (7.10. ábra). Az első fázisban az oltó, a stabilitásért felelős  $\kappa$ -kazeinről lehasít egy nitrogénmentes, ún. *glükó-makropeptidet*, miközben a maradékból *para- $\kappa$ -kazein* jön létre. A kazein micellák tehát destabilizálódnak. A második fázisban a szérumban lévő Ca-ionok összekötik a reakcióképes *para- $\kappa$ -kazein* molekulákat és

rajtuk keresztül a kazein micellákat, így több micellából álló aggregátumok képződnek. A harmadik és leggyorsabb fázisban a micella aggregátumokból kialakul a térhálószerű gél szerkezet. Az alvadás előrehaladtával párhuzamosan nő az alvadék Ca-tartalma.



**7.10. ábra.** Az oltós alvadás folyamata

A másik lényeges különbség a savas alvadással szemben, hogy az NPN (nem-féherje nitrogén) lehasítását követően (amely folyamat időigénye elsősorban az oltóenzim koncentrációjától függ) a gél szerkezet gyorsan alakul ki.

Az alvadási folyamat elkerülhetetlen velejárója a szinerezis jelensége, ami tulajdonképpen az alvadék öregedésének folyamata. A kialakult gél szerkezetben lévő molekulák közötti kötőerő az idő múlásával egyre erősebb lesz, ezért azok egyre közelebb kerülnek egymáshoz. Ennek természetesen az a következménye, hogy a micella aggregátumok közötti térből szérum (víz, savó) préselődik ki. A jelenség mindig fellép, függetlenül attól, hogy az alvadást mi idézte elő. A kazein micella fonalak rövidülését, tehát az alvadék zsugorodását és így a szérum eltávolítását gyorsítani lehet a felület növelésével (az alvadék aprítása), melegítéssel savanyítással és préseléssel. A felsorolt módszerek a mechanikailag kötött és a hidratburok víz egy részének eltávolítását segítik elő. A kémiai kötött víz a szokásos élelmiszeripari technológiai eljárásokkal nem távolítható el.

A gyártások során az alvasztás körülményeit, és az azt követő műveleteket tehát az elérni kívánt célok (a termék kívánt tulajdonságai) határozzák meg. *A savanyú készítményeknél a savó kiválás elkerülése, míg a túró és sajtalvadék esetében ellenkezőleg, lehetőleg sok (elegendő) savó eltávolítása a cél.*

Az édes és savanyú alvadék nemcsak szerkezetében, Ca-tartalmában, de egyéb tulajdonságokban is eltér egymástól. A savanyú alvadék egy idő után a savó tetején gyűlik össze, míg az édes alvadékaprítás után gyorsan leülepszik és össze is tapad, ami a sajtgártás során gondot okozhat. Az alvasztásról szólunk még a konkrét alkalmazásoknál, pl. a sajtgártásnál.

### 7.8.2. Ömlesztés

Az ömlesztett sajtok gyártásakor az ömlesztési folyamat alatt először az eredeti gélállapotú sajtszerkezet megbontását végezzük, majd az ömlesztés után a gyártás végső fázisában (hűtés) ismét gélállapot alakul ki, de kissé más szerkezetben. Az új szerkezetet döntően az alapanyagok, az ömlesztéshez használt „ömlesztősók”, és az alkalmazott gyártási paraméterek határozzák meg.

Az ömlesztéskor kolloidkémiai szempontból arról van szó, hogy az ömlesztés első szakaszában a sajtszerkezetet kialakító kazeinlánc a hőmérséklet hatására megduzzad és megkezdődik a kazein hidratációja. A második szakaszban a hidratáció folytatódásával a kazeinlánc elszakadozik és kialakul a „szol” szerkezet, amelyben a diszperz részek a kisebb-nagyobb szétszakadt és hidratált kazein micellák lesznek. A harmadik fázisban döntő szerep jut az ömlesztősóknak, ugyanis azok szakítják a Ca-hidakat, hozzákapcsolódnak a kazeinhez, miáltal új hidrátburok, majd a hűtés végére a micellák összekötésével egy új gél szerkezet alakul ki. Az új gél szerkezet viszkozitását, állományát a már említett tényezők jelentősen befolyásolják.

A kazeingél hidratációja már a sajt érése során megkezdődött, hiszen vízzel oldható aminovegyületek keletkeztek. Az érés során azonban mindig jelentős mértékben marad oldhatatlan kalcium-para- $\kappa$ -kazein, ami az ömlesztés során hidratálódik, azaz vízben oldhatóvá válik. A gélállapotú sajtból sajtszol lesz, ami az alkalmazott magas hőmérséklet, de még inkább az ömlesztősó hatására alakul ki. Ha nem használnánk ömlesztősót, a hő hatására szollá alakult sajt nem tud újra gél szerkezetet felvenni, a fehérje elválk a szérumtól, azaz kicsapódik. Ezt a kicsapódást is az ömlesztősó akadályozza meg úgy, hogy szakítja a kalcium-hidakat, majd a kazein részecskékhez kapcsolódva újra összekapcsolja azokat (így azok újra töltéssel fognak rendelkezni), végső soron tehát a hidratálódás után együtt alakítja ki a kazeinnel az új gél szerkezetet. Az érés során már elkezdődik tehát a gél-szol átalakulás, ezért az ömlesztett sajt szerkezetét leginkább a sajt érettsége befolyásolja. Fiatal, éretlen sajtból (hosszú szerkezet) ezért elsősorban vágható állományú ömlesztett sajtot készítünk, míg érett sajtból (rövid szerkezet), elsősorban kenhető terméket.

Az ömlesztősó fajtája úgy befolyásolja a szerkezetet, hogy minél kisebb molekulatömegű sót használunk, annál inkább előidézzük a szol kialakulását, a hidratációt, ezzel kenhetőbb állományt kapunk és fordítva, ha nagy molekulatömegű sót alkalmazunk, az eredmény vágható állomány lesz. A kívánt állományra egyedi ömlesztősó-keverék kidolgozása szükséges, hiszen foszfátokból is számos különböző funkciós tulajdonságú alapanyag létezik. Orto- és polifoszfátok a Na-ortofoszfát, Na-piro-, tri- és tertafoszfát, míg a metafoszfátok közé tartozik a tri-, tetra- és izo-metafoszfát.

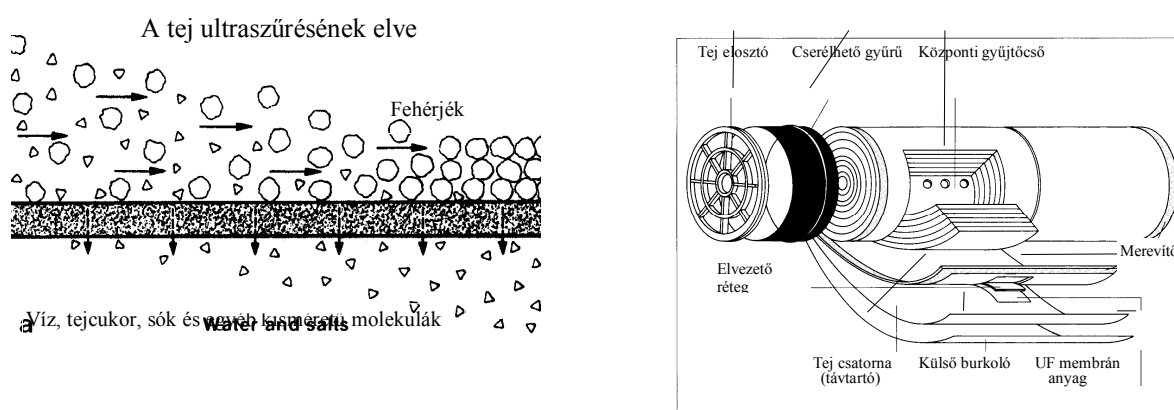
Az ömlesztési idő befolyásolja a krémesítést. Egyszerűen fogalmazva arról van szó, hogy a krémesítés előre haladtával az *ömlesztett sajt* szerkezete rövidül, tehát hosszabb idő használatával kenhetőbb állományt idézünk elő. A megmunkálás intenzitása hasonlóan módosítja az állományt. Vagyis intenzív munkával kenhetőbb, míg kíméletesebb megmunkálással vághatóbb állomány kialakítása a cél. Előömlesztett sajt és víz hozzáadása segíti a krémesítést, tehát kenhetőbb sajtot eredményez.

A gyártás során az utolsó állományt befolyásoló tényező a megömlesztett forró sajt visszahűtésének sebessége. A hűtési sebesség a szol-gél átalakulás időigényének ténye miatt befolyásolhatja az állományt. Ha gyorsan hűtjük le az ömlesztett sajtot, akkor inkább a szol szerkezet marad meg, tehát kenhető állományt érünk el, és fordítva, ha kellő időt hagyunk a gél szerkezet visszaalakulására lassú hűtéssel, úgy erősebb kötések keletkeznek, tehát inkább vágható állományt kapunk.

### 7.8.3. Ultraszűrés (UF)

Az ultraszűrés speciális membrántechnikai eljárás, melynek során szelektív elválasztás válik lehetővé, elsősorban a folyadékot alkotó alkotórészek molekulatömegének eltérő nagysága alapján. Az elválasztás alapja tehát a molekulatömegek nagyságrendbeli eltérése, illetve a membrán jellemző pórusátmérője, sokszor azonban másodlagos hatások is érvényesülnek (pl. töltéskülönbség).

A membránt általában polimerizálható műanyagokból készítik, amelyek meghatározott méretű és viszonylag homogén méreteloszlású „lyukakat” tartalmaznak. Felépítésében a membrán lehet aszimmetrikus és vegyes membrán. Az aszimmetrikus membrán kémiaileg azonos anyagból készül, amely fizikailag eltérő szerkezetű a két oldalán, a felületi vékony film a hatékony szűrőréteg, amelyet megtámaszt a vastagabb, de a szűrés szempontjából inaktív alsó réteg. A vegyes membrán az előbbivel azonos funkciójú, de kémiaileg eltérő két anyagból készül. A tejipari ultraszűrő membránok 10.000–30.000 Dalton „vágási élességűek”, azaz az ennél a molekulatömegnél nagyobb molekulákat 95%-ban visszatartják, a kisebbeket pedig átengedik. Így a tej esetében áthalad a víz, a tejcukor, az oldatban lévő ásványi anyagok egy része és némi fehérje-töredék, míg visszatartódnak elsősorban a fehérjék (kazein és savófehérjék), természetesen a többi alkotóval keveredve. A visszatartott frakciót koncentrátumnak (retentát), míg a membránon áthaladt frakciót permeátumnak nevezzük (7.11. ábra).

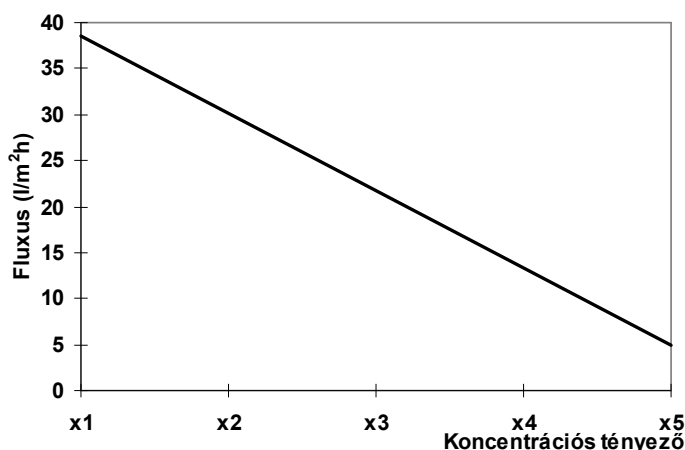


7.11. ábra. A tej ultraszűrésének elve

A műveletnek ott van igazán nagy jelentősége, ahol nagy szárazanyag-tartalmú, elsősorban nagy fehérjetartalmú termék gyártásáról van szó. A savófehérjék visszatartásával és az egyéb komponensekben történő szegényítéssel igen magas fehérje-arányú köztes alapanyag, sűrítmény állítható elő. További felhasználás során a sajtfélénél kiemelkedően jó kitermelés, illetve fehérjekoncentrátumoknál igen magas fehérjetartalom érhető el a késztermékben. Az ultraszűrés, mint sűrítési, koncentrálnálási eljárás, lényegében abban különbözik a bepárlástól, hogy az UF esetén a késztermék (koncentrátum) alkotórészeinek aránya eltér a kiindulási alapanyagétól, hiszen nem csak a víz távozik a rendszerből.

A membránok ill. az ultraszűrés teljesítményét a fluxus jelzi, ami a permeátum térfogatára 1 m<sup>2</sup> membránfelületre vonatkoztatva (liter/m<sup>2</sup>·h). A fluxus szoros összefüggésben van egy újabb jellemzővel, a koncentrációs tényezővel amely tulajdonképpen a szűréssel elérhető térfogatcsökkenést fejezi ki. Számszakilag a betáplált kezdeti térfogat és a végső sűrítmény-térfogat aránya. A fluxus csökkenése figyelhető meg a koncentrációs tényező növekedésével párhuzamosan. Ennek az az oka, hogy minél inkább csökken a térfogat, annál közelebb kerülnek egymáshoz a visszatartott molekulák, amelyek gátolják a permeátum

eltávozását a membránon keresztül. Ez a folyamat vezet a koncentráció polarizációhoz, ami a visszatartott molekulák membránfelülethez közeli nagymértékű koncentrálódása. Ez végső soron nem kívánatos jelenség mert olyan mértékűvé is válhat, hogy a berendezés ésszerű üzemelését (túl kis fluxus) megakadályozhatja. A fluxus függ a szűrendő anyag összetételétől, az áramlási sebességtől és a membránfelület nagyságától. A 7.12. ábrán a koncentrációs tényező és a fluxus közötti összefüggés látható.



**7.12. ábra.** A fluxus és a koncentrációs tényező kapcsolata

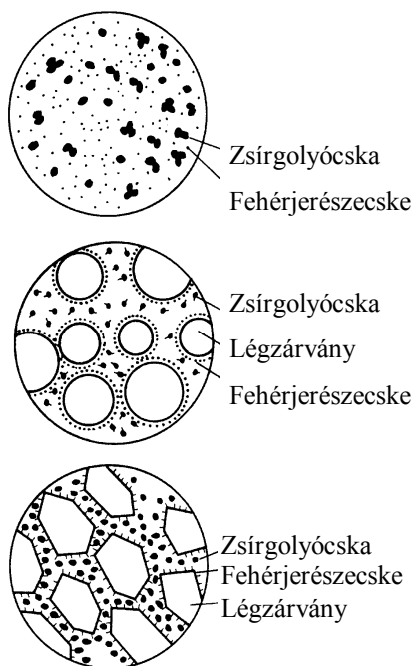
Az ultraszűrést a tejiparban hatékonyan és jól alkalmazzák pl. krémfehérsajt és porított fehérjekoncentrátumok előállításánál. Félkemény sajtok gyártásánál magyarországi kutatások szerint nem vált be teljes mértékben, de történtek kísérletek étkezési túró gyártására is. A három leginkább alkalmazott vízelvonási művelet közül (bepárlás, porlasztva szárítás, ultraszűrés) a legkisebb üzemeltetési költséggel az ultraszűrés jár, ezt követi a bepárlás, majd a porlasztva szárítás. Ugyanakkor a membránok igen sérülékenyek, ezért a hirtelen nyomásingadozásoktól, és a mechanikai szennyeződésektől óvni kell azokat. Amennyiben ugyanis a membránfelület bárhol kilyukad, a fehérje-visszatartás csökken, súlyos esetben megszűnik. Nagy teljesítményhez, azaz nagy fluxushoz (térfogatáramhoz l/m²·h) nagy membránfelület szükséges. Ezt úgy érik el az ultraszűrőkben, hogy az egyes modulokat különböző kapcsolásokban összekötik és az egy modulban lévő szűrőfelületet is növelik, például spirálcső elrendezéssel.

A membrán teljesítményét tulajdonképpen a fluxussal (permeát-fluxussal) lehet lemérni, amelyet a gyakorlatban a túl alacsony és túl magas hőmérséklet és a koncentráció-polarizáció csökkenti. A koncentráció-polarizáció jelensége egyszerűsítve azt jelenti, hogy a „sűrítés” előrehaladtával a membrán felületéhez legközelebbi anyagrétegben olyan mértékben megnő, koncentrálódik a visszatartott molekulák mennyisége, ami már gátolja a kis molekulák átáramlását is, tehát a permeátum fluxusa (térfogatárama) csökken. Ezért nem lehet gazdaságosan a tejet tetszőlegesen magas szárazanyag-tartalomig ultraszűrni. A határt a kb. 25% szárazanyag jelenti. A szárazanyag-tartalom növekedésével egy időben a rendszerben nő a hőmérséklet és a tej viszkozitása is, amely jelenségek szintén bizonyos határt szabnak a koncentrálás mértékére vonatkozóan. A jó minőségű membránok széles pH-tartományban (1–14) kb. 50 °C hőmérsékletig és hosszú ideig működtethetők.

Az ultraszűrés a tejiparban a szárazanyag-alkotók, elsősorban természetesen a fehérjék, a koncentrátumba történő magas átviteli aránya miatt kiemelkedő gazdaságosságú eljárás. Az ultraszűrés során saját vizsgálataink szerint a fehérjék átviteli aránya a koncentrátumba 94,5%. Az ultraszűrt koncentrátumból gyártott krémfehérsajt esetében a sűrített üsttej összes szárazanyag-tartalmának 66,6%-a, a zsírtartalom 93,65%-a, míg a fehérjetartalom 100%-a ment át a sajtbba.

#### 7.8.4. Habosítás

A habosítás műveletét a tejiparban egyre gyakrabban alkalmazzák, elsősorban a desszertjellegű készítmények nagyobb volumenű gyártása miatt. Jellemző művelete a vaj, a tejszínhab, a túróhabok, a fagylaltok gyártásának. Kolloidkémiai szempontból arról van szó, hogy a tejből, tejszínből, olyan diszperziót alakítunk ki, amelyben a legnagyobb részecskék a rendszerbe juttatott gázbuborékok. A gázrészecskék bejuttatása történhet mechanikai munkával (habverés), vagy nagynyomású gáz (levegő, vagy  $N_2$ ) adagolásával. A gázbekeveréskor tapasztalt érdekes jelenség, hogy először a bejuttatott gázrészecskék gömb alakúak, majd deformálódnak (poliéderes szerkezet). Ezután a folyadék-gáz határfelületen feldúsul a zsírfázis, és mivel az érlelés során a zsírgolyócskák felületére szabad zsír jutott, ez a zsírgolyócskákat mintegy összeragasztva, viszonylag merev falat alkotva stabilizálja a kialakult habszerkezetet.



A hab kialakulását és a szilárdságot elősegíti az alacsony habosítási hőmérséklet, a kissé savanyú pH és a magas szárazanyag- ill. zsírtartalom. Habverésnél igen fontos, hogy a habképzést megfelelő időben, majdnem a maximális szilárdságnál hagyjuk abba. Ezután ugyanis hirtelen csökken a habszilárdság, nő a léeresztés és a hab össze is eshet. Ebből a szempontból biztonságosabb a nagynyomású gázzal történő habosítás, amelynél a hab akkor jön létre, amikor a folyadék-gáz keverék elhagyja a nagynyomású, de kisméretű keverőtartályt és hirtelen kilép a kisebb nyomású légtérbe. A fagylaltok habosításánál nem csak habosítás, hanem fagyasztás is történik. A habképzést és a szilárdságot habképző és habstabilizáló adalékanyagokkal segíthetjük. A tej alkotói közül a savófehérjék önmagukban is igen jó habképző tulajdonságúak.

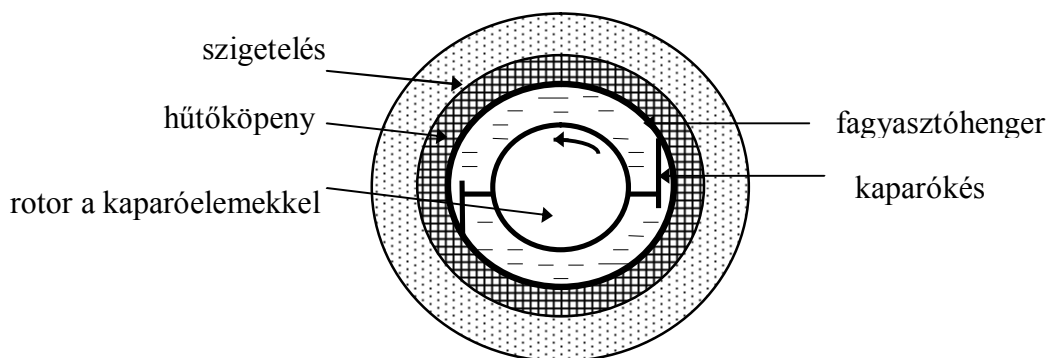
A gyártott habot a habszilárdsággal, a habtérfogattal, a bekevert levegő (gáz) térfogatnövelő hatásával (overrun), a léeresztéssel és a lé zsírtartalmával minősíthetjük. A fagylaltoknál, mint haboknál még fontos a cseppenési idő, ami szintén összefüggésben van a habtulajdonságokkal. Mivel a habok képzése a tejtermékeknél elsősorban a zsírhoz kötődik, fontos tudnunk, hogy jó habot csak érlelt (lásd vajgyártás) tejszínből lehet gyártani.



#### 7.8.5. Fagylaltok fagyasztása

A fagyasztás a fagylaltok gyártásának, a tejipari műveletek között eddig még nem tárgyalt kritikus művelete. A gyártás során más, már eddig tárgyalt műveleteket is alkalmazunk, de a fagylalt szerkezetének, állományának és nem utolsósorban élvezhetőségének kialakításában döntő a fagyasztás és habosítás. Régebben, a kisipari körülmények közötti fagylaltanyag készítésének is az volt a lényege, hogy miközben a fagyasztótartály külsejét jéggel, vagy más módon hűtötték, a masszát állandóan keverték. Ezzel a belső felületen keletkező fagyott réteget folytonosan bekeverték a massa belsejébe, miközben a keverés természetesen levegő bejuttatásával is járt. A fagyasztás során ügyelni kell arra is, hogy túlzott mértékű mechanikai munkát ne végezzünk, mert az túlzott kiköpülődéshez, deumulgeálódáshoz vezethet, ami rontja a fagylalt szerkezetét, stabilitását.

A korszerű ipari fagyasztókban is erről van szó, de a nagyobb teljesítmény mellett a korszerűbb technikai megoldások állományában mindenképpen jobb minőségű fagylaltot eredményeznek. Az iparban folytonos rendszerű fagyasztó-habosító gépeket, az ún. „freezer”-eket használnak. Ezekben szabályozni lehet a habosítás mértékét, a fagyasztás sebességét és így a kialakuló jégkristályok méretét, amely igen fontos az élvezhetőség és a hidegérzet szempontjából. A freezer legfontosabb része a fagyasztóhenger, ami tulajdonképpen egy kapart felületű hőcserélő (7.13. ábra).



**7.13. ábra.** A fagyasztóhenger keresztmetszete

A fenti megoldással gyors fagyasztás érhető el, megfelelő méretű jégkristályok képződnek (10–50  $\mu\text{m}$ ) és a habosítás mértéke is jól beállítható. Az így fagyasztott fagylalt sűrű krémszerű állományú, laza, levegős szerkezetű és a kilépés hőmérsékletén (–4 - –9 °C) nem kelt túl hideg érzetet.

#### 7.8.6. Utóhőkezelés, stabilizálás

Az utóhőkezelést számos termék gyártásánál alkalmazzák elsősorban az utófertőződés hatásának megszüntetésére, az eltarthatósági idő növelésére. Mivel az utóhőkezelés természetesen kolloidális változásokat okozna a termékben, ezért elkerülhetetlen a stabilizálás, azaz az eredeti termékszerkezet minimális változásának elérése. Az utóhőkezelés elsősorban a savanyú készítmények gyártásában alkalmazott művelet (68–75 °C), míg a stabilizálás több célú lehet (hőstabilizálás, állomány stabilizálás, üledékképződés megakadályozása, stb.).

A savanyú alvadéokban egymáshoz kapcsolódott kazeinfehérjék az utóhőkezelés hatására előbb lényegesen közelebb kerülnek egymáshoz, majd a fehérje kicsapódik, ami a gél szerkezet

felbomlásához, a fázisok szétválásához vezethet. A változás irreverzibilis. A kazeinfehérje kicsapódásának pontos hőmérséklet-tartománya a következő fontosabb tényezőktől függ:

*Az alapanyag tej hőkezelése során közölt hőmennyiségtől.* Magasabb hőmérsékletű hőkezelésnél a kicsapódott savófehérjék részt vesznek a savanyú alvadék kialakításában és így mintegy stabilizálják a kazeinfehérjéket, mivel növelik az elektromos töltésüket és fokozzák a hidratációt.

*A fermentálási hőmérséklettől.* Magasabb alvasztási hőmérséklet kedvező hatása valószínűleg abból áll, hogy a kazeinrészecskék alvadáskori összekapcsolódásakor ne lineáris, hanem bizonyos mértékig három dimenziós térhálós alakul ki, amely hőstabilabb.

*A kultúra nyálkaanyag termelő képességétől.* A poliszacharid szerkezetű nyálkák a kazein micellák körül védőréteget képeznek, amely bizonyos mértékig véd a hőkezeléstől.

A kazeinfehérjék savanyú alvadékban való kicsapódása stabilizátor alkalmazása nélkül, az alkalmazott gyártási eljárástól függően kb. 55–75 °C közötti hőmérsékleten következik be. A hőstabilitás biztosítására megfelelő makromolekulát, hidrokolloidokat alkalmaznak. A hővédő hatás alapfeltétele, hogy a rendszerbe juttatott hidrokolloid a fehérje kicsapódási hőmérsékleténél alacsonyabb hőmérsékleten már kellően „feloldódjon”, feltáródjon. Mivel a konkrét termék fehérjéjének és a hidrokolloid a termék által is befolyásolt kicsapódási illetve feltáródási hőmérséklete előre pontosan nem állapítható meg, ezért minden esetben gyártási kísérletekkel, a konkrét termékre kell kiválasztani a megfelelő stabilizátort.

#### 7.8.7. Reemulgeálás

A reemulgeálás tulajdonképpen emulzióképzés, amely a tejipari gyakorlatban azt jelenti, hogy a folytonos fázist képviselő zsírt (pl. vaj) a kolloid méretű fehérjéket tartalmazó tejl plazmában (pl. főlözött tej) diszpergáljuk, bedolgozzuk. Lényegében arról van szó, hogy a keveréssel, majd homogénezéssel golyócskákba diszpergált zsír a felületén felületaktív anyagokat, fehérjéket kötnek meg. Ezzel a zsírgolyócska újra fehérjemembránt kap, amely egyúttal biztosítja, hogy diszpergált fázisként legyen jelen a rendszerben. Az újonnan kialakult membrán azonban nem egyezik meg az eredeti, vagy akár a homogénezett zsírgolyócskák membránjával, azoktól eltérő.

A leglényegesebb különbség, hogy míg előbbieket eredeti membránanyagokat (is) nagyobb mennyiségben tartalmaznak, (foszfolipidek, lipoproteinek, fehérjemolekulák) addig a reemulgeált zsírgolyócskák membránja döntően kazeinből épül fel. Ennek gyakorlati következménye, hogy a halmazképződés valószínűsége megnő és esetleg zsíríz alakulhat ki. Ennek elkerülésére a reemulgeálást célszerű úgy végezni, hogy természetes emulgenseket nagyobb mértékben tartalmazó fázisban, jellemzően édes íróban végzik a reemulgeálást 70–72 °C-on 40–80 bar nyomáson homogénezéssel max. 12% zsírtartalomig, a zsírgolyócskák eredeti méretére (kb. 3–4 µm) majd főlözés után a zsíros fázist tejjel keverve homogénezik a szokásos módon (pl. tejföhlöz 100–150 bar).

A reemulgeálás ugyan munkaigényes, de jól alkalmazható vajból pl. teljes tej visszaállítására és különösen előnyös lehet azért, hogy hosszú ideig tárolt vajtételék így biztonságosan feldolgozhatók. A hosszan tárolt vaj általában oxidációra hajlamos, ez a reemulgeálás után az ún. zsírízben jelentkezhet. Ezt a hibát csökkenthetjük, ha az oxidáció mértékétől függően friss tejszínnel 1:1 vagy 1:2 arányban keverve végezzük a reemulgeálást, a főlözés elmarad és a kívánt magasabb zsírtartalmat friss tejszín használatával állítjuk be.

### 7.9. A tejipari szintenyészetek gyártástechnológiai jellemzői

#### 7.9.1. A szintenyészetek meghatározása és jelentősége

A tejipari technológiában a sajt, a vaj, a savanyú tejkészítmények stb. gyártásához különböző, egy vagy több mikroorganizmus-fajból álló színtenyészeteket használunk. A tejtermék ízét, állományát és több egyéb jellemzőjét nagyrészt ezek, a gyártás során a pasztörözött tejhez vagy tejszínhez adott színtenyészetek (kultúrák) alakítják ki. A színtenyészetek használata viszonylag új keletű. A 19. század utolsó évtizedében Dániában *Storch*, az USA-ban *Conn* kutatásai mutattak rá a tiszta kultúrák használatának jelentőségére. Általános elterjedésük századunk 30-as éveinek közepére tehető. (A tejipari színtenyészetek vázlatos gyártástechnológiáját a 7.14. ábra mutatja.)

A kultúrák használata kettős jelentőségű. Lehetővé, sőt szükségessé teszik egyrészt a savanyításra, érlelésre szánt alapanyag pasztörözését, ami egészségügyi, termelésbiztonsági szempontból nagy jelentőségű, másrészt a színtenyészet megválasztásával tudatosan beavatkozhatunk pl. a sajterés bonyolult folyamatába, de ugyanígy irányíthatjuk a savanyú tejtermékek, a vaj és egyéb tejtermékek ízének, aromájának kialakulását.

<i>Anyagok</i>	<i>Művelet</i>	<i>Paraméterek</i>
Nyerstej	<b>Tisztítás, fölözés</b>	
	↓	
	<b>Hőkezelés</b>	90–95 °C 10–15 perc
	↓	
	<b>Hűtés</b>	fermentálási hőmérsékletre
	↓	
Színtenyészet	<b>Beoltás</b>	
	↓	
	<b>Fermentálás</b>	4,5–4,6 pH-ig
	↓	
	<b>Hűtés</b>	10 °C alá
	↓	
	<b>Hidegérlelés</b>	8–12 óra
	↓	
	<b>Felhasználás</b>	

**7.14. ábra.** *A tejipari színtenyészetek gyártástechnológiája*

Napjainkban egyre inkább terjed az ún. „direkt kultúrák” (pl. DVS) használata, amelyeket általában por formában szállítanak és minden előzetes művelet nélkül közvetlenül, a beoltandó termékbe szórva használnak. Ugyanilyen fontosságú az üzemi gyakorlatban a klasszikus, termékszerű kultúrák előállítás, mely során többszöri átolttással előbb liternyi, majd tíz- és 100-1000 liternyi kultúrát, savanyítót készítenek a fent közölt technológiával. Így, elsősorban mennyiségük szerint, megkülönböztetünk „anyakultúrát, köztes- és tömegkultúrát”.

#### *7.9.2. A színtenyészetek csoportosítása*

A tejiparban használatos színtenyészeteket a mikroorganizmusok rendszertani besorolása alapján négy nagy csoportra oszthatjuk fel. A tejsavbaktérium-tenyészeteket a sajthoz, vajhoz, a túróhoz és a savanyú tejtermékekhez, a propionsav baktérium tenyészeteket a keménysajtokhoz,

a rúzsstenyészetet egyes sajtféleségekhez, míg a nemespenész-tenyészeteket, pl. a Roquefort és a Camembert sajthoz használjuk.

### **Tejsavbaktérium-tenyészetek (savanyítók)**

A tejiparban használatos színtenyészetek közül a savanyítók használata a legszélesebb körű. Feladatuk a tejtermék ízének, állományának, színének kialakítása savtermelés, fehérjebontás, esetleg kismértékű zsírbontás és aromaanyagok képzése révén. A tejiparban jelenleg ötféle savanyítót: vaj-, sajt-, joghurt-, filant- és kefir-kultúrát használunk.

*Vajkultúra:* Savanyított tejtermékek, sajt, túró, vaj készítéséhez használjuk. A terméktől függően a vajkultúrával szemben más és más követelményeket támasztunk. A savanyú tejtermékekhez, a vaj és túró készítéséhez alkalmazott kultúráról élénk savtermelést, jó diacetil- és CO<sub>2</sub>-termelő képességet kívánunk, viszont nem kívánatos az intenzív fehérjebontás. A sajtok készítésére alkalmazott vajkultúrának jó savtermelőnek, fehérjebontónak és CO<sub>2</sub>-termelőnek kell lennie. A vajkultúrát homofermentatív (savtermelő) és heterofermentatív (aromatermelő) tejsavbaktériumok egytörzsstenyészeteiből keveréssel állítják elő. A tejipari üzemek általában a következő mikroorganizmusokból álló változatot használják:

- *Streptococcus lactis*,
- *Streptococcus cremoris*,
- *Leuconostoc citrovorum*,
- *Leuconostoc dextranicum*,
- (*Streptococcus diacetilactis*).

A *Streptococcusok* fő feladata a savtermelés, illetve a sajterés során a fehérjebontás. Ebbe a nemzetségbe tartozó baktériumok a *Str. diacetilactis* kivételével homofermentatívnak fogadhatók el. A heterofermentatívok feladata a diacetil mint fő aromakomponens és más aromaanyagok termelése. A *Str. diacetilactis* intenzív CO<sub>2</sub>-termelő is. A vajkultúra mikroorganizmusai enzimszisztémáikkal átalakítják a tej eredeti anyagát. A két legfontosabb ilyen jellegű folyamat a tejsavas erjedés és az aromaképzés. A vajkultúrában tenyésztett baktériumok élettevékenysége nem elszigetelt, hanem szorosan összefüggő, komplex folyamat. A vajkultúra tenyésztése során rendkívül fontos az előírt tenyésztési hőmérséklet pontos betartása. A *Streptococcusok* optimális szaporodási hőmérséklete 28–30 °C, míg a *Leuconostoc-törzseké* 21–24 °C. Az állandó arány megteremtéséhez a vajkultúrákat 20–25 °C közötti hőmérsékleten kell tenyészteni.

*Joghurtkultúra:* A kultúrát a joghurt, a joghurt-aludttej, az ízesített joghurt és az egyes juhsajtféleségek gyártásához használják. Mikroorganizmusai szimbiózisban élnek, a két fajt már a kultúrákészítő laboratóriumokban is együtt tenyésztik. A joghurtkultúra mikrobái a következők:

- *Streptococcus thermophilus*,
- *Lactobacillus bulgaricus*.

A jó minőségű joghurtkultúrában a coccus-pálca arány 1:1, esetleg 2:1. A joghurtkultúra 42–46 °C-on való tenyésztése során rendkívül fontos, hogy a kívánatos 4,5–4,6 pH elérése után a tenyészetet minél gyorsabban +5 °C körüli hőmérsékletre hűtsük. Ellenkező esetben a tenyészet túlsavanyodik, a coccus-pálca arány a pálcák javára növekszik. A hűtés ebben az esetben azonban nemcsak a savanyodás megállítását szolgálja, ezen az alacsony hőmérsékleten alakulnak ki a joghurt jellegzetes aromaanyagai is, amelyeknek fő alkotórésze az acetaldehid.

*Filantkultúra:* A kultúra a *Streptococcus thermophilus*-nak egy nyálkát termelő, a tejet nyúlósító variánsából álló kultúraféleség, amelyet joghurthabokhoz, gyümölcsjoghurthoz egyéb savanyú tejtermékekhez használnak az állomány stabilizálása céljából. Optimális szaporodási hőmérséklete 20–22 °C.

*Kefirkultúra:* Ez a kultúra négy baktériumfajból és egy élesztőből áll, amelyek egy gombán, az úgynevezett kefirgombán élnek szimbiózisban. Mikrobaí a következők:

- *Streptococcus lactis*,
- *Streptococcus cremoris*,
- *Lactobacillus casei*,
- *Lactobacillus caucasicus*,
- Torula kefir.

A kefir gyártására használják. A tejsavas erjedés mellett alkoholos erjedés és emellett jelentős mennyiségű CO<sub>2</sub>-termelés is lezajlik. A kultúra optimális tenyésztési hőfoka 18–22 °C.

### **Sajtkultúrák**

A sajtkultúrát keménysajtok készítéséhez használják. A vajkultúrához hasonlóan több baktériumfajból álló szintenyészet, e fajok együttes tenyésztése azonban nehezebb, mint a vajkultúrában. Az MK jelű kéttörzses savanyítót ugyancsak kemény sajtokhoz használják. A sajtkultúra baktériumai a következők:

- *Streptococcus thermophilus*,
- *Lactobacillus helveticus*,
- *Lactobacillus casei*.

Az MK savanyító:

- *Streptococcus thermophilus* és
- *Lactobacillus lactis* (szimbiózisban élő 1:1 arányú tenyészete).

A sajtkultúra és az MK savanyító baktériumaival szemben elsőrendű követelményként támasztjuk, hogy a keménysajtok készítésekor a magas utómelegítési hőmérsékleten is működjenek és erélyes tejcukorbontók legyenek. A sajtok érése során viszont követelmény az intenzív fehérjebontás.

*Propionsavbaktérium tenyészet:* A kultúra a *Propionibacterium shermanii* esetleg a *Propionibacterium freudenreichii* tiszta tenyészete. A tejiparban a keménysajtok (főként ementáli) lyukacsozottságának kialakításában valamint aromaanyagainak képzésében van szerepe.

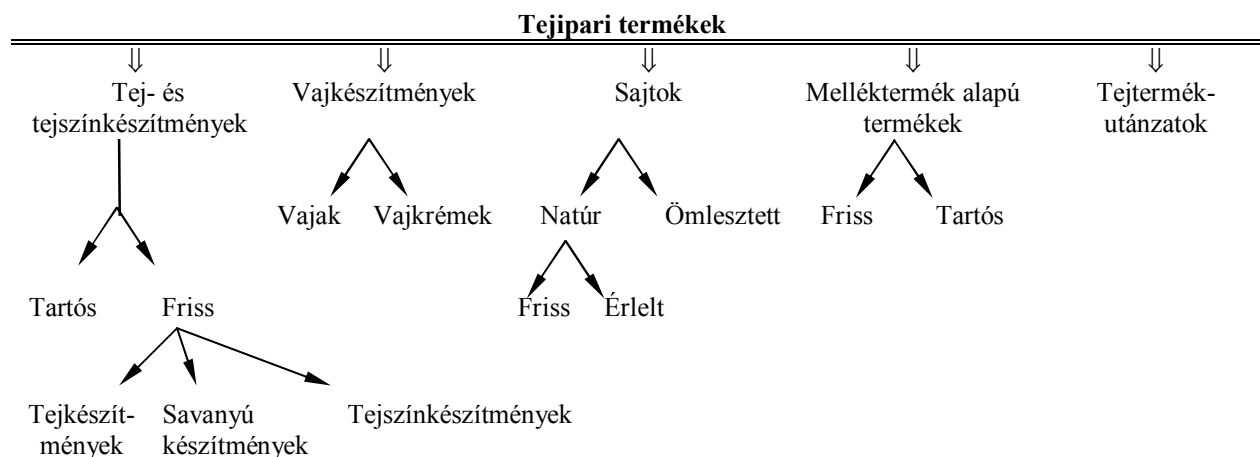
*Rúzstenyészet:* A rúzs-kultúra a *Brevibacterium linens* tiszta tenyészete. A kultúrát egyes lágy és félkemény sajtok (Limburgi, Moson megyei csemege stb.) készítésére használják fel. A kultúra (neve onnan ered, hogy a sajtok felületén sárgás-vöröses bevonatot képez) intenzív fehérjebontás révén alakítja ki a sajtok végső jellegzetes szagát és aromáját.

*Nemespenész tenyészetek:* Ide tartozik a Roquefort és a Camembert kultúra.

- *Penicillium roqueforti* (roquefort típusú sajtok, pl. márványsajt gyártásához),
- *Penicillium camemberti* (a camembertsajtok gyártásához) használják.

### **A tejtermékek csoportosítása**

A tejtermékek repertoárjának részletes, teljes csoportosítására nem térünk ki, csupán a termékek legnagyobb csoportjait és érdekességként a fehérje-zsír arány szerinti besorolást közöljük (7.15. ábra; 7.5. táblázat). Ahol szükséges, ott a jegyzet ezután következő fejezeteiben, a megfelelő helyeken térünk ki a termékcsoporthoz további felosztására.



**7.15. ábra.** A tejipari termékek csoportosítása

**7.5. táblázat.** A termékek csoportosítása, fehérje-zsír arány szerinti besorolása

Fehérje-zsír arány	Termékek, termékcsoporthoz	Fehérje-tartalom, %	Zsír-tartalom, %
<b>0,01–0,02</b>	Vajfélések (teavaj, márkázott vaj, szendvicsvaj)	0,4–1,4	60,0–83,0
<b>0,09–0,17</b>	Tejföl (zsíros) Kávétejszín, habtejszín, tejszínhab Vajkrémek Sajtkrémek	2,6–4,9	20,0–40,0
<b>0,20–0,44</b>	Zsírdús joghurtok Tejszínes joghurtok Tejfölök (16–20%) Krémsajt Vajas márványsajt, Kalci sajt, Brie és Camembert sajt Tejhabkrémek	2,0–14,4	7,0–48,0
<b>0,59–0,90</b>	Gyümölcsjoghurtok, joghurt turmixok, krémjoghurt Gomolya és gomolya túrók Márvány-, Sonka-, Lajta, Pelso, Bakony Camembert, Anikó, Krémfehérsajt, Parenyica, Gauda, Lapka, Hóvirág, ömlesztett sajt Presszo- és Novolakt tejpör, stb.	0,9–25,8	1,5–30,0
<b>0,91–1,10</b>	Teljes tej, joghurt, kefir, tejpör, fagylaltporok Szekszárdi csemege, Vadász, Moson megyei csemege, Óvári, Trappista, Zalai füstölt, Edami, Pannónia, Kaskaval stb. Csokoládés sűrített tej, stb.	3,3–26,8	3,5–28,9
<b>1,12–1,50</b>	2,8–3,0%-os friss és tartós tejek Kefir, joghurt, ivójoghurt Tejberizsek, zsíros tehéntúró, krémtúrók, Túró Rudi, Baranya sajt, Parmezán, Cukrozott sűrített tej, Mokka tejpör stb.	2,8–29,1	2,0–24,0
<b>1,53–2,37</b>	1,5–2,2%-os tejek, ízesített tejfélék Joghurthabok, félzsíros túró, krémtúrók	2,7–39,9	1,5–17,6
<b>3,06–5,80</b>	Szendvics túrókrémek, Köményes, Lestyán, Pirosarany, Fokhagymás, Tolnai sovány, Túra sajt, stb.	3,0–31,1	0,6–9,4
<b>7,00–44,00</b>	Sovány tej, kakaós tej, sovány túró, sovány tejpör, Fauna joghurt turmix, Sport Robi stb.	3,3–44,0	0,3–3,5