SZESZGYÁRTÁS

nak is nagyon változatos a megnevezésük. A kormányok a termelt szeszt adóztatták, és ebből jelentős bevételük volt.

A múlt században, amikor az alkohol a vegyipar nélkülözhetetlen alapanyagává vált, a túlzott adók gátolták a vegyipari alkalmazás elterjedését. Az ellentmondást rendelettel oldották fel oly módon, hogy az ipari felhasználást adómentessé tették. E rendelet végrehajtására vezették be a szesz denaturálását (elsőként Angliában 1855-ben, 10% faszesz adagolásával).

Hosszú időn át az alkoholt kizárólag erjesztéssel állították elő, és azt használták fel eleinte csak gyógyászati, majd élvezeti és később egyre növekvő mennyiségben vegyipari célra is. A második világháború óta ipari célra egyre több szintetikus eljárással készített szeszt használnak fel. Az 1970-es években bekövetkezett olajválságig (az olajárak emelkedéséig) a szintetikus szeszt lényegesen olcsóbban elő tudták állítani, mint erjedéses úton. Jelenleg az érdeklődés ismét a mezőgazdasági alapanyagokból és ipari hulladékokból való szeszgyártás felé fordul.

Magyar szeszgyártásról a XIV. századból származó feljegyzések tesznek először említést. A szeszt Magyarországon általánosan gyártani és fogyasztani csak a XVII. században kezdték. 1638-ból és 1641-ből származó okiratok szerint ezekben az években engedélyezték a szabad királyi városok részére a szeszgyártást. Iparszerű szeszgyártásról az első magyar, gőzzel üzemelő szeszfőzde termelésének megindulásától (Pozsony, 1820) beszélhetünk. A szeszgyárak munkájáról, termeléséről megbízható feljegyzések csak a szeszadó bevezetésétől, azaz 1850-től kezdve állnak rendelkezésünkre. 1851-ben Magyarországon 105 129 kisebb-nagyobb szeszfőzde dolgozott, ebből azonban csak 5671 volt iparszerű, azaz 17 hl-nél nagyobb erjesztőtérrel rendelkező üzem. A XIX. század második felében alapították a ma is üzemelő ipari szeszgyárak közül a legrégebbieket (Gschwindt, Leipziger). Az 1860—70-es években Magyarországon világviszonylatban is jelentős szeszgyártás volt. Termelése 200 000 abs. t-t tett ki. Nagy mennyiségű szeszt exportáltunk ebben az időben, elsősorban Ausztriába. Az összes szesztermelés jelentős részét a nagyszámú gyümölcspálinka-főzdében és mezőgazdasági terményeket feldolgozó kis szeszgyárakban állították elő. A mezőgazdasági szeszgyártás hasznosította a helyben termelt mezőgazdasági terményeket és hulladékokat, a keletkező moslékot pedig a földbirtokok szarvasmarháinak takarmányozására használták fel. A komplex terméhasznosítás és az olcsó munkaerő következtében a mezőgazdasági szeszgyártás ez időben jól jövedelmező tevékenység volt.

A XIX. század második felében létesült nagy szeszgyárakkal szemben a kisebb szeszfőzdék a század végére versenyképtelenekké váltak. Ennek és az egyre növekvő adóterhek következtében a kis szeszfőzdék száma csökkenni kezdett. A századfordulóra a termelt szesz mennyisége az 1870-ben előállított mennyiségnek már csak a fele volt. Ezt az időszakot ismét kisebb fellendülés követte, így 1912-ben a 830 mezőgazdasági és 30 ipari üzemben mintegy 124 000 abs. t. szeszt termeltek.

Az első világháborúig Magyarországon szeszgyártás főleg burgonyából és különböző gyümölcsökből, kisebb részben kukoricából és cukorrépából történt.

Az első világháború után, részint az ország területének, részint a világpiaci kereslet csökkenése következtében a magyar szesztermelés mintegy 20 000 abs. t-ra csökkent. Állami rendelkezésekkel (az 1921. évi szesztörvény) korlátozták a szesz előállítását és átvételét. Az összes szesztermelés $^2/_3$-át az ipari, $^1/_3$-át a mezőgazdasági szeszgyárakban engedélyezték. Ez idő tájt előtérbe került a kukorica- és visszavonult a burgonyaszeszgyártás. Megkezdték a cukorrépa és a melasz szeszipari feldolgozását is. 1938-ban a szeszgyártást az ún. Szeszegyedáruság monopóliumává tették. A törvény a szeszgyártás fontosságának elbírálásánál a mezőgazdasági szempontokat tekintette irányadónak. Ennek megfelelően az ipari szeszgyárak kisajátításával és termelésének visszaszorításával párhuzamosan jelentősen felemelte a mezőgazdasági szeszgyártás keretét. Fokozottan előtérbe került a szeszgyári moslékon történő szarvasmarha-hizlalás is.

A második világháború után a melasz vált a magyar szeszgyártás csaknem kizárólagos alapanyagává. A mezőgazdasági szeszgyártás teljesen visszaszorult. Néhány mezőgazdasági üzem defektes termény feldolgozása céljából üzemelt hosszabb-rövidebb ideig. A kis termelőkapacitású (max napi 1,5 abs. t) munkaerőigényes üzemek nem voltak versenyképesek az ez idő tájt napi 18—56 abs. t finomszeszt termelő ipari melaszszeszgyárakkal. A mezőgazdasági szeszüzemek nagy részét leszerelték vagy más célra hasznosították.

Jelenleg négy ipari melaszszeszgyárban mintegy napi 175 abs. tonna finomszeszt termelnek. Az egyre növekvő szeszigényeket a magyar szeszipar termelőkapacitásainak fejlesztése nem követte, ezért az ország szeszigényének mintegy 30%-át importból fedezi. A szeszipar a rendelkezésére álló melaszalapanyag teljes mennyiségének feldolgozása esetén sem tudja a hazai finomszeszigényeket kielégíteni, ezért a további szesztermelő kapacitás bővítésénél új alapanyagot kell keresni. A kukorica elegendő mennyiségben rendelkezésre áll, hazánk éghajlata és talaja kedvező kukoricatermesztésre. Ez indokolja azt, hogy a rendelkezésre álló melaszalapanyag teljes mennyiségének feldolgozásán kívül Magyarországon meg kell teremteni a kukorica korszerű feldolgozásán alapuló ipari szeszgyártást is.

A szeszgyártás termékei

A finomszesz

A finomszesz C_2H_5OH, etilalkohol, etanol, alkohol, szesz. A szeszgyártás főterméke. Gyakorlatilag tiszta etilalkohol és víz elegye.

A hagyományos szeszfinomítási eljárással előállított finomszesz 95—96% etilalkoholt tartalmaz. Egyszerű desztillálással 95,57 súly%-osnál (97,2 tf%) töményebb szeszt készíteni nem lehet, mert a 95,57 súly% szeszből és 4,43 súly% vízből álló ún. azeotróp elegy forráspontja (78,15 °C) valamivel alacsonyabb a tiszta alkohol forráspontjánál (78,32 °C), és ez szab határt a lepárlással előállítható szeszkoncentrációnak.

Fizikai és kémiai jellemzői

Az etilalkohol könnyen mozgó, színtelen, víztiszta, kellemes szagú, égető ízű folyadék. Relatív sűrűsége $\frac{20\,°C}{4\,°C}$ esetén 0,7894, $\frac{15\,°C}{4\,°C}$ esetén 0,7936, $\frac{15\,°C}{15\,°C}$ esetén 0,79 425.

Fagyáspontja −112 °C, forráspont 760 Hgomm nyomáson: 78,32 °C.

Fajhő 15 °C-on 0,58 cal/g, párolgáshője a forrponton 207 cal/g, égéshője kb. 7000 cal/g.

Törésmutatója $(n)=\frac{20}{D}=1{,}362$.

Dielektromos állandója 26, viszkozitása 20 °C-on 1,20 centipoise, felületi feszültsége 22 dyn/cm.

A tiszta alkohol lobbanáspontja 11 °C. Az alkoholgőzök 400—500 °C-on maguktól lángra lobbannak (az égő gyufaszál eléri ezt a hőmérsékletet!). Ha a levegő 3,1—12,45 tf% alkoholgőzt tartalmaz, lánggal vagy szikrával érintkezésbe jutva robban (ÁBEÓ, 4,3—19,0 tf%).

Az etilalkohol vízzel korlátlanul elegyedik, eközben térfogatcsökkenés (kontrakció) következik be. Így pl. 54 térfogatrész etilalkohol és 50 térfogatrész víz elegyítve csak 100 térfogatrész hígított szeszt ad. A térfogatcsökkenést az alkohol és a víz között létrejövő kémiai kötés okozza; 9 molekula alkohol 1 molekula vízzel egyesül (hidrátképződés). Keveredéskor a folyadék kissé fel is melegszik, ilyenkor a meleg hatására a folyadék kisebb mértékben tágul (dilatáció). Ez a térfogatnövekedés azonban sokkal kisebb mértékű, mint az alkohol—víz egyesülésénél bekövetkező kontrakció. A tágulás mértéke függ a keverék alkoholtartalmától:

1 °C-ról 20 °C-ra történő melegedés esetén

1000 l 96 tf%-os alkohol térfogata 1019 l-re,
1000 l 40 tf%-os alkohol térfogata 1012 l-re

növekszik.

Az alkohol szerves oldószerekkel jól elegyedik, és számos szerves anyag kiváló oldószere.

Előfordulása

Az etilalkohol a természetben mindenütt megtalálható, ahol a mindenütt jelenlevő élesztősejtek nedves cukortartalmú anyagokat erjesztenek, így pl. a gyümölcsben, a kenyértésztában stb. A cukortartalmú gyümölcsnedvek erjedésekor keletkező alkoholt már az ókorban is ismerték, de tiszta, vízmentes állapotban csak a XVIII. század végén állították elő. Helyes összetételét SAUSSURE (1808) állapította meg először. Alkohol található az emberi vérben is, rendszerint 24—60 mg/l mennyiségben, alkoholfogyasztás után ez átmenetileg emelkedik, sőt olyan szintet is elérhet, ami halálos alkoholmérgezést okoz.

Felhasználása

A szesz a középkorban csaknem kizárólag a gyógyítás céljait szolgálta. Később hosszú időn keresztül közvetlen fogyasztásra használták. Az alkohol kiváló fertőtlenítőszer, biológiai preparátumok tartósítására is használják. Fertőtlenítő hatása 70%-os hígításban a legnagyobb.

Ma az élelmiszeripar szeszes italok és ecet készítésére alapanyagként, a gyógyszer-, vegyipar alap- és segédanyagként, de főként oldószerként használja. Élelmiszeripari célokra csak erjesztéses eljárással előállított finomszesz használható, egyéb ipari célra a szintetikus úton készített is megfelel. Az analitikai tisztaságú alkoholt analitikai és gyógyászati célokra a finomszesz további tisztításával állítják elő.

A szeszből azeotrópos desztillációval előállított víztelenített alkoholt a vegyipar és a gyógyszeripar nagy mennyiségben használja, valamint benzinhez keverve motorok hajtóanyagaként (Motalko) is használják (50. táblázat).

50. táblázat

Az etilalkohol legfontosabb vegyipari felhasználási lehetőségei

Reakció	Nyert termék
Bauxit felett átvezetve	butadién
Dehidrogénezés	acetaldehid és származékai: butanol-, 2-etilhexanol, ecetsav-anhidrid, ecetsav
+HCl	etilklorid
$+Cl_2$	klorál és származéka: DDT
Vízelvonás	etilén
Éterezés	dietiléter
Észterezés	ecetészter és egyéb oldószerek
	oldószerek, fagyásgátlók

Előállítása

Etilalkohol előállítására kétféle eljárást különböztetünk meg, az erjesztéses, illetve a szintetikus úton történő előállítást. Erjesztéses úton cukor-, keményítő- és cellulóztartalmú alapanyagokból, szintetikus eljárásokkal ásványi alapanyagokból (szén, kőolaj, földgáz) állítanak elő etilalkoholt. Hazánkban szintetikus-szesz-gyártás jelenleg nincs.

Az erjesztés alatt az élesztők zymáz enzimrendszerük segítségével a cefrében levő cukrot alkoholra és szén-dioxidra bontják. Az alkoholt a cefréből desztillációval távolítják el, rektifikálással finomítják és töményítik. Ha a szeszgyártást keményítőtartalmú alapanyagból végzik, akkor erjesztés előtt a keményítőt megfelelő előkészítő műveletekkel elcukrosítják, ezzel hozzáférhetővé teszik az élesztő számára. Az erjesztést és a desztillációt a cukortartalmú alapanyagok feldolgozásával azonos módon végzik.

51. táblázat

A finomszesz minőségi követelményei

Jellemző	Követelmény: különleges finomszesz (extra)	étkezési finomszesz (I. oszt.)	ipari finomszesz (II. oszt.)
Külső	tiszta színtelen		
Szag, íz	finomszeszre jellemző, minden más íztől és szagtól mentes	finomszeszre jellemző, idegen íztől, szagtól mentes	finomszeszre jellemző, nem idegen jellegű mellékszag és -íz megengedett
Etilalkohol-tartalom (szeszfok) tf. % min	96,2	96,0	95,0
Furfuroltartalom	nem megengedett		0,01
Aldehidtartalom abs. alkoholra számítva g/dm³ max	0,02	0,06	0,12
Savtartalom ecetsavban kifejezve	0,018	0,025	0,06
Észtertartalom ecetsavban kifejezve	0,1	0,15	0,4
Kozmaolajtartalom (KOMAROVSZKY-próba)	világossárga	sárgásbarna	vörösbarna, de még átlátszó, csapadék nem képződhet
Észlelési idő	4 óra	4 óra	4 óra
Metilalkohol-tartalom tf% max	nem megengedett		0,5
Kálium-permanganátos oxidációs próba perc (Barbet-próba) min	25	15	5
Bepárlási maradék mg/dm³ max		50	
Nehézfémtartalom mg/dm³ max Pb-ban kifejezve		2	
Fluoreszcencia ultraibolya fényben	optikailag üres (0 fokozat)		legfeljebb gyenge (1. fokozat)

A szintetikus szeszgyártás különböző alapanyagokból kiindulva történhet. A leggyakrabban használt kiindulási anyagok az acetilén és az etilén. Acetilénből katalizátor segítségével, vizes addícióval acetaldehidet készítenek, és azt katalitikus úton alkohollá redukálják, majd az alkoholt desztillációval elválasztják az egyidejűleg keletkező etilétertől. Etilénből való alkoholgyártásra két technológia alakult ki. Az egyik a kénsavas, a másik a közvetlen hidratálás. Megfelelő körülmények közt az etilénre vizet addicionálnak, majd a keletkezett alkoholt az egyidejűleg keletkező melléktermékektől elválasztják és tisztítják.

A finomszesz minősége

Különleges, étkezési és ipari minőségű finomszeszeket különböztetünk meg. A minősítés alapja részint érzékszervi, részint kémiai vizsgálat.

A minőségi előírásokat és a vizsgálati módszereket szabvány szabályozza (51. táblázat).

Az elő- és az utópárlat

Az etilalkoholnál alacsonyabb, illetve magasabb forráspontú erjedési termékeket elő-, illetve utópárlati termékeknek nevezzük. Ezek a szeszt szennyező anyagok. A szeszfinomítás célja, hogy ezeket minél tökéletesebben és minél kisebb etilalkohol-veszteséggel különítsék el a finomszesztől. Az összes szesztermelésnek mintegy 6—7%-át kitevő elő- és utópárlatot denaturált szesz készítéséhez használják fel, ami kellemetlen szagú, aldehidekkel, savakkal, észterekkel stb. szennyezett alkohol.

A denaturált szesz

Visszaélések elkerülése céljából a forgalmi adóval nem terhelt szeszt denaturálják, hogy ne használhassák fel élvezeti célokra. Kétféle deneturálási módot használnak: a háztartási és a speciális ipari célra történő denaturálást.

A háztartási denaturált szeszt egy erre a célra kidolgozott, titkos összetételű, kellemetlen szagú denaturálószerrel rendszerint elő- és utópárlatból készítik, 95 és 90 tf% alkoholtartalommal a pénzügyőrség felügyelete alatt. A denaturálószer összetétele azért titkos, hogy a denaturált szesz illegális tisztítását, a visszaéléseket megakadályozzák.

A háztartási denaturált szeszt égetési célra, fagyálló keverékek készítéséhez, oldószerként bútorfényezésre stb. használják.

Az ipari célokra történő szeszdenaturálásnál különös gondot fordítanak arra, hogy a denaturálószer ne zavarja a későbbi felhasználást. Általában a feloldásra kerülő anyag egy részével vagy a későbbi termékkel (pl. ecetgyártásnál ecettel) denaturalnak.

A kozmaolaj

A szesznél magasabb forráspontú melléktermék a kozmaolaj. A szeszfinomítás folyamán az utópárlatoszlop megfelelő tányérjáról elveszik, majd vizes mosással választják el a szesztől. Főleg nagyobb szénatomszámú magasabb rendű alkoholokat tartalmaz, kevés etilalkohol és víz mellett. A különböző komponensek aránya az alapanyagtól és az erjesztési technológiától függően változik.

A kozmaolajok fontosabb összetevői:

összes olajtartalom	60—70%,
víz	9—11%,
etilalkohol	8—12%;
az összes olajtartalmon belül	
propilalkohol:	6—9%,
izobutilalkohol:	16—23%,
izoamilalkohol:	43—50%.

A kozmaolajat a lakkiparban oldószerként, frakcionálva és továbbfeldolgozva amilacetát és egyéb oldószerek készítésére használják fel.

Az élesztő

A szeszes erjesztés mellett szükségszerűen keletkezik az alkohol 5—6%-ának megfelelő élesztő, de 10—15% is előállítható abban az esetben, ha a cél az, hogy ugyanabban a fermentortérfogatban a szesz mellett maximális takarmányélesztő-mennyiséget kívánnak előállítani, és az erjesztést ennek megfelelően vezetik. Az erjesztést végző élesztőt az erjedés befejezése után kiszepárálják, és különböző célokra használják. Tisztítás után az élesztőtejet felhasználhatják újabb szeszes erjedés oltására, sütőélesztő-cefre oltására, kenyér készítéséhez. Megszárítva barnás színű port nyernek, amit takarmányélesztőként, állati takarmányok értékes komponenseként használnak fel.

A szén-dioxid

Az erjesztés során felszabaduló CO_2-ot általában elszívóventillátorral távolítják el az erjesztőkád légteréből, és a magával ragadott alkoholt visszanyerik. Az alkohol visszanyerése után a CO_2 vagy a szabadba távozik, vagy tisztítás, komprimális és cseppfolyósítás után — esetleg szárazjég formájában — további felhasználásra kerül. Az energiaigényes folyékonyszénsav-előállítást általában azokban az országokban alkalmazzák, ahol természetes CO_2-előfordulás nincs, vagy pedig olcsó energiaforrással rendelkeznek.

A CO_2-ot főként étkezési célra, szénsavas üdítő italok készítéséhez használják, valamint szárazjég előállítására, hűtési célra.

A szeszes erjedés

A szeszes erjedés fogalma

Szeszes erjedésnek azt a folyamatot nevezzük, amikor az élesztők enzimrendszerük segítségével a cukrokat alkoholra és szén-dioxidra bontják. A kémiai átalakítással egyidejűleg nagy energiatartalmú foszforvegyületek (ATP) is keletkeznek, amelyeket az élesztő sejtépítő folyamataiban használ fel. Az erjedésben részt vevő enzimeket zymáz enzimrendszernek nevezzük.

A szeszes erjedés anaerob körülmények között (levegő távollétében) a következők szerint megy végbe:

$$\underset{180,1}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{92,1}{2\,C_2H_5OH} + \underset{+88,0}{2\,CO_2} + 22\ \text{kcal/mól glükóz}$$

A folyamat hőfejlődéssel jár, azaz exoterm.

Az élesztők a glükózt közvetlenül erjesztik. Megfelelő enzimekkel rendelkeznek ahhoz, hogy a szacharózt, fruktózt és maltózt is glükózzá alakítsák, így azokat is képesek erjeszteni. A keményítőt és dextrineket az élesztők közvetlenül nem, csak elcukrosítás, maltózzá, illetve glükózzá alakítás után erjesztik.

A szeszes erjedés feltételei

A szeszes erjedéshez feltétlenül szükség van az erjesztő mikroorganizmus, az élesztő által termelt enzimek jelenlétére, erjeszthető anyagra és az élesztő működéséhez szükséges körülmények biztosítására. A közeget, amelyben az erjedés végbemegy, cefrének nevezzük.

Az élesztő

A szeszes erjesztéshez a Saccharomyces cerevisiae élesztőket használják. Az élesztővel szemben az a követelmény, hogy a rendelkezésre álló alapanyagot jó hatásfokkal és megfelelő sebességgel erjessze. Szesztűrő legyen, azaz nagyobb szeszkoncentrációknál se csökkenjen nagyon hirtelen az erjedés sebessége. Ne legyen túlságosan érzékeny az üzemi fertőzésekre. A fenékélesztő takarmányélesztőként történő felhasználása esetén kívánatos, hogy az élesztőre jellemző nitrogéntartalom nagy legyen. Az élesztő nitrogéntartalma ugyanis részint törzsi tulajdonság, részint pedig a tenyésztés körülményeitől (N-tápanyag minősége, mennyisége) függ.

Az erjeszthető anyag

A Saccharomyces cerevisiae élesztők a 6 szénatomos monoszacharidokat és a diszacharidok egy részét képesek erjeszteni. A melaszban szacharóz, a gabonából készült cefrékben maltóz van. A gabonák keményítőtartalmát megfelelő előkészítő műveletekkel maltózra vagy glükózra bontják. Gyümölcscefrékben glükóz és fruktóz az erjeszthető anyag.

A tápanyagok

Az élesztők szaporodásukhoz, életműködésükhöz különböző tápanyagokat igényelnek. Ezek az anyagok elsősorban a szén, nitrogén, foszfor, magnézium és kálium, valamint egyéb ásványi és bioszanyagok kisebb mennyiségben.

Az élesztő számára szénforrásként az erjeszthető cukor és ezenkívül a cefrében levő asszimilálható nem cukor szénvegyületek szolgálnak.

Mezőgazdasági termény (pl. gabona) feldolgozása esetén az összes szükséges tápanyag megtalálható a cefrében. Melasz vagy nyerscukor esetén azonban kiegészítő tápanyagokra van szükség. Az igényelt tápanyag minősége és mennyisége a feldolgozott alapanyagtól és az alkalmazott technológiától függ.

A hazánkban használt szeszerjesztési technológiáknál az erjesztést úgy irányítják, hogy a szesz mellett minél több fenékélesztő keletkezzen. Ez esetben nitrogén- és foszfortápsók adagolására van szükség. Az egy-egy szeszcefréhez felhasznált melasz tartalmaz annyi asszimilálható nitrogént amennyi a fenékélesztő (egy abs. hl alkohol mellett 15 kg), keletkezéséhez szükséges. Az élesztő azonban a melasz asszimilálható nitrogénjének csak egy részét tudja hasznosítani a szeszerjesztés folyamán. A melaszmennyiség nagyobbik felét az erjesztés későbbi szakaszában adagolják, amikor már csökken az élesztőszaporodás, és a szeszképződés dominál. A szükséges nitrogénkiegészítésre ammónium-szulfátot vagy karbamidot használnak. Az élesztők az ammónium formájában levő nitrogént gyorsabban veszik fel, mint a karbamidnitrogént.

Az élesztő foszfátigényét teljes mértékben tápsókkal kell fedezni. Erre a célra szuperfoszfátoldatot használnak.

A tápsókat a kívánt élesztőszaporulat igényének megfelelő mennyiségben és ütemben folytonosan kell a cefrébe adagolni. Ahol az adagolás nincs megoldva, ott a cefre indításakor egy részletben adják az erjesztőkádba a tápsók teljes mennyiségét. Az élesztő foszfor-pentoxid-tartalma 2,2—3,6%, nitrogéntartalma 6,5—8,0%. Ezen intervallumok középértékeivel számolva meghatározható a cefre tápsóigénye.

A hőmérséklet

Az élesztők tevékenységüket csak meghatározott hőmérséklet-tartományban képesek kifejteni. Különböző élesztőtörzsek hőmérséklet-optimuma más és más. Azonos élesztőtörzs esetén is más az optimális hőmérséklet az élesztő szaporodása és más az erjesztés szempontjából. Általában 30 °C-tól a hőmérséklet emelkedésével az élesztőre jellemző optimális hőfokig mind az élesztőszaporodás, mind a fermentáció sebessége növekszik. 35 °C fölött azonban az élesztő szaporodása és fermentációs aktivitása csökken. A fermentációs aktivitás csökkenésének mértéke nagymértékben függ azonos hőmérséklet esetén a cefre alkoholkoncentrációjától. Így pl. 8—9 tf% alkoholtartalmú cefrében 32 °C fölötti tartós hőmérséklet is megbéníthatja az élesztő működését. Magasabb hőmérsékleten történő erjesztésnél a szeszkihozatal is romlik.

A szeszerjesztésnél a technológiák általában 30±2 °C hőmérsékletet írnak elő. Mind az élesztőszaporítás, mind az erjedés hőtermelő folyamat. Egy molekula glükóz elerjesztésekor 22 kcal, légzés útján történő lebontásánál 674 kcal hő szabadul fel. Az erjesztési folyamatokban felszabaduló hőt el kell folyamatosan vezetni. Az erjesztőkádba beépített csöves hűtőrendszeren át vízhűtéssel vonják el a képződött hőmennyiséget. Kényszerhelyzetben a hűtési problémákat alacsonyabb hőmérsékleten indított vagy hígabb cefrék készítésével hidalják át, ez utóbbi azonban a cefre desztillációjánál többletenergia-ráfordítással jár.

A hidrogénion-koncentráció

Az élesztők jól működnek nagyon széles pH-intervallumban (pH 3,5—7,0). Az élesztő szaporításakor a baktériumok szaporodásának visszaszorítására 3,9—4,2 pH-t, a főerjesztés kezdetén azonban gyakran még 3,9-nél is alacsonyabb pH-t alkalmaznak. Az erjesztés későbbi szakaszaiban az egyre növekvő mennyiségben adagolt melasz sótartalma növeli a cefre pufferkapacitását, és kisebb pH-érték csak nagyon indokolt esetben és csak sok kénsav felhasználásával biztosítható. Az erjesztés végére a cefre 5,5—6,0 pH körüli értékre emelkedik. Az erjedés előrehaladtával a pH baktériumszaporodást gátló szerepét a nagy sókoncentráció veszi át. A nagy ozmózisnyomás és az alkohol szintén véd a baktériumos fertőzés elhatalmasodásától.

Gabonaszeszgyártásnál az amilázaktivitás megőrzése céljából az erjesztés elején 4,8—5,0-nél kisebb pH-értéket nem alkalmaznak. A cefre pufferkapacitását moslék-visszavezetéssel növelik.

A levegő

A levegőztetésnek a szeszerjesztésnél az élesztőszaporító szakaszban van szerepe. A levegő tartalmazza az élesztő légzéséhez, szaporodásához szükséges oldott oxigént. Keverő hatása a tápanyag egyenletes elkeveredését is elősegíti.

A hazai technológiákban a szeszerjesztő kádakba az élesztőszaporító szakaszban 10—40 m^3/m^2/óra levegőt adnak perforáltcsöves levegőelosztón keresztül.

A koncentrációviszonyok

Különböző élesztők különböző koncentrációjú (ozmózisnyomású) oldatokban képesek megélni, ill. tevékenykedni. A nagy oldottanyag-koncentráció ellenére is működni képes élesztőket ozmofill élesztőnek nevezik. A tápoldat ozmózisnyomásának növekedésével az élesztő élettevékenysége lassul és egy bizonyos határértéknél megáll. A hazai, hozzáfolyatásos melaszerjesztési technológiáknál az ozmotikus gátlás jelentősége háttérbe szorul.

A cefrében levő cukortartalom aerob és anaerob viszonyok közt más problémákat vet fel. A hazai erjesztési technológiák első szakasza aerob. Ekkor az elsődleges cél az élesztőtermelés.

Ez esetben különös figyelemmel kell megszabni a cukoradagolást. A PASTEAUR-hatás értelmében az élesztők a cukrokat könnyebben fermentálják anaerob úton, mint aerob úton. Nagyobb glükózkoncentráció azonban tisztán aerob körülmények közt is gátolja az élesztő szaporodását. Kb. 300 mg/l cukorkoncentráció az a határ, amely fölött még aerob körülmények között is keletkezik alkohol.

Az etilalkohol 5 tf% alatt nem fejt ki jelentős gátló hatást az élesztők növekedésére és fermentációs tevékenységére. Az erjesztés elején a melaszadagolást úgy kell megválasztani, hogy a szeszkoncentráció idő előtti megnövekedését elkerüljék.

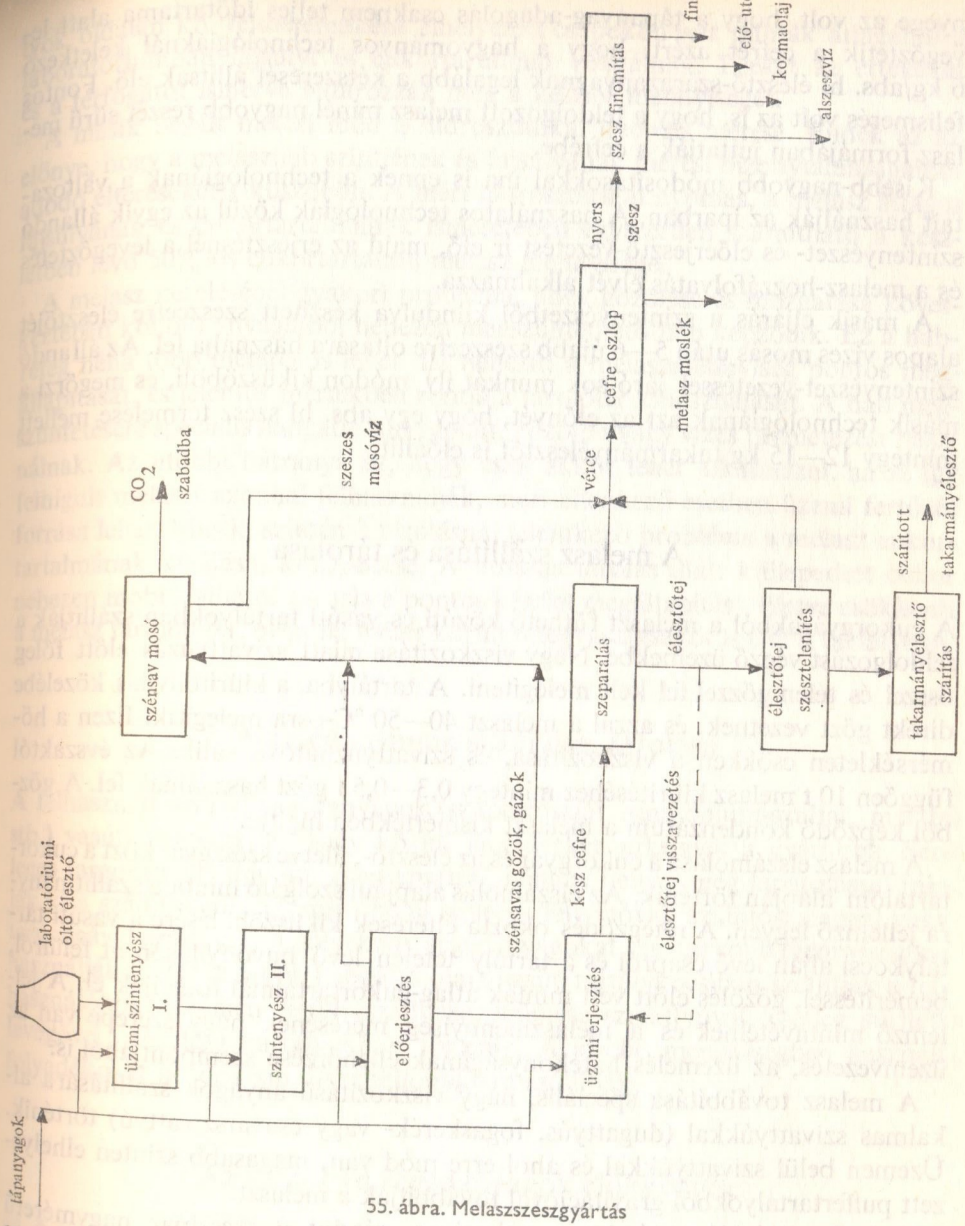
Az élesztők általában megfelelő sebességgel erjesztik a 13—14%-os cukorkoncentrációjú oldatokat. Az a legnagyobb cukorkoncentráció, amelyen az élesztő még képes erjeszteni, részint törzsi sajátságtól, részint egyéb paraméterektől (pl. szervetlen sók koncentrációja, alkoholkoncentráció stb.) függ.

A nagyobb szénatomszámú alkoholok már kis koncentrációban is toxikusok az élesztőkre. INGRAM szerint 0,6 tf% amilalkohol teljesen megbénítja az élesztő tevékenységét. Az acetaldehid 0,1—0,2 tf%-ban gátolja az élesztő szaporodását anaerob körülmények közt. Mind az alkoholok, mind az acetaldehid gátló hatása nagyobb magasabb hőmérsékleten.

Szeszgyártás melaszból

A korszerű technológiától elvárják, hogy termelékeny, egyszerű, tehát kevés felügyeleti és kiszolgálómunkát igénylő és biztonságos legyen, valamint a felhasznált alapanyag szénhidráttartalmát jó hatásfokkal alakítsa alkohollá, illetve élesztővé.

A termelékenység igényének leginkább a folytonos erjesztési technológiák felelnek meg, amelyek kevés kiszolgálómunkát igényelnek, könnyen műszerezhetők. Elterjedésüket elsősorban az akadályozza, hogy kisebb az üzembiztonságuk, mint a szakaszos technológiáké. A szakaszos technológiák közül a növelt élesztőmennyiséget előállítók és a teljes élesztőmennyiséget visszaforgató BOINOT—MELLE-eljárás termelékeny. Ez utóbbit azzal az igénnyel fejlesztették ki, hogy egyszerű legyen és gyors, az alapanyag szénhidráttartalmát maximálisan alakítsa át alkohollá, és amennyire csak lehet, küszöbölje ki az élesztő szaporodását (55. ábra).



55. ábra. Melaszszeszgyártás

Az 1950-es évek végén és az 1960-as évek elején, a fehérjetakarmányok iránti kereslet országosan megnövekedett. Első lépésként a szeszes erjesztés közben keletkező mintegy 6 kg/abs. hl fenékélesztő kinyerését és takarmányélesztővé történő feldolgozását oldották meg, majd a hagyományos erjesztési technológiát módosították. Az Erjedésipari Kutató Intézetben dolgozták ki a több fenékélesztőt előállító sajátosan magyar szeszerjesztési technológiákat. Ezek lé-

nyege az volt, hogy a tápanyag-adagolás csaknem teljes időtartama alatt levegőztetik a cefrét azért, hogy a hagyományos technológiáknál keletkező 6 kg/abs. hl élesztő-szárazanyagnak legalább a kétszeresét állítsák elő. Fontos felismerés volt az is, hogy a feldolgozott melasz minél nagyobb részét sűrű melasz formájában juttatják a cefrébe.

Kisebb-nagyobb módosításokkal ma is ennek a technológiának a változatait használják az iparban. A használatos technológiák közül az egyik állandó színtenyészet- és előerjesztő-vezetést ír elő, majd az erjesztésnél a levegőztetés és a melasz-hozzáfolyatás elvét alkalmazza.

A másik eljárás a színtenyészetből kiindulva készített szeszcefre élesztőjét alapos vizes mosás után 5—6 újabb szeszcefre oltására használja fel. Az állandó színtenyészet-vezetéssel járó sok munkát ily módon kiküszöböli, és megőrzi a másik technológiának azt az előnyét, hogy egy abs. hl szesz termelése mellett mintegy 12—15 kg takarmányélesztőt is előállít.

A melasz szállítása és tárolása

A cukorgyárakból a melaszt fűthető közúti és vasúti tartályokban szállítják a feldolgozást végző üzemekbe. Nagy viszkozitása miatt szivattyúzás előtt főleg ősszel és télen gőzzel fel kell melegíteni. A tartályba, a kiürítőnyílás közelébe direkt gőzt vezetnek, és azzal a melaszt 40—50 °C-osra melegítik. Ezen a hőmérsékleten csökken a viszkozitása, és szivattyúzhatóvá válik. Az évszaktól függően 10 t melasz kiürítéséhez mintegy 0,3—0,5 t gőzt használnak fel. A gőzből képződő kondenzátum a melaszt kismértékben hígítja.

A melasz elszámolása a cukorgyár és az élesztő-, illetve szeszgyár közt a cukortartalom alapján történik. Az elszámolás alapjául szolgáló minta a szállítmányra jellemző legyen. A rétegződés okozta eltérések kiküszöbölésére a vasúti tartálykocsi alján levő csapról és a tartály tetején levő búvónyíláson át felülről, bemerítéssel, gőzölés előtt vett minták átlag-cukortartalmát fogadják el. A jellemző mintavételnek és a melaszmennyiség mérésének nagy szerepe van az üzemvezetés, az üzemelés hatékonyságának ellenőrzése szempontjából is.

A melasz továbbítása speciális, nagy viszkozitású anyagok szállítására alkalmas szivattyúkkal (dugattyús, fogaskerék- vagy csavarszivattyú) történik. Üzemen belül szivattyúkkal és ahol erre mód van, magasabb szinten elhelyezett puffertartályokból gravitációval továbbítják a melaszt.

A melasz tárolása részint a cukoripar, részint a szeszipar nagyméretű (egyenként több ezer tonnát befogadó), fűthető, lefejtési lehetőséggel felszerelt szénacél tartályaiban történik. Jelentős mennyiségű melasz tárolására van szükség, ugyanis a cukoriparban mintegy 4,0—4,5 hónap alatt keletkező melaszt a szesziparban 10, illetve 12 hónap alatt használják fel.

A tárolótartályokban levő melasz mennyiségének megállapítására két módszer terjedt el. Az egyiknél talpas mérőléccel vagy megfelelő fajsúlyú úszók segítségével állapítják meg a folyékony melasz és a habréteg magasságát és ebből, valamint a tartálykeresztmetszetből számítják ki a térfogatot. A tartályok oldalán kb. félméterenként elhelyezett csapokon vett minták átlagából a laboratóriumban fajsúlyt és cukortartalmat vizsgálnak. Ezeket az értékeket és a térfogatot ismerve határozzák meg a készlet mennyiségét.

A másik bevált mérési mód a hidrosztatikai nyomás mérése. Ennek az az előnye, hogy a melaszhab szintjének és fajsúlyának mérési bizonytalanságaiból adódó eltéréseket kiküszöböli. A mért hidrosztatikai nyomás, a melasz átlagos fajsúlyának és cukortartalmának ismeretében egyszerűen számítható a készletben levő 50%-os cukortartalmú melasz mennyisége.

A melasz kezelésénél gyakori probléma, hogy gőzölése és mozgatása következtében kolloid anyagaiból nehezen megszüntethető hab képződik. Ez a habréteg néha több méteres is lehet. Ez nehezíti a melaszmennyiség pontos megállapítását, és jelentős mértékben rontja a tárolótér kihasználását. A hab megszüntetésére speciális habgátló anyagokat, gőzölést vagy vizes permetezést használnak. Az utóbbi hátránya az, hogy csak akkor lehet alkalmazni, ha az így felhígult melaszt azonnal felhasználják, mert ellenkező esetben üzemi fertőzés forrása lehet. Másik, szintén a tárolásnál jelentkező probléma a melasz cukortartalmának kiválása, kiülepedése. A hosszas tárolás alatt kiülepedett cukor nehezen mobilizálható, zavarja a pontos készlet megállapítást, illetve csökkenti a melasz tárolóterét, néha fél méter körüli rétegvastagságot is elér a tartályban.

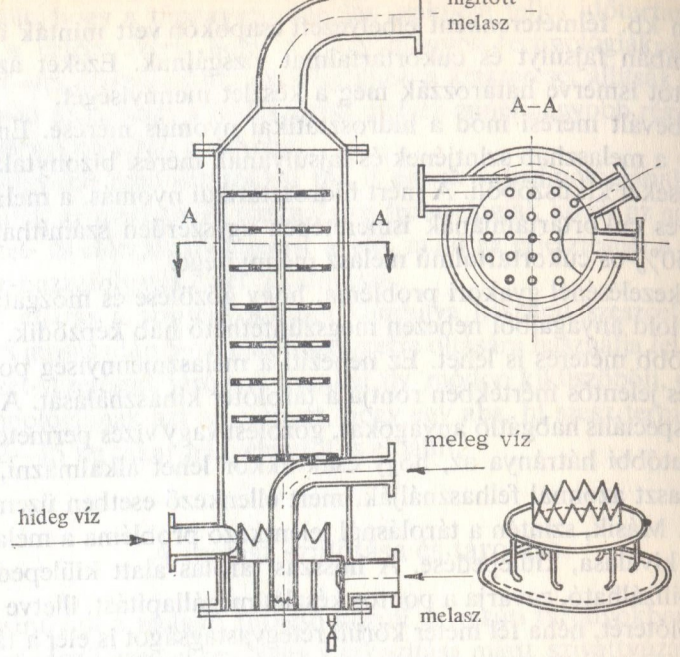
A segédanyagok szállítása, tárolása

A felhasznált szilárd segédanyagok (szuperfoszfát, ammónium-szulfát, maláta stb.) vasúti vagonokban vagy közúti járműveken érkeznek a gyárakba. Serleges targoncával vagy ún. „géplapáttal", néhány helyen még lapátolással rakják ki a szállítmányt. Üzemen belül serleges felvonóval, szállítószalaggal vagy targoncával szállítják. A folyékony segédanyagokat, ha nagyobb mennyiségben használják fel (pl. kénsav, habgátló olaj), vasúti tartálykocsiban szállítják a felhasználóhoz. Üzemen belüli szállítása, lefejtése szivattyúval, esetleg sűrített levegővel; tárolása tartályokban történik. A kisebb mennyiségben használt folyadékokat hordókban, üvegballonokban szállítják.

Az alap- és a segédanyagok előkészítése

□ A **melasz** szeszüzemi **előkészítési műveletei** közé a hígítást, sterilizálást, tápsók és adalékanyagok beadagolását soroljuk. Szeparálást vagy ülepítést, azoktól a kivételes esetektől eltekintve, amikor a szeszcefréből kinyert élesztővel szemben különleges igényeket támasztanak (pl. sütőélesztőként vagy sütőélesztő-gyári oltóélesztőként történő felhasználás) nem alkalmaznak.

A melaszt szakaszosan vagy folytonosan hígítják. A szakaszos hígítás legegyszerűbben keverővel ellátott tartályban végezhető el. Ha a tartály gőzbevezetéssel és hűtővel is fel van szerelve, akkor ugyanabban a tartályban a melasz sterilezése és visszahűtése is elvégezhető.



56. ábra. Folytonos melaszhígító berendezés

A folytonos hígítást a legegyszerűbben olyan keverőfejben végzik, amelybe szabályozható szerelvényen (precíziós csap vagy szelep) keresztül víz- és melaszvezetékek csatlakoznak. A szerelvények nyitásával, illetve zárásával beállítható a kívánt hígítási arány. A hígítás előtt a sűrű melaszba, vagy a hígítással egyidejűleg adagolják a szükséges kénsavat. A savanyításra 3—4-szeresre hígított kénsavat használnak az üzemi fertőzés visszaszorítása végett. A melasz fertőzöttségének, illetve a melasz lúgosságának megfelelően választják meg a kénsav mennyiségét. Folytonos melaszhígítás változtatható szállítóteljesítményű szivattyúkkal is megoldható. A hígítás ellenőrzését szakaszosan, a mintavételi csapon vett mintákból vagy folytonosan, az erre a célra kialakított átfolyásos epruvettában, Balling-fokolóval végzik.

A Szovjetunióban használatos folytonos erjesztési eljárásoknál a sűrű melaszba keverik az antiszeptikumot, a savat és a tápsókat, majd minimum egynapos reakcióidőt hagynak. Folytonos hígítóberendezésben a melaszt a kívánt szárazanyag-tartalmúra hígítják. A berendezés jó keveredést, egyenletes oldatsűrűséget biztosít. (56. ábra).

A folytonos sterilezést és hígítást két fokozatban végzik. A kismértékben felhígított melaszt hőcserélőn 90—95 °C-ra melegítik, és rövid ideig azon tartják, majd hideg vízzel hígítják a kívánt mértékben. A ma Magyarországon használatos szeszerjesztési technológiák folyamán a melaszt általában nem hígítják és nem sterilezik. Sűrű, előkészítetlen melaszt adagolnak. Az üzemi színtenyésztés során az egyes előkészített tápoldatokat a kádban sterilizálják.

□ Foszforbevitelre általában **szuperfoszfát** 3% P_2O_5-ot tartalmazó vizes oldatát vagy technikai foszforsavat, nitrogénforrásként pedig ammónium-

szulfátot, újabban **karbamidot** is használnak. Az ammónium-szulfátot vagy szilárd formában (közvetlenül az erjesztőkádba), vagy oldat formában adagolják. A szuperfoszfátot és az ammónium-szulfátot régebben egyes gyárakban a szükséges arányban keverve együtt oldották és adagolták.

A szakaszos erjesztés

A szeszes erjesztés lefolytatásához szükséges oltóélesztő színtenyésztéssel vagy az előző szeszes erjesztés élesztőjének visszavezetésével állítható elő.

□ A **színtenyésztés** célja, hogy az adott feladatra kiválasztott élesztőből az üzemi erjesztés oltóélesztő-szükségletét megbízhatóan steril körülmények között előállítsa.

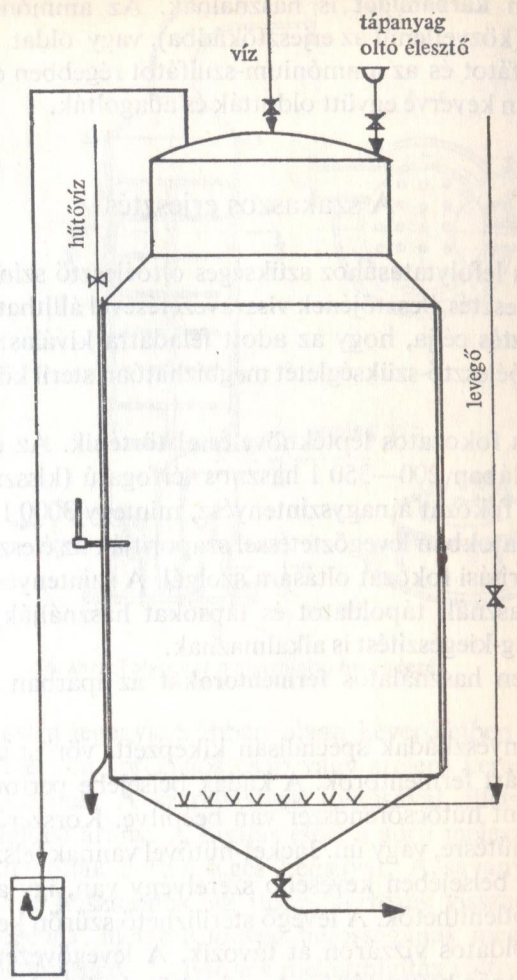
A színtenyésztés fokozatos léptéknöveléssel történik. Az első üzemi szaporítási fokozat általában 200—350 l hasznos térfogatú (kisszíntenyész). Az ezt követő szaporítási fokozat a nagyszíntenyész, mintegy 3000 l hasznos térfogattal. Az egyes fokozatokban levegőztetéssel szaporítják az élesztőt, és a kész cefre a következő szaporítási fokozat oltására szolgál. A színtenyésztéshez általában a főerjesztéshez használt tápoldatot és tápsókat használják, egyes esetekben azonban bioszanyag-kiegészítést is alkalmaznak.

□ Az erjesztőben használatos **fermentorokat** az iparban **erjesztőkádaknak** nevezik (57. ábra).

Az üzemi színtenyészkádak speciálisan kiképzett, vörösrézből vagy saválló acélból készített, zárt fermentorok. A kádak belsejébe perforáltcsöves levegőelosztó és esetenként hűtőcsőrendszer van beépítve. Korszerűbb berendezések kettős fala szolgál hűtésre, vagy ún. Jacket-hűtővel vannak felszerelve. Ez utóbbi esetekben a kádak belsejében kevesebb szerelvény van, így azok könnyebben tisztíthatók és fertőtleníthetők. A levegő sterilizhető szűrőn keresztül jut a kádba, és fertőtlenítőoldatos vízzáron át távozik. A levegővezetékbe csatlakozik rendszerint a direktgőz-bevezetés is. A cefre hőmérsékletének ellenőrzésére a kád középső részén zárt hőmérőcsonk nyúlik a kádba, amelybe higanyos vagy termoelektromos távhőmérőt helyeznek. Ez utóbbihoz regisztrálókészülék is csatlakozhat.

A víz és a tápanyagok bejuttatására a kád tetején szeleppel elzárható csőcsatlakozások szolgálnak. A melaszvezetéket általában a visszafertőzés megakadályozására tölcséren keresztül megszakítva csatlakoztatják a kádhoz. Ugyancsak a kád tetején van az oltócsonk és a búvónyílás. Az utóbbi olyan méretű, hogy azon keresztül a kád minden pontja könnyen elérhető, és így jól tisztítható. A folyadékszint ellenőrzésére nívócső szolgál, ami általában háromfuratú csappal csatlakozik a kádhoz, és így egyúttal mintavételre is alkalmas. A kész cefre továbboltáskor történő elvezetésére a kád kónikus kiképzésű alján levő csap és az ahhoz csatlakozó, megfelelő csővezeték szolgál.

□ A színtenyészet vezetésének alapvető feltétele a berendezések és a tápoldat sterilitása, ugyanis azok bakteriológiai tisztasága meghatározhatja az erjedés lefolyását. A színtenyészet készítését megelőzi a színtenyésztő kád és a



57. ábra. Színtenyészkád

hozzá csatlakozó csővezetékek és szerelvények gondos **tisztítása** és **fertőtlenítése.** A csatlakozó vezetékhálózat tervezésénél nagy gondot kell fordítani arra, hogy „pangó" tereket ne tartalmazzon, könnyen tisztítható és fertőtleníthető legyen. A vezetékből a folyadék, különösen fertőződésre hajlamos hígított melasz, a cefre vagy élesztőtej maradéktalanul kiürüljön és utánöblíthető legyen. A csövek megfelelő irányba történő lejtésének, a szerelvények tisztíthatóságának alapvető szerepe van az erjesztés szempontjából. A színtenyésztő kádat általában először vízsugárral kilocsolják, majd ha szükséges, az erjesztés közben a cefreszint magasságában képződött habgátlóolaj-gyűrű vagy egyéb makacs szennyezések mechanikus eltávolítását zsíroldó szerrel (ammóniákszóda, trisó stb.) és kefével elvégzik.

Ezután cirkuláltatott vegyszeroldattal mossák át. Napjainkban általánosan használják a formalinos gőzölést. A kádba térfogatarányosan formalint tesznek és direkt gőz bevezetésével áramló gőzben sterilezik a kádat és a csatlakozó

vezetékeket. Általában annyi formalint használnak, amennyi a gőzölés ideje alatt a gőzzel együtt eltávozik. A formalinmaradvány az erjedés megindulását gátolja.

□ A fertőtlenített kádba vagy az előkészített melasztápoldatot vagy a tápoldat komponenseinek mért mennyiségeit külön-külön adagolják. A kívánt összetételű tápoldatot általában külön előkészítő kádban keverik össze. A 12—13 Blg°-os, tápsókkal kiegészített melaszoldatot 4,0—4,2-es pH-ig kénsavval megsavanyítják, és habgátló olajat adnak hozzá. Ezután a tápoldatot direkt gőz bevezetésével mintegy 30 percig 90—100 °C-on tartják, majd lehűtik a fermentáció hőfokára, 29—30 °C-ra. Ezt követi a színtenyésztő kád **beoltása.**

Egy 200—300 l hasznos térfogatú színtenyészkád oltására 4—8 l oltóélesztő szükséges. Különösen kell vigyázni arra, hogy oltás közben fertőzés ne kerüljön a színtenyészkádban levő cefrébe. 70%-os alkohollal történő leégetést alkalmaznak az oltócsonkon és a lombik száján, és alkoholban fertőtlenített gumicsővel csatlakoztatják az oltócsonkot a lombik szájához. Beoltás után megkezdik a cefre levegőztetését. Hőmérsékletét kezdetben szükség esetén melegítéssel, később hűtéssel 30—32 °C-on tartják.

A színtenyész levegőztetését addig folytatják, amíg a Blg° 5-7-re csökken. Ekkor a cefre centrifugálható szárazanyag-tartalma (élesztő) 0,6—0,8%, alkoholtartalma 2—3,5%. Egy élesztő-kisszíntenyészet erjedési ideje a cefre hőmérsékletétől és az oltóélesztő mennyiségétől függően 8—15 óra. Az élesztőre jellemző az a hőmérséklet, amelyen még megfelelő sebességgel szaporodik, és az erjesztés és továbbszaporítás szempontjából legkedvezőbb a vitalitása. Előfordul, hogy kényszerűségből magasabb hőmérsékleten vezetik a cefrét, de ez az erjesztés szempontjából nem kedvező.

Az elkészült kisszíntenyész-cefrével oltják a nagyszíntenyészetet. Ennek előkészítése, tápoldat-összetétele és technológiája általában a kisszíntenyész cefréjével azonos. A higiéniai és technológiai fegyelem megtartásának ugyanolyan lényeges szerepe van itt is, mint az előzőekben.

A kisszíntenyészetet általában hetente egy vagy két alkalommal indítják laboratóriumi színtenyészettel. A többi esetben ún. „átvágással" történik az egymást követő oltás. Ez azt jelenti, hogy az elkészült kisszíntenyésznek nem a teljes mennyiségével oltják be a nagyszíntenyészkádban előkészített tápoldatot, hanem annak kisebb, $^1/_4$—$^1/_5$ részét a párhuzamosan beépített kisszíntenyészkádba előkészített cefre oltásához használják fel. Általában az oltásnál a cefre mozgatása levegőnyomás segítségével történik. Ennek oka elsősorban az, hogy így kevesebb szerelvény szükséges és a rendszer könnyebben tisztítható, fertőtleníthető.

Üzemi szeszerjesztés

Célja az, hogy a szeszlepárláshoz szükséges cefrét megfelelő mennyiségben és minőségben, gazdaságosan állítsák elő.

□ A főerjesztést 50—200 m³ hasznos térfogatú zárt, szén- vagy saválló acélfermentorokban, ún. **erjesztőkádakban** végzik. A fermentorok fel vannak szerelve a

tápanyagok betáplálására (szénforrás, segédanyagok, víz, levegő) és a kész cefre elviteléhez szükséges csőhálózattal, szerelvénnyel és szivattyúval, hűtőberendezéssel, mintavételi hellyel, tisztítási lehetőséggel (gőzvezeték, szórófejek, búvónyílások, vegyszeres körvezetékbe való becsatlakozás), hőmérővel, szintmérővel, pH-mérővel, esetleg szabályzóval, habszintszabályozó kiegészítőberendezésekkel. A korszerűbb berendezések folytonosan mérik és regisztrálják az alkoholtartalmat. Ugyancsak célszerű megoldás a hőmérséklet, a szint és a tápanyag-adagolás szabályozása és regisztrálása is, amelyek segítségével a technológia jobban kézben tartható, ellenőrizhető. A szeszerjesztésnél a levegőelosztásra általában a perforáltcsöves levegőelosztókat alkalmazzák. A technológiai víz adagolása a megadott szintig töltésével kézi- vagy szintkapcsolás-szabályozással, illetve beállítható vízórával történhet. A melasz adagolására még ma is általában kézzel szabályozható szelep szolgál, amihez a melasz gravitációval folyik. Az adagolást a kiadott technológiai utasítás szerint általában a cefre mindenkori Blg°-értékének megfelelően végzik. Használatos a kalibrált térfogatú tartályból való adagolás is. Ennél korszerűbb állítható teljesítményű szivattyúval adagolni a tápanyagot. Az utóbbi esetben azonban nagy szerepe van a melasz állandó hőmérsékletének, viszkozitásának az adagolt mennyiségek megbízhatósága szempontjából. Használják az ún. „menzúrás" adagolóberendezést is. Ez egy megfelelően megválasztott térfogatú edény, alján háromfuratú motoros csappal. A csap az adagolóedény és a központi tápanyagtartály, valamint az adagolóedény és az erjesztőkád közti összeköttetések egyenkénti ellátására képes. A motoros szelep programozásával időegység alatt a kívánt tápanyagból az adagolóedény térfogatának egész számú többszörösét lehet a fermentorba adagolni. Természetesen melasz esetében az állandó viszkozitást itt is fenn kell tartani ahhoz, hogy a rendelkezésre álló idő alatt az adagolóedény képes legyen megtelni, illetve kiürülni.

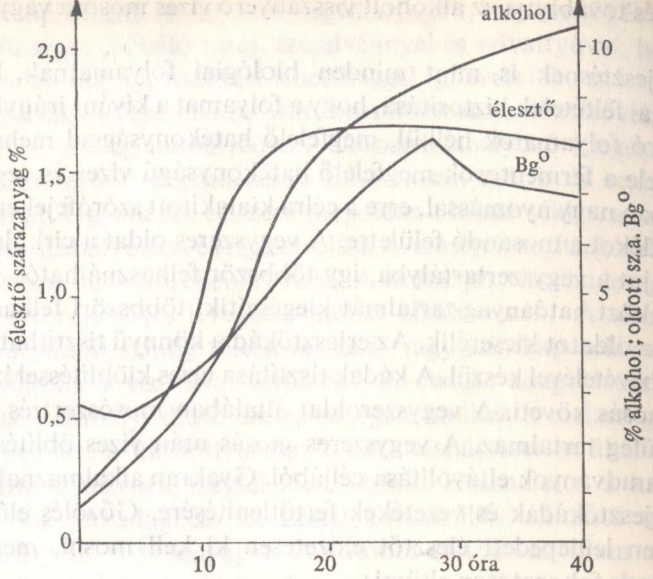
A szeszfermentáció exoterm, a keletkező hő elvonását vagy az erjesztőkádba beépített hűtőcsőrendszerrel, vagy külső lemezes hőcserélőn való cirkuláltatással oldják meg. Korszerűbb, ha a cefre hőmérsékletét termoelektromos hőmérő méri, ami a hűtővíz motoros szelepét a hőmérsékletnek megfelelően nyitja vagy zárja. A szint jelzésére általában mechanikus (úszós) vagy pneumatikus berendezés szolgál (buborékoltató). A pH mérése kivett mintából laboratóriumban (műszeresen) vagy a helyszínen (papírral) történik. Habzásgátlásra a szeszgyártásnál szulfonált, közömbösített telítetlen növényi olajokat használnak. Automatikus habszintszabályozás esetén a maximálisan megengedett habszint magasságában elhelyezett elektróda elérésekor az elektrolit (a hab) zárja a szabályozó áramkört, amely az olajvezeték szelepét vezérli. Az áramkör zárása után a szelepet meghatározott időre nyitva olajat juttat a fermentorba. A cefremintát általában az erjesztőkád tetején levő búvónyíláson át, bemerítéssel veszik. Újabban segédlevegővel működő folytonos mintavevőket használnak. Az erjesztés közben keletkező szén-dioxid és a használt levegő az erjesztőkád tetején levő pillangószeleppel szabályozható csővezetéken távozik. Az erjesztőtér levegőjének egészséges összetétele végett az erjesztőkádból ventillátor szívja el a gázokat és továbbítja az alkoholt visszanyerő vizes mosóra vagy közvetlenül a szabadba.

A szeszerjesztésnek is, mint minden biológiai folyamatnak, kulcskérdése olyan higiéniai feltételek biztosítása, hogy a folyamat a kívánt irányban, fertőzés okozta zavaró folyamatok nélkül, megfelelő hatékonysággal mehessen végbe. Ennek feltétele a fermentorok megfelelő hatékonyságú vizes és vegyszeres mosása. Általában nagy nyomással, erre a célra kialakított szórófejeken át juttatják a mosófolyadékot a mosandó felületre. A vegyszeres oldat a cirkulációs vezetéken át visszajut a vegyszertartályba, így többször felhasználható. Az egyes felhasználások közt hatóanyag-tartalmát kiegészítik, többszöri felhasználás után pedig az egész oldatot kicserélik. Az erjesztőkád a könnyű tisztíthatóság igényének figyelembevételével készül. A kádak tisztítása vizes kiöblítéssel kezdődik, ezt vegyszeres mosás követi. A vegyszeroldat általában mosószert és fertőtlenítőszert egyidejűleg tartalmaz. A vegyszeres mosás után vizes öblítés következik a vegyszermaradványok eltávolítása céljából. Gyakran alkalmaznak formalinos kigőzölést erjesztőkádak és vezetékek fertőtlenítésére. Gőzölés előtt a levegőelosztó csőben leülepedett élesztőt előzetesen ki kell mosni, mert ellenkező esetben beleég és fokozatosan eltömi.

□ Az **előerjesztés** folyamán intenzív levegőztetéssel és kis cukorkoncentrációval a főerjesztéshez szükséges élesztőt állítják elő. Az előerjesztést 20—50 m³-es, zárt, szénacélból vagy saválló acélból készült fermentorokban szakaszosan vagy félfolytonosan végzik. A megfelelően előkészített fermentorba szivattyúzák a nagyszíntenyész-cefrét és vagy előre elkészítik a fermentorban a 10—12 Blg°-os melaszoldatot és a tápsókat, vagy folytonosan táplálják a cefrébe. A cefrét általában 4,5—5,5 Blg°-ig erjesztik állandó intenzív levegőztetéssel, majd az erjesztési program szerint vagy teljes mennyiségét vagy egy részét használják fel a főerjesztőkád oltására. Félfolytonos előerjesztés esetén két- vagy háromnaponként indítanak nagy színtenyészettel új előerjesztő cefrét. Az előerjesztés 6—8 óra alatt megy végbe.

A cefre az erjedés végén 6—10 g/l élesztő-szárazanyagot és 2—3% alkoholt tartalmaz. Egyes szeszgyárakban az erjesztői munka egyszerűbbé tétele céljából az élesztőszaporítási fokozatok közül az előerjesztést elhagyják, és közvetlenül nagyélesztővel oltják a főerjesztőkádakat.

□ A **főerjesztés** alatt levegőztetett és táplált, tehát további élesztőszaporítást eredményező, valamint a nem levegőztetett és táplált, kimondottan erjesztést eredményező anaerob technológiai szakaszokat különböztethetünk meg. A megfelelően kitisztított és kifertőtlenített főerjesztőkádba adagolják a szükséges technológiai vizet, az ún. „ágyazóvizet". Az ágyazóvízbe adagolják a cefréhez szükséges tápsók egy részét, esetenként a teljes mennyiséget és kevés melaszt (0,5—0,7 Blg°). A pH-t 3,9—4,2-re, néha még kisebb értékre állítják be. Ezután beoltják a cefrét és a továbbiakban hígítatlan melasszal táplálják. Így az ágyazóvíz mennyisége gyakorlatilag az egyéb úton (tápsóoldatok, oltócefre stb.) be nem vitt, de a cefréhez szükséges összes víz mennyiségének felel meg. Az „ágyazásos" technológia a főerjesztés indításánál azáltal, hogy csekély a só- és ballasztanyag-koncentrációja, kedvező feltételeket teremt az élesztő szaporodásához.



58. ábra. Melaszcefre erjedése

A klasszikus, hígítottmelasz-adagolás ezt az előnyt nem nyújtotta, viszont az ozmózisnyomásra érzékeny baktériumos fertőzésekkel szemben bizonyos védelmet nyújtott.

Ezt a védelmet az induláskor alkalmazott kis pH-értékkel pótolják az „ágyazásos" technológiákban. Az élesztőszaporodás sebessége a főerjesztésnek ebben a szakaszában rendkívül nagy. Egy ilyen erjesztés időbeni lefutását, a reakciósebességek alakulását az 58. ábrán mutatjuk be. A hígítatlan melasszal való táplálást a levegőztetett szakaszban olyan ütemben végzik, hogy a cefre Blg°-a óránként 0,3—0,4-nél többet ne emelkedjen. A cefre Blg°-át óránként ellenőrzik, és ha szükséges, módosítják a táplálás ütemét. Ugyancsak óránként ellenőrzik a cefre pH-ját és hőmérsékletét is. Meghatározott időszakonként a laboratóriumban mikroszkópos ellenőrzést, élesztőszárazanyag-, alkohol-, maradékcukor-, foszfortartalom- stb. ellenőrző vizsgálatokat végeznek.

A levegőztetett szakasz az adott technológiától, a felhasznált oltóélesztő mennyiségétől és minőségétől függően 8—18 óra. A levegőztetett szakasz elején az ágyazóvízbe vagy időben széthúzva, annak teljes tartama alatt adagolják a cefréhez a várt élesztőhozamhoz szükséges tápsóoldatot. A levegőztetett szakaszt a főerjesztés anaerob szakasza követi, amikor a melaszt intenzívebben adagolják, mivel itt keletkezik az alkohol jelentős mennyisége.

□ A főerjesztést a mintegy 5—6 órás tápanyag-adagolás nélküli **utóerjesztés** követi. Ezalatt az erjedés befejeződik, a cefre erjeszthető cukortartalma alkohollá alakul. Az erjesztést irányító személy ezt abból is érzékeli, hogy az óránként végzett Blg°-mérés utolsó két értéke azonos. Az elkészült melaszszeszcefre alkoholtartalma 8—10,5 térfogatszázalék, élesztőtartalma 12—15 g/l, Blg°-a

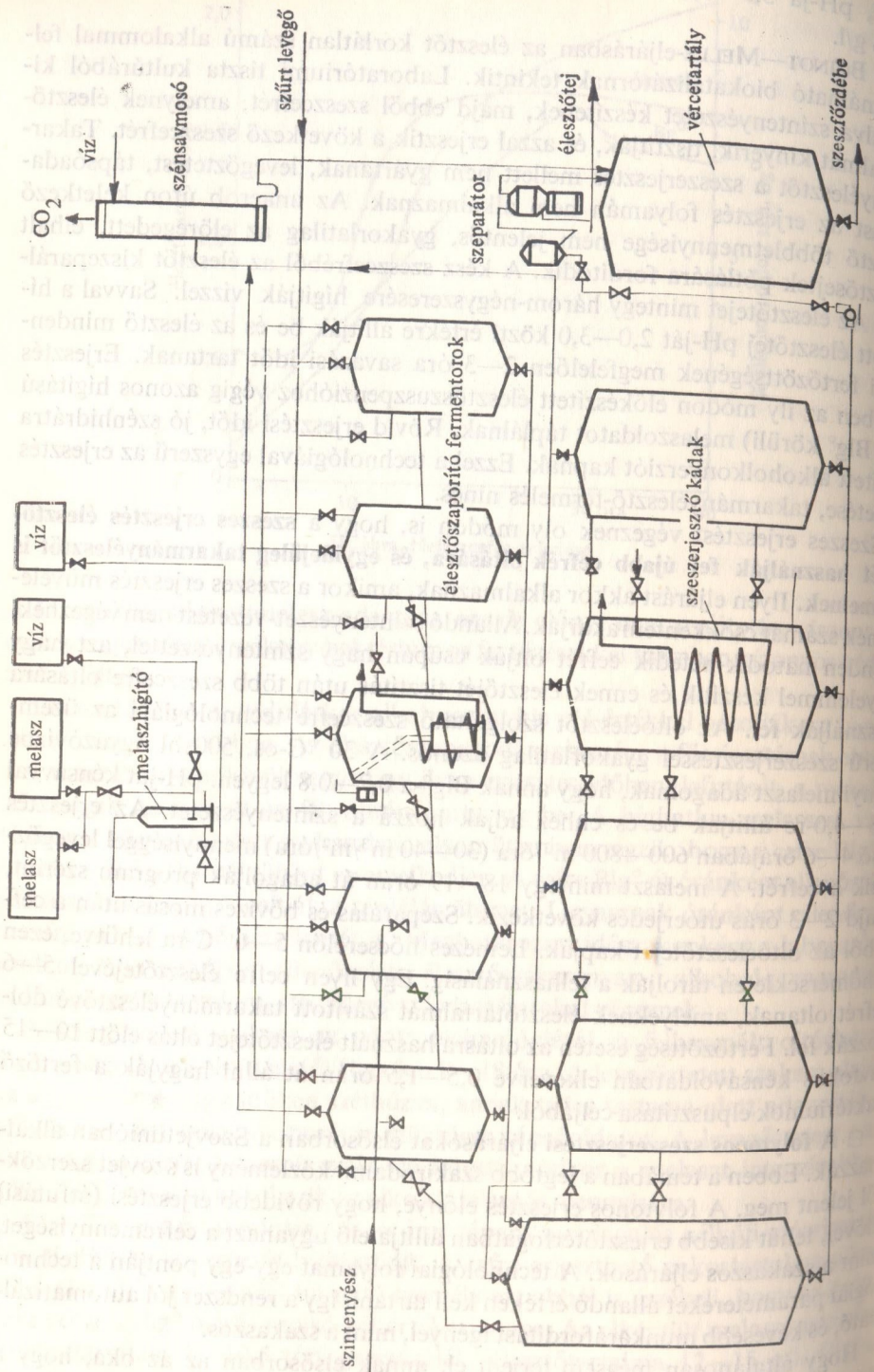
7—8, pH-ja 5,5—7,0 maradék redukálóanyag-tartalma glükózban kifejezve 2—4 g/l.

A Boinot—Melle-eljárásban az élesztőt korlátlan számú alkalommal felhasználható biokatalizátornak tekintik. Laboratóriumi tiszta kultúrából kiindulva színtenyészetet készítenek, majd ebből szeszcefrét, amelynek élesztőtartalmát kinyerik, tisztítják, és azzal erjesztik a következő szeszcefrét. Takarmányélesztőt a szeszerjesztés mellett nem gyártanak, levegőztetést, tápsóadagolást az erjesztés folyamán nem alkalmaznak. Az anaerob úton keletkező élesztő többletmennyisége nem jelentős, gyakorlatilag az elöregedett, elhalt élesztősejtek pótlására fordítódik. A kész szeszcefréből az élesztőt kiszeparálják. Az élesztőtejet mintegy három-négyszeresére hígítják vízzel. Savval a hígított élesztőtej pH-ját 2,0—3,0 közti értékre állítják be és az élesztő mindenkori fertőzöttségének megfelelően 2—3 óra savazási időt tartanak. Erjesztés közben az ily módon előkészített élesztőszuszpenzióhoz végig azonos hígítású (30 Blg° körüli) melaszoldatot táplálnak. Rövid erjesztési időt, jó szénhidrátra vetített alkoholkonverziót kapnak. Ezzel a technológiával egyszerű az erjesztés vezetése, takarmányélesztő-termelés nincs.

Szeszes erjesztést végeznek oly módon is, hogy a **szeszes erjesztés élesztőtejét használják fel újabb cefrék oltására, és egyidejűleg takarmányélesztőt is termelnek.** Ilyen eljárást akkor alkalmaznak, amikor a szeszes erjesztés műveleteinek számát csökkenteni akarják. Állandó színtenyészet-vezetést nem végeznek. Minden hatodik-hetedik cefrét oltják csupán nagy színtenyészettel, azt nagy figyelemmel készítik és ennek élesztőjét tisztítás után több szeszcefre oltására használják fel. Az oltóélesztőt szolgáltató szeszcefre technológiája az üzemszerű szeszerjesztéssel gyakorlatilag azonos. A 30 °C-os, 500 hl ágyazóvízbe annyi melaszt adagolnak, hogy annak Blg°-a 0,7—0,8 legyen. pH-ját kénsavval 3,8—4,0-re állítják be és ehhez adják hozzá a színtenyészetet. Az erjesztés első 4—6 órájában 600—800 m^3/óra (30—40 m^3/m^2/óra) mennyiséggel levegőztetik a cefrét. A melaszt mintegy 18—19 órán át adagolják program szerint, majd 2—3 órás utóerjedés következik. Szeparálás és bővizes mosás után a cefréből az oltóélesztőtejet kapják. Lemezes hőcserélőn 5—6 °C-ra lehűtve, ezen a hőmérsékleten tárolják a felhasználásig. Egy ilyen cefre élesztőtejével 5—6 cefrét oltanak, amelyeknek élesztőtartalmát szárított takarmányélesztővé dolgozzák fel. Fertőzöttség esetén az oltásra használt élesztőtejet oltás előtt 10—15 savfokos kénsavoldatban elkeverve 0,5—1,5 órán át állni hagyják a fertőző baktériumok elpusztítása céljából.

□ A **folytonos szeszerjesztési** eljárásokat elsősorban a Szovjetunióban alkalmazzák. Ebben a témában a legtöbb szakirodalmi közlemény is szovjet szerzőktől jelent meg. A folytonos erjesztés előnye, hogy rövidebb erjesztési (átfutási) idővel, tehát kisebb erjesztőtérfogatban állítja elő ugyanazt a cefremennyiséget, mint a szakaszos eljárások. A technológiai folyamat egy-egy pontján a technológiai paramétereket állandó értéken kell tartani, így a rendszer jól automatizálható, és kevesebb munkaráfordítást igényel, mint a szakaszos.

Hogy általánosan mégsem terjedt el, annak elsősorban az az oka, hogy a folytonos rendszer elfertőződésének nagyobb a veszélye, mint a szakaszosénak,

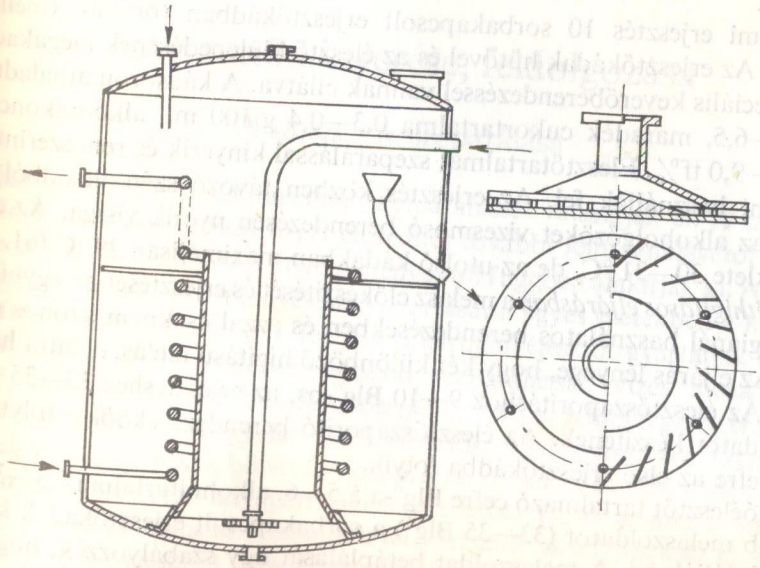


59. ábra. Egyhígításos folytonos szeszerjesztés

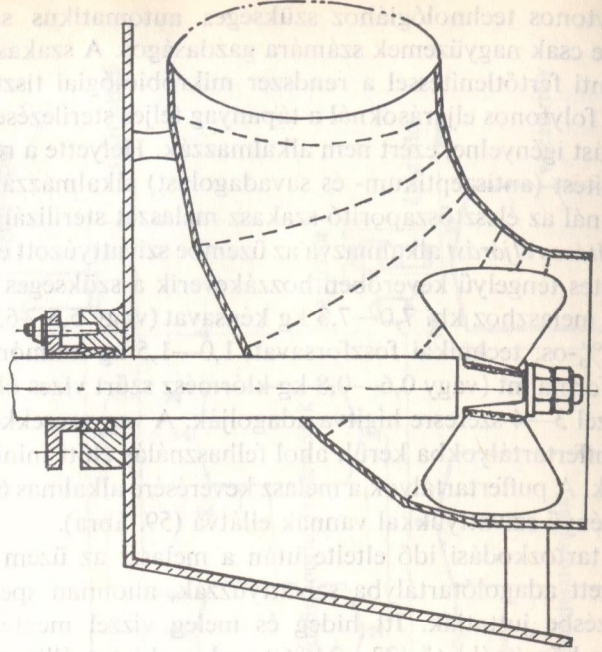
továbbá a folytonos technológiához szükséges automatikus szabályzórendszerek beépítése csak nagyüzemek számára gazdaságos. A szakaszos eljárásoknál a cefrénkénti fertőtlenítéssel a rendszer mikrobiológiai tisztasága jobban biztosítható. A folytonos eljárásoknál a tápanyag teljes sterilezése nagyon nagy költségráfordítást igényelne, ezért nem alkalmazzák. Helyette a részleges, vegyszeres fertőtlenítést (antiszeptikum- és savadagolást) alkalmazzák. Egyes folytonos eljárásoknál az élesztőszaporító szakasz melaszát sterilizálják.

□ Az *egyhígításos eljárást* alkalmazva az üzembe szivattyúzott eredeti melaszhoz egy vízszintes tengelyű keverőben hozzákeverik a szükséges segédanyagokat. Egy tonna melaszhoz kb. 7,0—7,3 kg kénsavat (vagy 5,5—6,0 kg sósavat), 0,5—0,6 kg 70%-os, technikai foszforsavat, 1,0—1,5 kg ammónium-szulfátot és 0,5—0,6 kg formalint (vagy 0,6—0,8 kg klórmész szűrt vizes oldatát) adnak. A kénsavat vízzel 3—4-szeresre hígítva adagolják. A vegyszerekkel összekevert nyersmelasz puffertartályokba kerül, ahol felhasználás előtt minimum egy napig állni hagyják. A puffertartályok a melasz keverésére alkalmas 60—70 m³/óra szállítóteljesítményű szivattyúkkal vannak ellátva (59. ábra).

A megfelelő tartózkodási idő eltelte után a melaszt az üzem legmagasabb pontján elhelyezett adagolótartályba szivattyúzzák, ahonnan speciális melaszhígító berendezésbe juttatják. Itt hideg és meleg vízzel megfelelő sűrűségű (21—22 Blg°) és hőmérsékletű (22—24 °C) melaszoldatot állítanak elő. A segédanyagokkal kiegészített, hígított melaszoldat folytonosan az élesztőszaporító fermentorokba folyik. A folytonos oltóélesztő-szaporító fermentorok az erjesztőkádak fölött helyezkednek el. Levegőztetésüket pneumocirkulációs berendezéssel oldják meg. Az élesztőszaporító fermentorok oltását az üzemi szintenyészetben előállított cefrével végzik. Az egyes fermentorokat olyan ütemben táplálják, hogy a túlfolyón távozó cefre Blg°-a 15—17 legyen. Ekkor



60. ábra. Élesztőszaporító kád levegőztetővel



61. ábra. Cefrekeverő

alkoholtartalma 2—3%-os és 1 ml cefrében minimálisan 120 millió élesztősejt van. Az élesztőszaporítás hőmérséklete 28—29 °C. Az élesztőcefre az egyes kádakból túlfolyással, speciálisan kialakított tölcsérek segítségével egy lejtős kiképzésű gyűjtővezetéken át kerül az erjesztőkád-rendszer első kádjába (60. ábra).

Az üzemi erjesztés 10 sorbakapcsolt erjesztőkádban történik (melléklet: 14. ábra). Az erjesztőkádak hűtővel és az élesztő kiülepedésének megakadályozására speciális keverőberendezéssel vannak ellátva. A kádsoron áthaladt cefre Blg°-a 6—6,5, maradék cukortartalma 0,3—0,4 g/100 ml, alkoholkoncentrációja 8,5—9,0 tf%. Élesztőtartalmát szeparálással kinyerik és rendszerint sütőélesztőként használják fel. Az erjesztés közben távozó szén-dioxidból és levegőből az alkoholgőzöket vizesmosó berendezésen nyerik vissza. Az erjedés hőmérséklete 30—31 °C, de az utolsó kádakban maximálisan 29 °C (61. ábra).

□ A *kéthígításos eljárásban* a melasz előkészítését és erjesztését az egyhígításos technológiánál használatos berendezésekben és azzal csaknem azonos módon végzik. Az eljárás lényege, hogy két különböző hígítású melaszoldatot használnak fel. Az élesztőszaporításhoz 9—10 Blg°-os, az erjesztéshez 33—35 Blg°-os melaszoldatot készítenek. Az élesztőszaporító berendezésekből a folytonosan távozó cefre az első erjesztőkádba folyik.

Az oltóélesztőt tartalmazó cefre Blg°-a 5,5—6, alkoholtartalma 2,8—3,2 tf%. A sűrűbb melaszoldatot (33—35 Blg°) a sorbakapcsolt erjesztőkádak közül az elsőbe táplálják be. A melaszoldat betáplálását úgy szabályozzák, hogy az az élesztőszaporítás híg cefréjével keveredve mintegy 12—13 Blg°-os cefrét adjon.

A cefre a sorbakapcsolt kádakon túlfolyással halad végig. Az erjedés hőmérsékletét hűtéssel 29—32 °C közt tartják. Az élesztő leülepedését keveréssel akadályozzák meg. A szeparálás után a cefrét kifőzik.

A kéthígításos módszert előnyösebbnek tartják, mint az egyhígításost, ugyanis itt különböző minőségű melaszok feldolgozása esetén módjukban áll, hogy az élesztő szaporításához a jobb minőségű melaszt használják fel. Különösen fontos ez olyan esetekben, amikor melaszt és nyerscukrot keverve dolgoznak fel. Azt tapasztalták, hogy a kéthígításos módszerrel az élesztőszaporító szakaszt jobban lehet irányítani, ellenőrizni, mint az egyhígításos alkalmazása esetén, és az elérhető fajlagos alkohol kihozatal is kedvezőbb.

Az erjedési gázokkal távozó szesz visszanyerése

A szeszes erjesztés levegőztetett szakaszában a levegő, az anaerob szakaszában pedig az erjedés közben keletkező szén-dioxid a cefrén áthaladva jelentős mennyiségű alkoholt ragad magával. A szeszveszteség csökkentése végett törekedni kell a gázokkal távozó szeszpárákból a szeszmennyiség maximális visszanyerésére. A szeszpára-visszanyerést régebben aktívszenes adszorpcióval végezték, ma inkább a vizes mosást alkalmazzák.

A vizes mosást töltött oszlopon vagy tányéros kolonnán végzik. A kolonna tetején vezetik be az elnyeletőfolyadékot, a hideg mosóvizet, az alsó részébe az erjesztőkádak elszívóventillátora nyomja be az alkoholgőzöket tartalmazó gázt. Az ellenáramban haladó folyadék kimossa a gázból az alkoholgőzök legnagyobb részét. A szeszes mosófolyadékot rendszerint a szeparált, kifőzés előtti szeszcefrébe vezetik.

Az élesztő kinyerése, feldolgozása

A szeszcefre szeparálása

A leerjedt szeszcefre élesztőtartalmát szeparálással választják el. A szeparálási technológiát a szeparálással nyert élesztőtej további felhasználásától és a vele szemben támasztott minőségi követelményektől függően alakítják ki. Az élesztőtejet leggyakrabban takarmányélesztő gyártására, egyes esetekben a következő szeszcefrék oltására használják fel. Ha takarmányélesztőt gyártanak a szeszes erjesztés élesztőjéből, általában kétszeri szeparálással, vizes mosás nélkül, 22—25% szárazanyag-tartalmú élesztőtejjé sűrítik be. Különleges igények vagy porlasztva szárítás esetén egy harmadik vizes mosással egybekötött szeparálásra is szükség van. Ugyancsak bő vizes mosással távolítják el az élesztősejtek felületéről a melasz szennyező anyagait abban az esetben is, ha az élesztőtejet a következő szeszcefrék oltására használják fel. Ott ezek az anyagok az élesztő szaporodását és az erjesztést akadályoznák. Szeparálásra általában Alfa-Laval vagy Westfalia gyártmányú tányéros szeparátorokat használnak.

Az élesztőtej szeszteleníte se

A takarmányélesztő-gyártásra kerülő, 22—25% szárazanyag- és 5—7% alkoholtartalmú élesztőtejet az élesztősejtek elpusztítása (plazmolizálása), illetve az alkohol visszanyerése végett szeszteleníti. A szeszteleníte st erre a célra méretezett tányéros kolonnákon történő kifőzéssel végzik. A visszanyert szeszt az élesztőmentes szeszcefrébe vezetik vissza. A szeszteleníte tt élesztőtej alkoholtartalmát, a szeszveszteségek minimálisra csökkentése céljából, az üzemi laboratórium rendszeresen ellenőrzi.

Az élesztőtej szárítása

A szeszmentes élesztőtejet esetenként besűrítik, majd vagy önmagában, vagy a szeszmoslék élesztősítésével nyert torulaélesztő-tejjel keverve szárítják. A szárítást gőzzel fűtött szárítóhengeren vagy porlasztva szárító berendezésben végzik.

A melaszszeszgyártásnál felhasznált anyagokból keletkező fő- és melléktermékek, hulladékanyagok mennyiségét az 52. táblázat szemlélteti.

52. táblázat

A melaszszeszgyártásban felhasznált és keletkező anyagok

Felhasznált anyagok	Keletkező anyagok
Melasz 1000 kg (500 kg cukor)	finomszesz 280—290 abs. l
Ammónium-szulfát 5,0 kg	előpárlat 20 abs. l
Szuperfoszfát 8,0 kg	kozmaolaj 1 l
Kénsav 4,0—5,0 kg	takarmányélesztő 36—38 kg
Habgátló olaj 0,5 kg	híg melaszmoslék 3100 l (310 kg szárazanyag)
Technológiai víz 2400 l	
Hűtővíz 18 000 l	

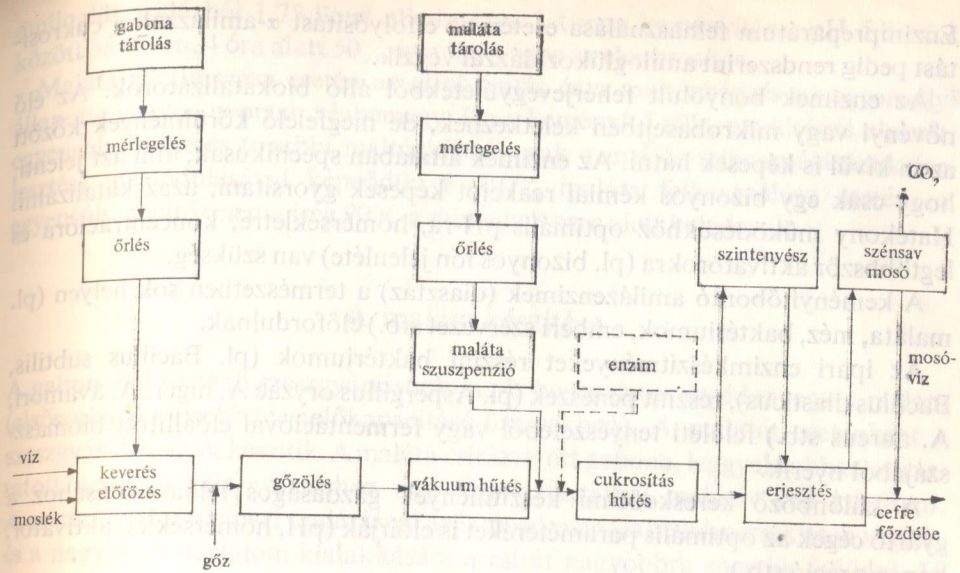
Szeszgyártás gabonából

A gabona szállítása és tárolása

A gabonát vasúti vagonokban vagy közúti járműveken szállítják a mezőgazdasági termelőtől az ipari feldolgozás színhelyére.

Üzemen belüli mozgatása pneumatikus szállítórendszerrel, serleges vagy szalagos szállítóberendezések segítségével történik. A gabonaiparban is használatos silókban, magtárakban, szükség esetén színekben tárolják.

A gabonamagvakban a cukor összetett formában, keményítő alakban van jelen. A keményítő a növényre jellemző szemcsék formájában a sejtfalak közé beágyazva található.



62. ábra. Gabonacefre-készítés

Az élesztő csak az egyszerű cukrokat képes erjeszteni. A keményítőtartalmú alapanyagok előkészítésének célja, hogy a keményítőt a magvak sejtszerkezetének feltárásával azokból kiszabadítsa, elcsirizesítse, azaz oldatba vigye és cukrokra bontsa le (62. ábra).

A keményítő (amylum)

A keményítő összetett cukor, glükózmolekulákból felépített makromolekula.

A keményítő általában két fő komponensből: amilózból és amilopektinből áll. Az amilózban a glükózmolekulák egyenes láncban az 1-es és 4-es szénatomjaikkal kapcsolódnak egymáshoz.

Az amilopektinben egyes helyeken az egyenes lánc úgy ágazik el, hogy a glükóz 6-os szénatomja egy másik glükózmolekulával reagál. Az amilóz és az amilopektin fizikai tulajdonságaiban (oldhatóság) és enzimmel történő bonthatóságban is lényegesen eltér egymástól. Az 1—4 kötések térállása miatt a keményítőláncok a keményítőszemcsében spirálisan csavarodott formában vannak. Az egyes növényekre jellemző a keményítőszemcsék mérete, alakja és a keményítőben levő amilóz és amilopektin aránya.

A **keményítőbontó enzimek** segítségével végzik a gőzöléssel oldatba vitt, elcsirizesített keményítő folyósítását és cukrosítását. Erre a célra a hagyományos szeszgyártó eljárásokban a maláta enzimeit, az utóbbi időszakban kifejlesztett eljárásokban egyre inkább a nagyipari módszerekkel előállított enzimpreparátumokat használnak. A maláta keményítő- és fehérjebontó enzimekben gazdag készítmény. Ezen eljárásoknál elsősorban α- és β-amilázait használják fel.

Enzimpreparátum felhasználása esetén az elfolyósítást α-amilázzal, a cukrosítást pedig rendszerint amiloglükozidázzal végzik.

Az enzimek bonyolult fehérjevegyületekből álló biokatalizátorok. Az élő növényi vagy mikrobasejtben keletkeznek, de megfelelő körülmények között azon kívül is képesek hatni. Az enzimek általában specifikusak, ami azt jelenti, hogy csak egy bizonyos kémiai reakciót képesek gyorsítani, azaz katalizálni. Hatékony működésükhöz optimális pH-ra, hőmérsékletre, koncentrációra és legtöbbször aktivátorokra (pl. bizonyos ion jelenléte) van szükség.

A keményítőbontó amilázenzimek (diasztáz) a természetben sok helyen (pl. maláta, méz, baktériumok, emberi szervezet stb.) előfordulnak.

Az ipari enzimkészítményeket részint baktériumok (pl. Bacillus subtilis, Bacillus diasticus), részint penészek (pl. Aspergillus oryzae A. niger, A. avamori, A. aureus stb.) felületi tenyészetéből vagy fermentációval előállított biomasszájából nyerik.

A különböző kereskedelmi készítmények gazdaságos felhasználásához a gyártó cégek az optimális paramétereket is előírják (pH, hőmérséklet, aktivátor, koncentráció stb.).

Az α-amiláz enzim az oldatba vitt keményítőt dextrinekké alakítja és ennek következtében az oldat viszkozitása csökken, ezért ezt a folyamatot elfolyósításnak nevezik. A dextrinek különböző lánchosszúságú cukorpolimerek, a keményítő bomlástermékei. Az enzim működése szempontjából az optimális hőmérséklet maláta- és penész-amiláz esetén 60 °C, baktériumeredetű amiláz esetén 85 °C körül van. Az optimális pH mindegyik esetben 5,8—6,2. A baktériumamiláz működéséhez Ca-ion jelenlétére is szükség van. Az α-amiláz enzimkészítményeket a grammonkénti enzimaktivitás-egységükkel jellemzik. Egy aktivitásegységet az az enzimmennyiség képvisel, amely 100 mg oldott keményítőt 30 perc alatt maradéktalanul dextrinekké alakít. A kereskedelmi α-amiláz enzimkészítmények több tízezer enzimaktivitás-egységűek.

A β-amiláz az oldott keményítőt hatékonyan cukrosítja és zömében maltózra bontja le. Az oldat viszkozitását csak kismértékben csökkenti. Működése 60 °C-on, 5,2 pH-értéken a leghatékonyabb. 60 °C fölött és pH 4,8 alatt az enzim károsodik. Számottevő mennyiségben csak a malátában található, iparilag nem állítják elő.

Az amiloglükozidáz enzim mind az amilózt, mind az amilopektint képes lebontani. A láncvégekről indulva glükózmolekulákat hasít le. A glükózt lassabban képezi, mint a β-amiláz a maltózt. Tevékenységét pH 4—5, és 50—60 °C közti hőmérséklet-tartományban képes kifejteni.

Az amiloglükozidáz enzimaktivitását glükózamiláz-egységben fejezik ki: G. A. E./g vagy G. A. E./ml. Egy G. A. E. azt az enzimmennyiséget jelenti, amennyi az elfolyósított keményítőből adott koncentrációjú oldatban az optimális hőmérsékleten óránként 1 g glükózt képez. A kereskedelmi amiloglükozidáz-készítmények százezres nagyságrendű G. A. E.-űek.

Ha egy 60 000-es α-amiláz-aktivitásegységű enzimet 80—85 °C-on, pH 5,3—5,0 mellett, 0,55 liter enzim/t keményítő mennyiségben alkalmazzák, az elfolyósításhoz mintegy 20—27 perc szükséges. Egy 150 000 G. A. E.-jű

amiloglükozidázból 1,75 litert alkalmazva 1 tonna keményítőre, pH 5,8—6,2 között 58 °C-on, 4 óra alatt 50%-ig megy végbe az elcukrosítás.

Maláta alkalmazása esetén az elfolyósítás és a maltózképzés az egyensúlyi állapotig nagyon gyorsan végbemegy. Ha a keményítő 80%-a maltózzá alakult, egyensúly áll be és további maltózképzés csak a maltóz felhasználásának (erjesztés) megindulásával képződik. 8—10% maláta felhasználása esetén az egyensúlyi maltózmennyiség 70%-a mintegy 8 perc alatt keletkezik.

A maláta készítése

A gabonából történő szeszgyártásnak ma is használatos segédanyaga a maláta (elsősorban a kisebb termelőkapacitású üzemekben). A malátát esetenként a szeszgyárak maguk készítik. A maláta csíráztatott gabona, leggyakrabban csíráztatott árpa. A szeszgyártáshoz nagy amiláztartalmú malátát kell készíteni. A csíráztatást a söripari malátáénál valamivel magasabb hőmérsékleten végzik, és a nagy enzimtartalom kialakítására a csírát nagyobbra engedik fejlődni. Jó csírázóképességű árpát kell használni, amely egyenletesen és gyorsan csírázik. Az első lépés az árpa áztatása. 6—8 órán át áll vízben az árpa az áztatókádban, majd leengedik róla a vizet újabb 6—8 órára. Esetenként levegőztetik is a gabonát áztatás közben. Az áztatással 40—45% nedvességtartalom elérése a cél.

A malátázás második lépése a csíráztatás. Ezt az ún. „szérűn" gépi forgatással végzik. A nedvességtartalom-veszteséget locsolással pótolják, a keletkező CO_2-ot szellőztetéssel távolítják el. **A szeszgyári célra** szükséges maximális amiláztartalmat akkor éri el a gabona, ha a levélcsíra mérete a gabonaszemekének a kétszerese. A saját készítésű malátát a szeszgyárak zöldmaláta-zúzadék formájában használják fel.

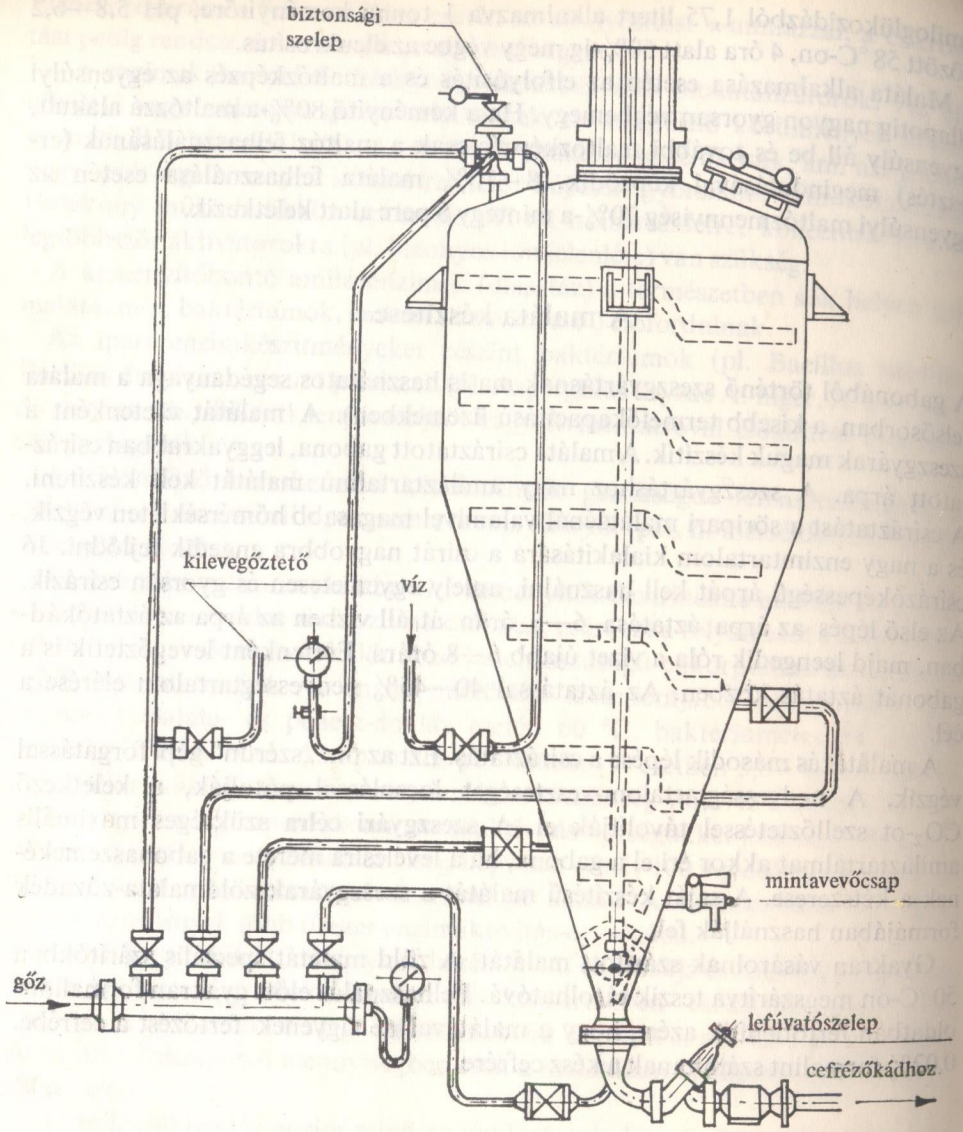
Gyakran vásárolnak szárított malátát. A zöld malátát speciális szárítókban 50 °C-on megszárítva teszik tárolhatóvá. Felhasználás előtt gyakran formalinos oldatban fertőtlenítik azért, hogy a malátával ne vigyenek fertőzést a cefrébe. 0,02% formalint számítanak a kész cefrére.

A gabonacefre gőzölése

A szeszgyártás egész gabonaszemekből, gabonadarából vagy csírától és kénessavoldható fehérjétől elválasztott előáztatott gabonából, vagy a gabonának keményítőgyári technológia folyamán keletkezett keményítőtartalmú melléktermékéből indulhat ki.

A gyárba beérkező gabonát malmi úton a szokásos módon (mozgószitarendszer, mágnescsapdák stb.) megtisztítják a durva mechanikai szennyeződésektől és a fémtárgyaktól, majd a kívánt finomságúra őrlik.

A keményítőszemcséknek a sejtszerkezetből való kiszabadítását és oldatba vitelét egy technológiai műveletben végzik. Kezdetleges megoldás volt, amikor



63. ábra. Henze gőzölő

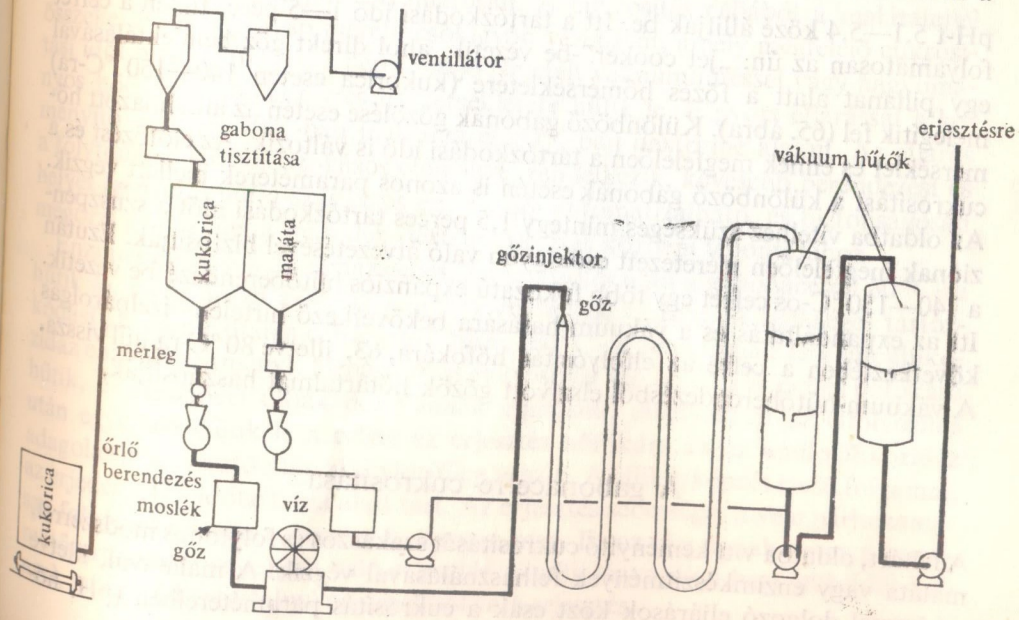
a felaprított anyagot vízzel főzték, és ezt követően elcukrosították a kioldódott keményítőt.

Nagyon sok keményítő maradt „bezárva" a sejtek közt, és így rossz fajlagos szeszkihozatalt értek el. A sejtfeltárást és az elcsirizesítést jelenleg szakaszosan vagy folytonosan, nyomás alatti gőzöléssel végzik.

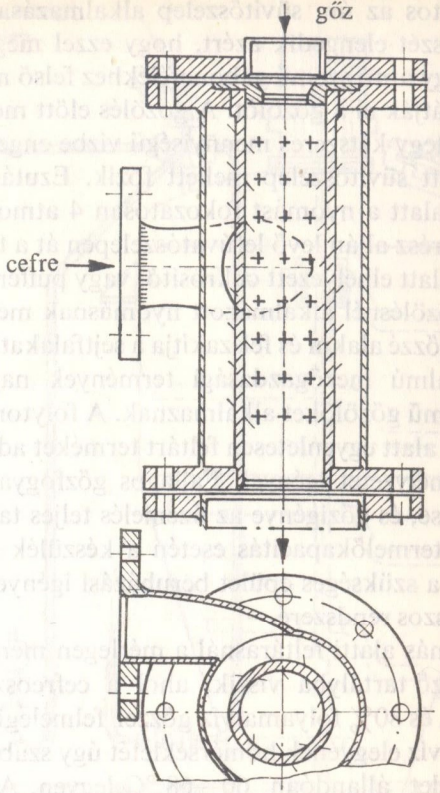
Szakaszos feltárásra a mezőgazdasági szeszgyártásnál a Henze-gőzölők szolgálnak (63. ábra). A felül hengeres, alul kúpos, nyomásálló edények a termék betöltésére szolgáló búvónyílással, nyomásmérővel, biztonsági szeleppel, lefúvatószeleppel és megfelelő gőzbevezetéssel vannak felszerelve. Keverő nélküli gőzölőknél fontos az ún. süvítőszelep alkalmazása, amin át az alul beengedett gőz egy részét elengedik azért, hogy ezzel megfelelő keveredést biztosítsanak. Őrölt vagy apró szemű gabonafélékhez felső meghajtású, függőleges tengelyű keverővel látják el a gőzölőt. A gőzölés előtt megőrölt terményt a gőzölőbe készített mintegy kétszeres mennyiségű vízbe engedik és keverés közben 30—60 percig nyitott süvítőszelep mellett főzik. Ezután a süvítőszelepet leszűkítve, kb. 2 óra alatt a nyomást fokozatosan 4 atmoszférára emelik, majd lefúvatják. A kúpos rész alján levő lefúvatószelepen át a termény kijut a légköri nyomásra a gőzölő alatt elhelyezett cukrosító- vagy puffertartályba. A sejtekben levő víz, amely a gőzölésnél alkalmazott nyomásnak megfelelő hőmérsékleten van, ekkor hirtelen gőzzé alakul és felszakítja a sejtfalakat.

A keményítőtartalmú mezőgazdasági termények nagyüzemi feldolgozása esetén folytonos üzemű gőzölőket alkalmaznak. A folytonos berendezés előnye, hogy kis átfutási idő alatt egyenletesen feltárt terméket ad. Jól automatizálható, kevés kiszolgálószemélyzetet igényel. Fajlagos gőzfogyasztása kisebb, mint a szakaszos berendezésé, és gőzigénye az üzemelés teljes tartama alatt egyenletes (64. ábra). Azonos termelőkapacitás esetén a készülék helyigénye lényegesen kisebb, így a gép és a szükséges épület beruházási igénye is ennek megfelelően kisebb, mint a szakaszos rendszeré.

A folytonos, nyomás alatti feltárásnál a mérlegen mért, megőrölt gabonát a cefréző- vagy előfőző tartályba viszik, ahol a cefreoszlop aljáról visszavitt mintegy 20% moslék és 80% folyamatvíz gőzzel felmelegített keverékével összekeverik. A moslék—víz elegyének hőmérsékletét úgy szabályozzák, hogy az előfőzőben a hőmérséklet állandóan 60—68 °C legyen. Az előfőző kád fel van szerelve keverővel és rendszerint cirkuláltatószivattyúval is. Az előfőzőben a



64. ábra. Folytonos cefrekészítés vázlata



65. ábra. Gőzinjektor

pH-t 5,1—5,4 közé állítják be. Itt a tartózkodási idő 1—5 perc. Innen a cefrét folyamatosan az ún. „jet cooker"-be vezetik, ahol direkt gőz beinjektálásával egy pillanat alatt a főzés hőmérsékletére (kukorica esetén 140—150 °C-ra) melegítik fel (65. ábra). Különböző gabonák gőzölése esetén az alkalmazott hőmérséklet és ennek megfelelően a tartózkodási idő is változik. Az előfőzést és a cukrosítást a különböző gabonák esetén is azonos paraméterek mellett végzik. Az oldatba vitelhez szükséges mintegy 1,5 perces tartózkodási időt a szuszpenziónak megfelelően méretezett csőkígyón való átvezetésével biztosítják. Ezután a 140—150 °C-os cefrét egy több fokozatú expanziós hűtőberendezésbe vezetik. Itt az expandáltatás és a vákuum hatására bekövetkező hirtelen vízelpárolgás következtében a cefre az elfolyósítás hőfokára, 63, illetve 80 °C-ra hűl vissza. A vákuum-hűtőberendezésből elszívott gőzök hőtartalmát hasznosítják.

A gabonacefre cukrosítása

A feltárt, oldatba vitt keményítő cukrosítását szakaszos és folytonos módszerrel, maláta vagy enzimkészítmények felhasználásával végzik. A malátával, illetve enzimmel dolgozó eljárások közt csak a cukrosítás paramétereiben (pH, hőmérséklet, idő) van különbség.

A szakaszos cukrosítást hűtővel, keverővel ellátott henger alakú kádakban végzik. A cukrosítás alatt az enzimek működése szempontjából az optimális pH-t és hőmérsékletet biztosítani kell. A gőzölőből kifúvatott, 50—55 °C-ra lehűtött cefre pH-ját 5,5—6,0-ra állítják be és a gabonára számítva 6—8% finomra őrölt malátaszuszpenziót adagolnak hozzá. Állandó keverés közben a cefre hőfokát fokozatosan 70 °C-ra emelik (kb. 2 óra). Ez idő alatt a keményítő teljesen maltózra és dextrinekre bomlik, ezt jódpróbával ellenőrzik. A cukrosítás végén a cefre hőmérsékletét 70 °C-ra emelik azért, hogy a malátával bevitt tejsavbaktériumokat elpusztítsák. Ekkor már a cefrében jelentős mennyiségű cukor van, és az megvédi az enzimet a denaturálódástól.

Szeszgyártás közben a malátával végzett cukrosítást úgy kell vezetni, hogy a keményítőből minél több erjeszthető cukor keletkezzen és a cefrézés végén még maradjon amilázenzim a cefrében. A cukrosítás alatt ugyanis a keményítőnek csupán 70—80%-a alakul maltózzá és mintegy 20—30%-a dextrin formájában marad a cefrében. A maltóz két glükózmolekulából álló diszacharid, az élesztő tudja bontani és erjeszteni. A dextrin a keményítő és a maltóz közti átmeneti termék. Összetett cukrok lévén az élesztő sem asszimilálni, sem erjeszteni nem tudja őket. Ha a cefrében elegendő aktív amilázenzim marad, akkor ahogy az élesztő fogyasztja a maltózt, a dextrin—maltóz egyensúly eltolódik és az enzim a felhasznált maltózt a dextrinek lebontásával pótolja. A megfelelő szeszkihozatal elérése szempontjából ennek nagy jelentősége van.

Amerikai szerzők egy folytonos gőzölési eljárást követő, malátával történő gyors cukrosító eljárást ismertetnek, amely szerint a vákuumhűtőből távozó 63 °C-os, feltárt gabonacefrébe a felhasznált gabona mennyiségére számítva mintegy 8—9% maláta-szárazanyagnak megfelelő, finomra őrölt maláta vizes szuszpenzióját injektálják folyamatosan. A cukrosítás céljából a malátatejjel összekevert cefrét olyan méretű csőkígyón vezetik át, amely megfelelő cukrosítási időt biztosít (63 °C, 2 perc), majd ismételt vákuumhűtéssel vagy hagyományos hőcserélőn az erjesztés hőmérsékletére hűtik le. E gyors eljárással a keményítő mintegy 70%-ban maltózzá és 30%-ban dextrinné alakul. Az eljárás a folytonos eljárások szokásos előnyeivel rendelkezik, kevesebb berendezést és helyet igényel, mint a szakaszos eljárás, jól automatizálható, és biztonságosan megőrzi az enzimet a maradék dextrin erjesztés közbeni lebontásához.

Enzimes eljárások alkalmazása esetén a gőzölés után a gabonacefrét 80 °C-ra hűtik le, majd hozzáadják az α-amiláz enzimkészítményt. A szükséges tartózkodási idő eltelte után a cefrét ismét hűtik. 60 °C-on hozzáadják az amiloglükozidáz enzimkészítményt. Néhány órás cukrosítási idő után az erjesztés hőfokára hűtik, és élesztővel oltják be. Vannak eljárások, amelyekben az elfolyósítás után egyszerre hűtik le a cefrét az erjesztés hőfokára, és az amiloglükozidáz adagolását az élesztőoltással egyidejűleg végzik. A glükózképzés lassú folyamat, az erjedés teljes időtartama alatt tart. Az erjesztés sebességét a vele párhuzamosan folyó cukrosodás sebessége határozza meg. Ez az oka annak, hogy a keményítőtartalmú anyagokból való erjesztés mindig lényegesen hosszabb időt igényel, mint a cukortartalmú anyagokból való erjesztés.

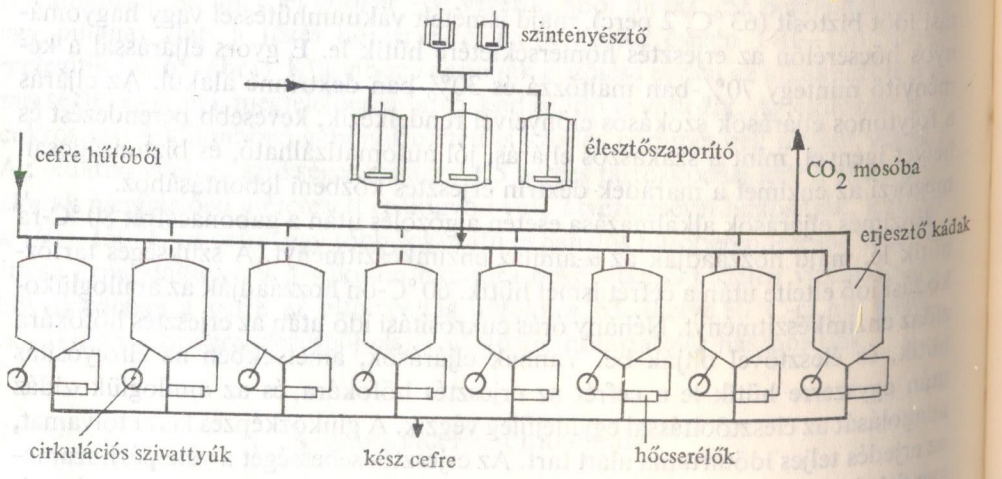
Meg kell említeni, hogy mind malátát, mind enzimeket felhasználó eljárásoknál előfordul, hogy a gőzzel való feltárás előtt a cefrézéskor kisebb mennyiségű malátát vagy α-amiláz enzimet adagolnak azért, hogy a szuszpenzió viszkozitását csökkentsék.

A gabonacefre erjesztése

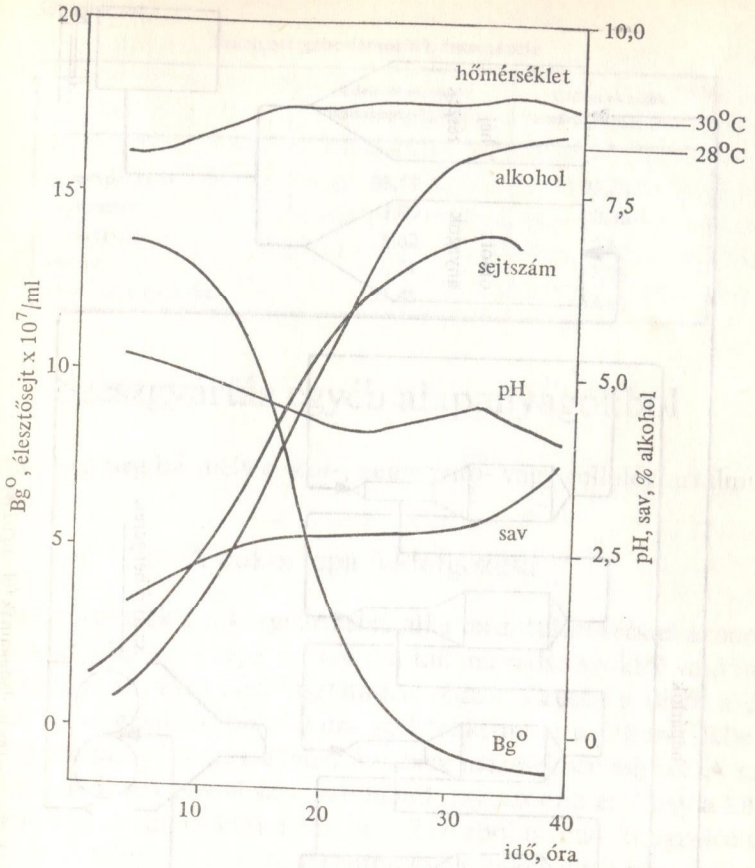
A megfelelően előkészített gabonacefrét az erjesztés hőfokára hűtik le, majd beoltják az üzemi élesztőszaporítás közben előállított oltóélesztő cefréjével (66. ábra).

Az oltóélesztő szaporítása a melaszszeszgyártásnál ismertetett berendezésben laboratóriumi színtenyészetből fokozatos léptéknöveléssel történik. A táp-oldat az üzemi cefrével azonos összetételű vagy malátakivonattal dúsított. A fertőzés megakadályozására a cefre pH-ját savval 3,8-re állítják be és 80—100 °C-on mintegy 30 percig pasztőrözik, majd lehűtik az élesztőszaporítás hőfokára és beoltják. Régebben a Lactobacillus Delbrückii tiszta tenyészetével beoltott cefrét 55 °C-on, 6—10 óra alatt tejsavas erjesztéssel savanyították, amit pasztőrözés, hűtés majd beoltás követett. Oltóélesztő-szaporítást rendszerint csak hetente egy alkalommal végeznek laboratóriumi tisztatenyészetből, egyébként átvágást (az előző élesztőcefre egy részletével való oltást) alkalmaznak. Egy színtenyészet 28—30 °C-on vezetve 12—18 óra alatt készül el.

Az üzemi cefre beoltását rendszerint a kívánt szárazanyag-tartalom és a pH beállítása előzi meg. A folytonos előkészítő eljárásnál ezt már az előfőzőben elvégzik. A beoltás után a cefre hőmérsékletét hűtéssel úgy szabályozzák, hogy az a 32 °C-ot ne haladja meg. Egy cefre leerjedéséhez mintegy 40 órára van szükség. Ezt az előzőekben említett cukorbomlás sebessége határolja be (67. ábra).



66. ábra. Oltóélesztő szaporítása és erjesztése

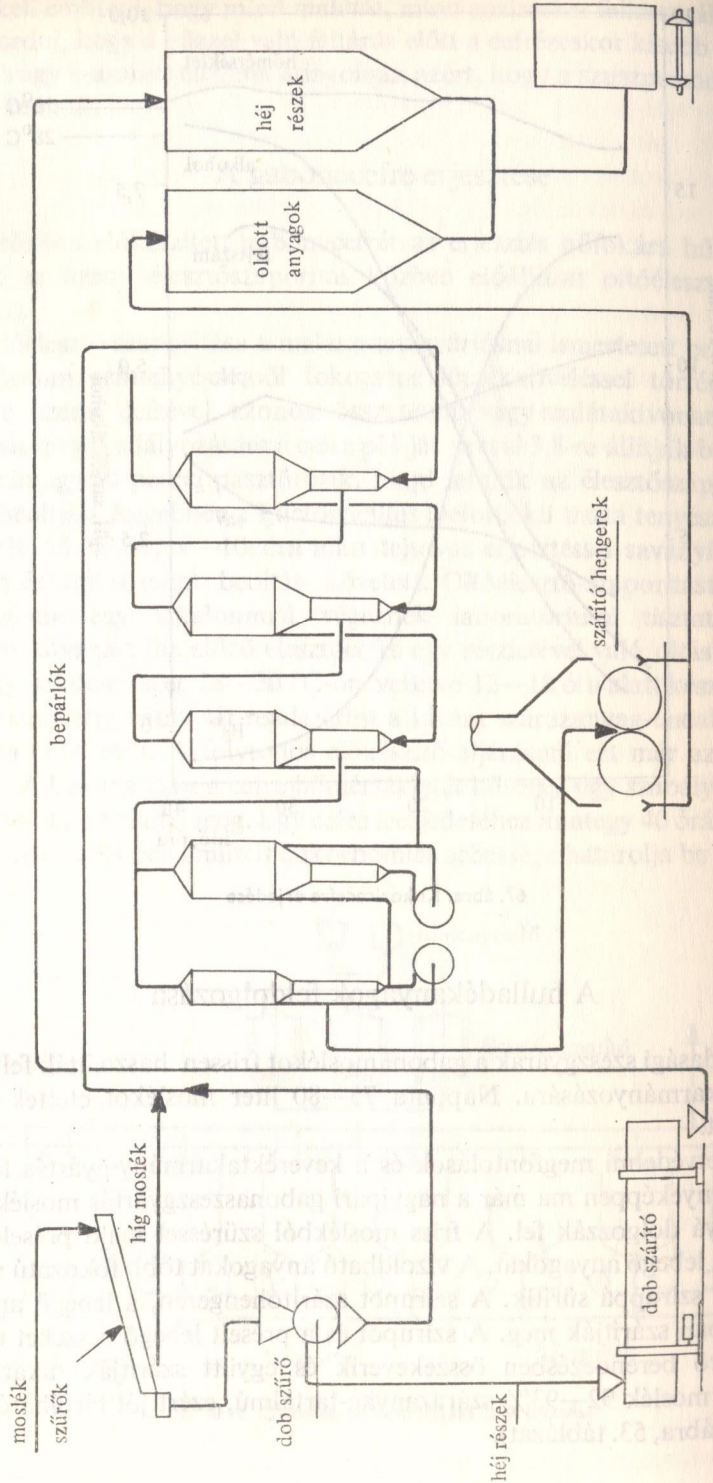


67. ábra. Kukoricacefre erjedése

A hulladékanyagok feldolgozása

A mezőgazdasági szeszgyárak a gabonamoslékot frissen használták fel szarvasmarhák takarmányozására. Naponta 75—80 liter moslékot etettek szarvasmarhánként.

Környezetvédelmi megfontolások és a keveréktakarmány-gyártás fejlődésének eredményeképpen ma már a nagyipari gabonaszeszgyártás moslékját ipari takarmánnyá dolgozzák fel. A friss moslékból szűréssel majd préseléssel választják el a lebegő anyagokat. A vízoldható anyagokat több fokozatú vákuumbepárlóban sziruppá sűrítik. A szirupot szárítóhengeren, a lebegő anyagokat dobszárítóban szárítják meg. A szirupot és a préselt lebegő részeket néha ún. pasztakeverő berendezésben összekeverik és együtt szárítják takarmánnyá. A szárított moslék 92—93% szárazanyag-tartalmú, ezért jól tárolható és szállítható (68. ábra, 53. táblázat).



68. ábra. Gabonaszeszgyártás hulladékainak feldolgozása

53. táblázat

Szárított gabonamoslék összetétele

	Szárított moslék szárazanyag-%-ban	Oldott anyagok a szárazanyag-%-ban
Nyersprotein	28,13	27,69
Nyerszsír	3,09	0,30
Nyersrost	4,82	0,64
Hamu	6,51	7,96
N-mentes extrakt	57,45	63,41

Szeszgyártás egyéb alapanyagokból

Szeszgyártásra elvileg bármely cukor-, keményítő- vagy cellulóztartalmú anyag felhasználható.

A cukorrépa feldolgozása

Az előkészítő műveletek a cukorgyártásnál alkalmazott lényeréssel azonosak, és azonos gépekkel végzik. A répa mosását, a talajmaradványoktól való megtisztítását, az üzembe szállítás alatt úsztatással végzik. Ezután a répát a diffúzió szempontjából a legkedvezőbb alakúra szeletelik, majd a diffuzőrökbe kerül. A diffúziót általában folytonos, ellenáramú berendezésekben végzik. A szeletelt répa és a kilúgzóvíz egymással szemben halad. Így azt érik el, hogy a kilúgzott szelet cukorkoncentrációja minimális, a diffuzőrből távozó kilúgzóléé viszont maximális lesz. A kilúgzólé cukorkoncentrációja megközelíti a répa cukortartalmát. A diffúzió sebességét a hőmérséklet emelése növeli, a kénsavadagolás pedig kedvezően befolyásolja mind a diffuzió sebességét, mind az erjesztést. A diffúziós répalevek erjesztésére vagy sajtolt sütőélesztőt, vagy saját üzemi színtenyészetben szaporított élesztőt használnak. Az élesztőfelhasználás csökkentésére átvágásos erjesztést alkalmaznak. Az erjesztés tisztán tartására kénsavat adagolnak.

A répa előkészítésének egyik művelete a feltárás gőzöléssel. Ez esetben az erjedés gyorsabb, ugyanis a lebegő törkölyrészek a cefrében az élesztő egyenletesebb eloszlását segítik elő.

A talajrészecskékkel bekerülő baktériumok erjedési rendellenességeket okozhatnak. Ezek közül a vajsavas, illetve a nitrózus erjedést említjük meg. Ezek termékei az élesztő tevékenységét gátolják, az erjedést vontatottá, lassúvá teszik, de ezenkívül a termékkihozatalt is csökkentik. Ha a répa nitráttartalma nagy, a vajsavas erjedést a nitrózus erjedés kíséri. A vajsavas erjedés során felszabaduló hidrogén a salétromsavat nitrogén-oxiddá redukálja, ami levegővel érintkezve vörösbarna színű, klórra emlékeztető szagú nitrogén-oxid gázzá alakul.

Nitrózus erjedés esetén az erjedés teljesen leállhat. Fokozott fertőtlenítéssel védekezhetünk ellene, illetve a cefrék erősebb levegőztetésével szorítható vissza a vajsavas erjedés.

A burgonya feldolgozása

Az első lépés a burgonya alapos vizes mosása, amit a gabonaszeszgyártásnál ismertetett gőzölési folyamat követ. A nyomás alatti gőzölőből lefúvatott, feltárt burgonyapép keményítőtartalmát malátával vagy enzimmel elcukrosítják. A burgonyacefre erjesztéséhez általában sajtolt sütőélesztőt használnak. Mintegy 10—15 savfokú kénsavas vízben felszuszpendálva az élesztőt, a nemkívánatos baktériumok elpusztulnak, és jó minőségű oltóélesztőt nyernek. A későbbiekben a cefréket átvágással olthatják.

A cellulóztartalmú anyagok feldolgozása

A cellulóz a különböző alapanyagokban pentozánokkal és ligninnel együtt fordul elő. A cellulóz és a pentozánok mintegy 500—3000 cukoranhidridmolekulából épülnek fel. Savas hidrolízis hatására a cellulóz zömben glükózra, a pentozánok pedig öt szénatomos cukrokra, xilózra és arabinózra bomlanak le. A glükózt a Saccharomyces cerevisiae mind asszimilálni, mind alkohollá erjeszteni képes, viszont a pentózokat csak bizonyos takarmányélesztő-törzsek tudják asszimilálni.

A fa hidrolízisét vagy hidegen, tömény sósavval, vagy nyomás alatt, 160—180 °C-on, 0,5—1%-os kénsavval végzik. Hidegen végzett hidrolízisnél a sósav zömét visszanyerik és újra felhasználják. A hidegen, tömény sósavval végzett hidrolízissel 100 kg faszárazanyagból kb. 66 kg redukálócukrot, nyomás alatti hidrolízissel 40 kg redukálócukrot nyernek, aminek szeszes erjesztésével mintegy 33—34 l, illetve 24 l szesz állítható elő.

A mezőgazdasági hulladékok cellulóztartalma kisebb, mint a fáé. Ezért azonos eljárásokkal csekélyebb szeszhozamot érnek el feldolgozásukkal (12—13 l szesz/100 kg sz. a.). A belőlük előállított termék önköltsége nagyobb, mint a fából előállított. Gazdaságos termelést csak nagyüzemekben a nyersanyag komplex feldolgozásával tudnak elérni. A cellulóz hidrolízisét megelőzően a nyersanyag pentozántartalmából gyakran furfurolt állítanak elő. Más esetben a szeszgyártás után a moslék pentóztartalmán takarmányélesztőt szaporítanak.

A szulfitlúg feldolgozása

A papírgyártásban keletkező szulfitlúg 2—3% cukrot tartalmaz, amelynek mintegy $^2/_3$-a hexóz (főleg glükóz) és mintegy $^1/_3$-a pentóz (főleg xilóz). A hexózok szesszé erjeszthetők.

A szulfitlúgból levegőöblítéssel űzik ki a kén-dioxidot, majd mésszel vagy mészszappal semlegesítik pH 5—5,5-ig. A semlegesítéskor kivált nagy mennyiségű iszapot kiülepítik. A megfelelően előkészített szulfitlúgot élesztővel beoltják és erjesztik. Tekintve, hogy nagy mennyiségben tartalmaz erjedés gátló anyagokat, megfelelő sebességgel való leerjesztéséhez nagy mennyiségű élesztőt igényel. Erjesztését általában folytonosan végzik. Egyik megoldás az ún. kötött élesztős eljárás, amelyben az élesztő a kádat megtöltő faforgács felületén van. A cefrét alul táplálják be és felül vezetik el. A cefre leerjesztéséhez mintegy 16—24 órás tartózkodási idő szükséges. Egy másik folytonos erjesztési eljárásnál a leerjedt cefréből kiszeparálják az élesztőt, és folytonosan visszavezetik a betáplált cefrébe.

A nagyon csekély alkoholtartalmú cefrék kifőzése energiaigényes. A desztillálóberendezést a nagy korróziós igénybevétel miatt különleges (saválló vagy zománcozott) anyagból kell készíteni. (100 liter szesz előállításához szükséges mennyiségeket különböző alapanyagokból az 54. táblázat ismerteti.)

54. táblázat

Különböző alapanyagok 100 liter szesz előállításához szükséges mennyisége

Alapanyagok	100 liter szeszhez szükséges alapanyag (kg)
Melasz	325— 330
Gabonák (kukorica, búza, rozs, árpa)	280— 320
Cukorrépa	1000— 1 200
Burgonya	800— 1 200
Fa (szárazanyagban)	300— 400
Cellulóztartalmú mg. hulladék	750— 800
Szulfitszennylúg	7000—10 000

A szesz lepárlása

A szesztartalmú folyadékok lepárlása

Az etilalkoholt szesztartalmú folyadékelegyek lepárlásával állítják elő. A lepárlás (desztilláció) olyan diffúziós művelet, amelyben az elválasztás alapja az, hogy a forrásban levő folyadékelegy és a forraláskor távozó gőz összetétele eltér egymástól, mégpedig úgy, hogy a gőzben az illékonyabb alkotórész dúsul.

A lepárlás lényegének tárgyalása előtt az egységes értelmezés végett célszerű áttekinteni röviden a folyadékelegyek, illetve a gőz—folyadék rendszerek egyértelmű meghatározásához szükséges jellemzőket.

A lepárlás két alapvető műveletből: az elgőzölögtetésből és a cseppfolyósításból áll.

Etilalkohol- (finomszesz-) előállítás mezőgazdasági eredetű alapanyagokból, szénhidrátok fermentációjával készült cefrékből vagy szénhidrogénekből kiindulva szintetikus úton lehetséges. Szintetikusszesz-előállítás azonban hazánkban nincs, ezért ezzel nem foglalkozunk. Hazai jelentőségük miatt a melasz-, a kukorica- és a gabonacefrék lepárlási módszereit tárgyaljuk. Ezek a fermentáció közben végzett cefrevezetéstől függően 7—11 tf% etilalkoholt tartalmaznak. A cefrében vízen kívül különféle oldott és lebegő anyagok vannak, amelyek a feldolgozott alap- és segédanyagokból származnak vagy az erjedéskor keletkeznek.

A lepárlóberendezéseket úgy alakítják ki, hogy a megfelelő minőségű szeszt a cefréből gazdaságosan lehessen előállítani.

Kezdetben szakaszos üzemű lepárlóüstöket használtak. Kisebb üzemekben ma is megtalálhatók a szakaszos működésű üstöknek rektifikáló oszloppal felszerelt változatai.

E berendezések üzemét állandó refluxszal és változó fejtermék-összetétellel, vagy változó refluxszal és állandó fejtermék-összetétellel lehet vezetni. A 78. ábra egy ilyen berendezést szemléltet.

Az első folytonos üzemű lepárlóberendezéseket 1813-ban készítették Franciaországban. Angliában 1830 óta használják, a kontinens többi országában pedig sokkal később terjedt el.

A gabonát, a kukoricát, a burgonyát, a cukorrépát stb. feldolgozó szeszüzemeket a mezőgazdasági nyersanyagokat termelő körzetekbe telepítették. A szeszgyártásból kikerülő értékes moslékot a nyersanyag-termelők előnyösen felhasználták az állattartásban. A mezőgazdasági nyersanyagokat feldolgozó üzemek ennek megfelelően a legtöbb országban nyersszesz gyártására rendezkedtek be. A nyersszeszt — a szeszgazdaság állami monopóliuma miatt — mindenütt állami vagy állami ellenőrzés alatt működő szeszgyárak vásárolták fel, és üzemeikben finomszesszé dolgozták fel.

Általánosan elterjedt, kétoszlopos, folytonos üzemű berendezéstípust szemléltet a 79. ábra, amely kukorica-, gabona- és burgonyacefréből állít elő nyersszeszt.

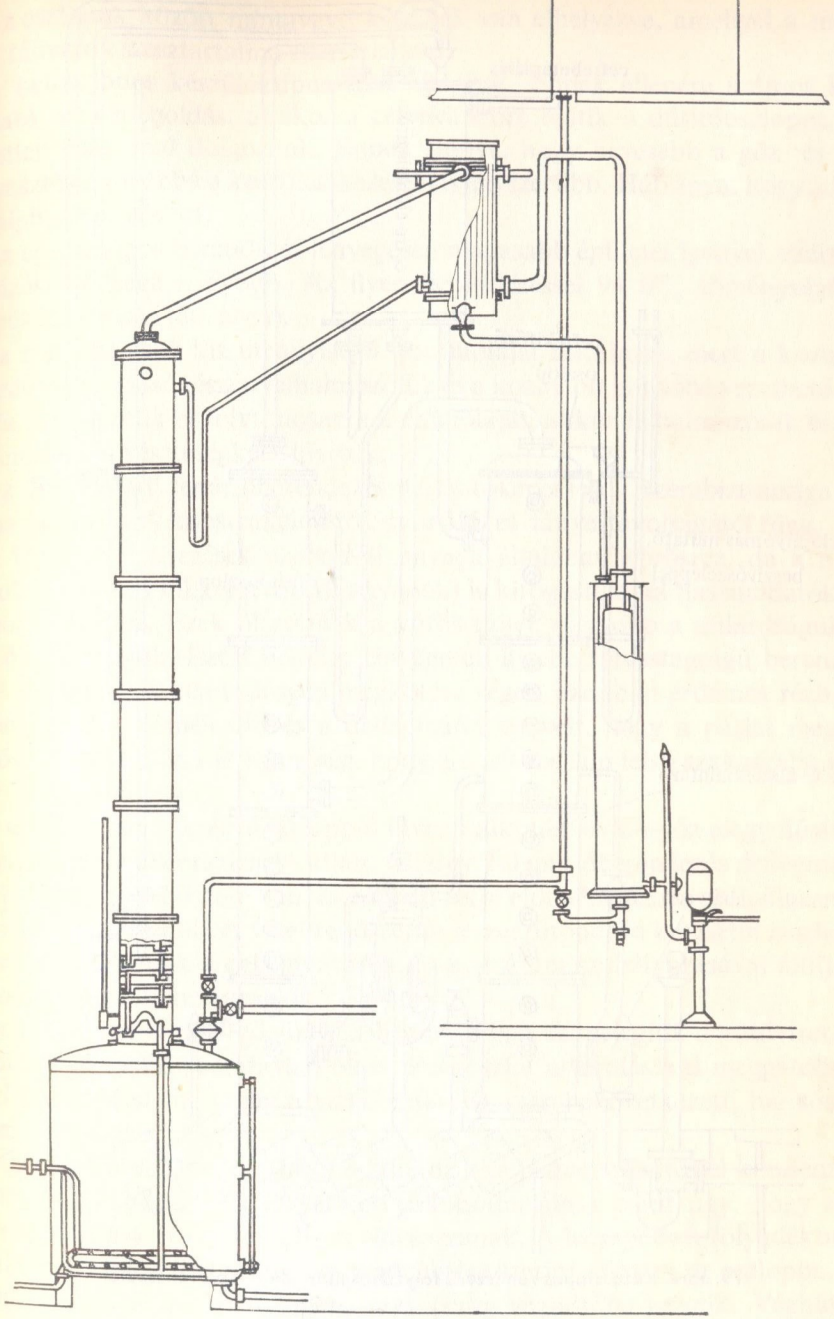
Ez a készülék úgy működik, hogy a lepárlásra kerülő cefrét előmelegítés céljából deflegmátoron átáramoltatva vezetik a cefrekifőző oszlop legfelső alatti tányérjára.

Ez a cefrekifőző oszlop a cefre szesz- és rosttartalmától, valamint belső szerkezeti kialakításától függően 16 – 18 tányéros.

A cefrekifőző oszlopot közvetlen gőzbevezetéssel fűtik. Az oszlop tetejéből az etilalkohol—víz elegy gőzállapotban lép be a dúsító oszlopba, amelyet szintén direkt gőzzel fűtenek. A szeszmentesített moslék a cefrekifőző oszlop alján a moslékszabályzón keresztül távozik.

A cefrekifőző oszlop legfelső tányérján uralkodó nyomást a folyadék-manométer mutatja.

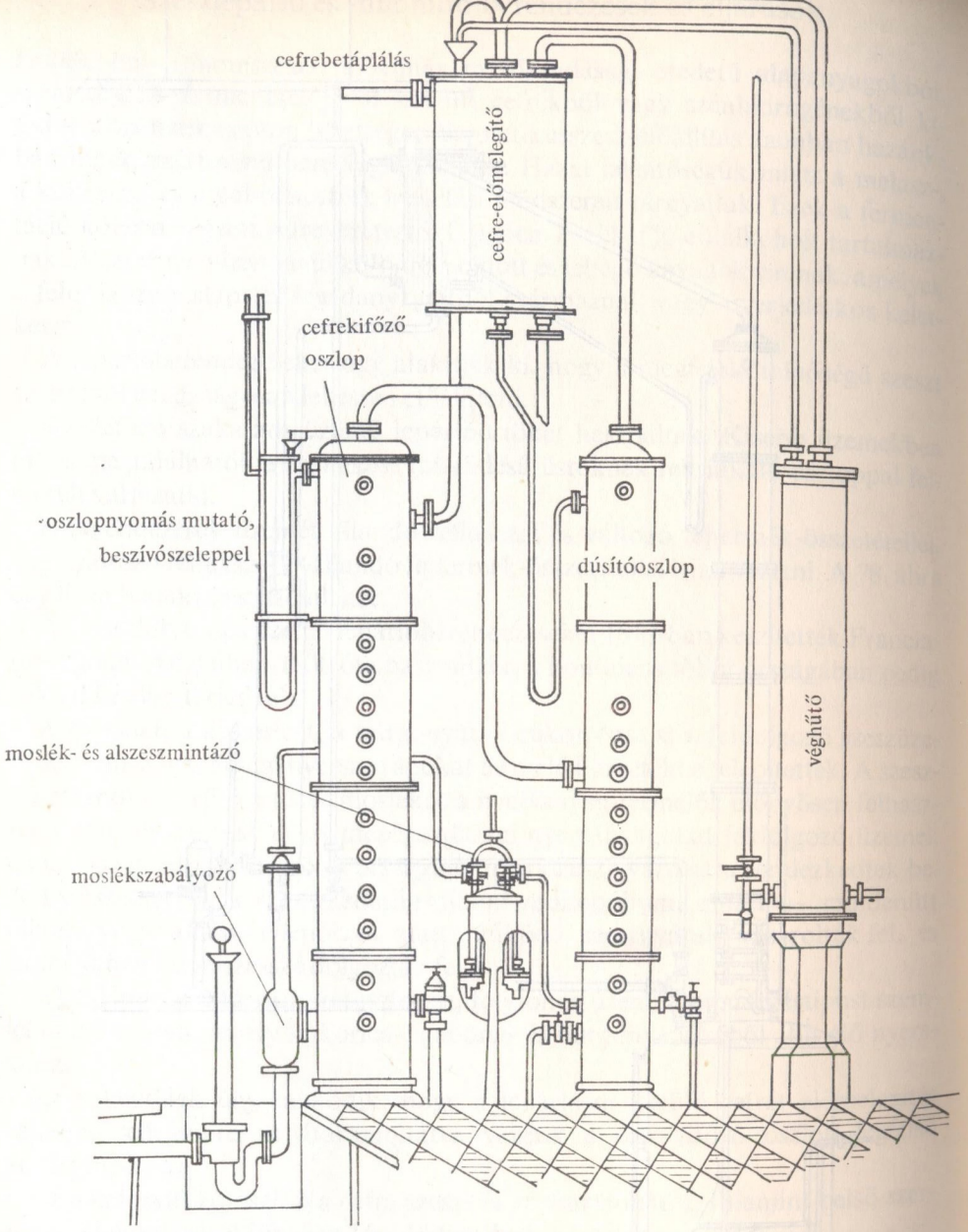
A dúsítóoszlop a cefrekifőzőből érkező gőzelegy alkoholtartalmát 80—



78. ábra. Szakaszos működésű szeszfinomító készülék

86 tf%-ra töményíti. A cefreoszlopból érkező gőzelegy betáplálása feletti részt dúsítónak, az alsót pedig luttervízkifőzőnek nevezik.

A dúsítószakasz 10—15 szitafenekes, a kifőző oszloprész pedig 7—8 buboréksapkás tányérral készül.



79. ábra. Kétoszlopos rendszerű folytonos működésű lepárlókészülék

Az oszlop tetején távozó párákkal előmelegítik a cefrét a deflegmátorban. Itt a párlat részben kondenzálódik és refluxként visszafolyik az oszlop legfelső tányérjára.

A deflegmátorban nem kondenzálódott 80—88 tf%-os etilalkohol-tartalmú gőzelegy a véghűtőbe áramlik, ahol cseppfolyósodik, lehűl és nyersszeszként lép ki a rendszerből.

Az oszlopok között mintavevő készülék van elhelyezve, amellyel a megcsapolt tányérok szesztartalma ellenőrizhető.

A kétoszlopos készüléktípus igen elterjedt. Ennek ellenére számos helyen látható az a megoldás, amikor a cefrekifőzőre építik a dúsítóoszlopot, tehát egyetlen oszloppal dolgoznak. Ennek előnye, hogy kevesebb a gőz- és a vízfogyasztása, továbbá a készülék kezelése is egyszerűbb. Hátránya, hogy a lutter-víz hígítja a moslékot.

Az egyoszlopos berendezés lényegesen magasabb épületet igényel, ezért a beruházási költsége nagyobb. Az ilyen berendezéssel 94 tf% töménységű végtermék is elérhető (80. ábra).

Ez a párlat csak kis mennyiségű kozmaolajat tartalmaz, mert a kozmaolaj a dúsítóoszlop alsó részén felhalmozódik és a kozmaolajmosóba vezethető.

Ha nem vezetik el folytonosan a kozmaolajat, akkor felhalmozódik és végül is a moslékkal veszteségként távozik.

Az ismertetett lepárlóberendezés teljesítőképessége, üzembiztonsága elsősorban a tányérok konstrukciójától, számától és tányértávolságától függ.

A lepárlóberendezések szerkezeti anyaga általában vörösréz, de a nemesacélok (króm- és nikkelötvözetű anyagok) is kifogástalanul használhatók ilyen berendezésekhez. Ezek olcsóbbak a vörösréznél, nagyobb a szilárdságuk és a korrózióállóságuk. Ezért belőlük lényegesen kisebb falvastagságú berendezést lehet készíteni. A kén-hidrogén megkötése végett azonban érdemes rézből készíteni a cefre-előmelegítő és a deflegmátor csöveit, hogy a párlat megfelelő minőségű legyen. Másik lehetőség, hogy a dúsítóoszlop felső szakaszába vörösréz-forgácsot töltenek.

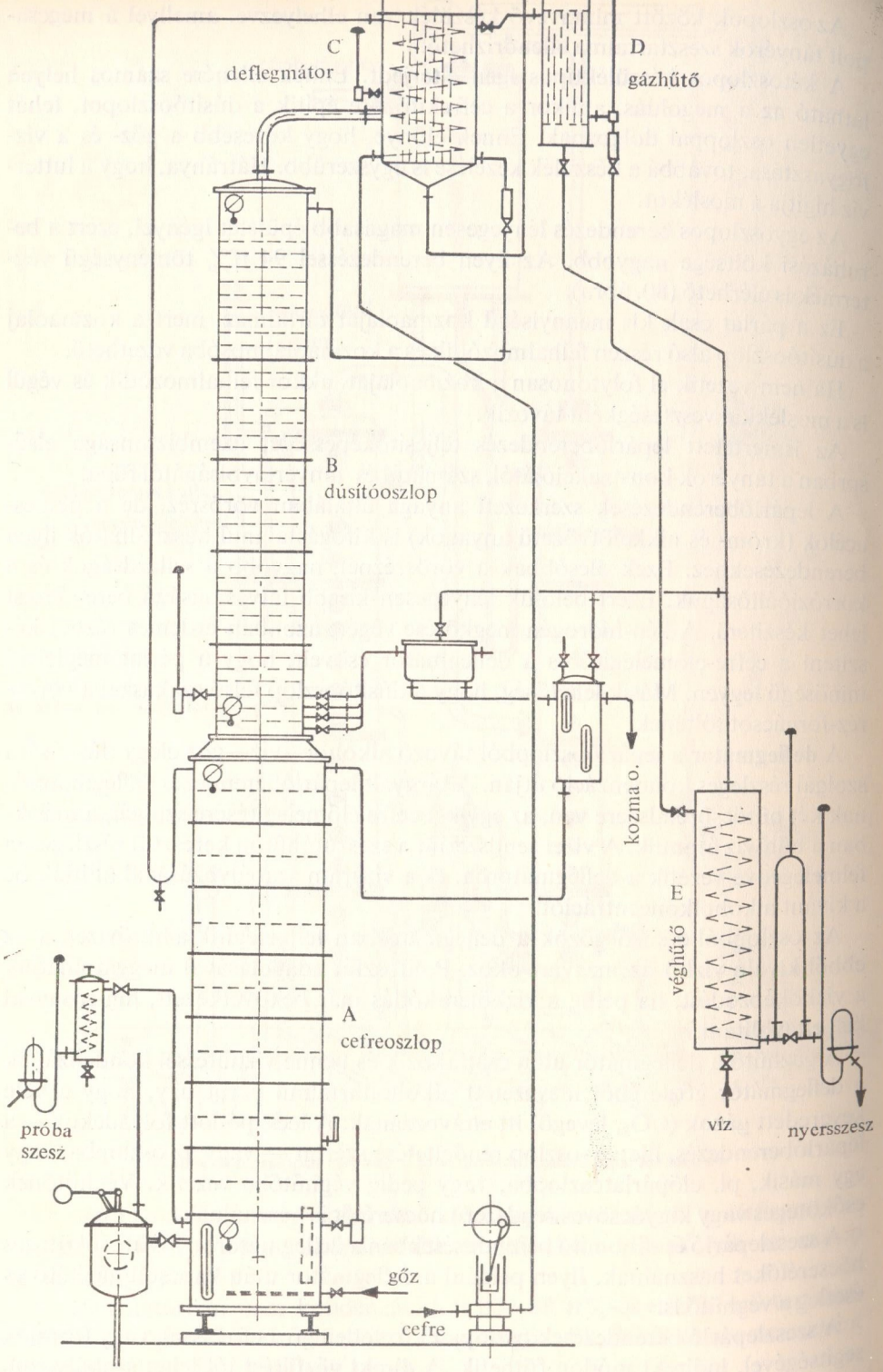
A **deflegmátor** a lepárlóoszlopból távozó alkohol—víz—gőz elegy dúsítására szolgál részleges kondenzáció útján. A tárgyalt lepárlóberendezés deflegmátorának két hűtőcsőrendszere van, az egyik a cefre előmelegítésére szolgál, a másikban a hűtővíz áramlik. A vizet rendszerint a szeszutóhűtőn keresztül részlegesen felmelegedve vezetik a deflegmátorba, és a vízáram szabályozásával állítják be a kívánt alkoholkoncentrációt.

Az oszlopból érkező gőzök a deflegmátorban felmelegítik a hűtővizet, s az ebből kiváló vízkő üzemzavart okoz. Polifoszfát adagolásával meggátolhatjuk a vízkőképződést, ha pedig a vízkőlerakódás már bekövetkezett, híg sósavval kell eltávolítani.

A gázhűtő a deflegmátor után csatlakozik és benne vízhűtéssel kondenzálják a deflegmátor gőzteréből idevezetett alkoholtartalmú párát úgy, hogy a vele keveredett gázok (CO_2, levegő) itt eltávozzanak. A lecsapódott folyadékot — a lepárlóberendezés, illetve -oszlop rendeltetése szerint — vagy az oszlopba, vagy egy másik, pl. előpárlatoszlopba, vagy pedig véghűtőbe vezetik. Véghűtőnek csőköteges vagy kígyócsöves rendszerű hőcserélőt is használnak.

A szeszlepárló és -finomító berendezésekben a deflegmátoron kívül csőköteges hőcserélőket használnak. Ilyen például a deflegmátor után kapcsolt gázhűtő és esetleg a véghűtő is.

A szeszlepárló berendezések oszlopait közvetlen gőzbefúvással, vagy forralók segítségével, indirekt módon fűthetik. A **direkt gőzfűtést** jól lehet szabályozni,



80. ábra. Egyoszlopos, folytonos szeszgyártó berendezés

a gőz jól keveredik a cefrével és hőkihasználása kedvező, a kondenzátum azonban hígítja a szeszmoslékot. Ez a moslék hasznosítása esetén nemkívánatos. Emiatt az értékes moslékot szolgáltató kukorica-, gabonacefrék lepárlóoszlopait indirekt módon fűtik. Az **indirekt fűtés** elméleti alapjait, az alkalmazható konstrukciós megoldásokat FREY foglalta össze.

A kiforraló hőcserélőben mindenekelőtt jó hőátvitelnek kell lenni a gőz és a cefre között, ezért ezt vörösréz csövekkel készítik. A gőzigénye nem nagyobb, mint a direkt fűtés esetén, és a mintegy 90 °C hőmérsékletű kondenzvíz kitűnően felhasználható kazántáplálásra.

Mivel a cefreoszlop alján állandóan enyhe túlnyomás (kb. 0,1 att) van az oszlopnyomásból eredően, ezért a moslék hőmérséklete a teljes szeszmentesség esetén 100 °C fölött van. A hőmérséklet egyébként a cefreoszlop konstrukciójától függ és a szeszmoslék alkoholtartalmának vizsgálatával kell ellenőrizni. Ez a hőmérséklet általában 103 °C körüli.

Ha a hőmérséklet a megállapított optimum alá csökken, akkor a moslék alkoholtartalmú lesz.

A folyamatos üzemű, egyoszlopos készülék 86 tf% alkoholtartalmú nyersszesz előállításakor 8 térfogatszázalékos cefre 100 literére 70—80 l 10 °C hőmérsékletű vizet és 18—22 kg gőzt fogyaszt. Ez mintegy 250 kg gőzfogyasztásnak felel meg 100 l abs. alkoholra vonatkoztatva.

A nyersszesz finomítása

A mezőgazdasági szeszüzemekben előállított nyersszeszt még finomítani kell. Ennek célja a kellemetlen kísérő szennyezőanyagok eltávolítása és a szesz további dúsítása.

A nyersszesz szennyeződései a felhasznált alap- és segédanyagokból és az alkoholos erjedés melléktermékeiből származnak.

A nyersszeszben előforduló illó szennyező anyagokat az 58. táblázat a forrpontok feltüntetésével mutatja be.

Szakaszos üzemű finomítást napjainkban már ritkán alkalmaznak, de kisebb üzemekben használnak még frakcionálóoszloppal felszerelt, régebbről megmaradt szakaszos lepárlóüstöket. Az ilyen frakcionálóoszlopnak rendszerint 40—45 szitafenék rendszerű tányérja van, deflegmátorral, kondenzátorral és véghűtővel van ellátva. A leggyakoribb tányértávolság 180 mm. Az ilyen szakaszos üzemű finomításnál a nyersszeszt előzetesen 40—45 térfogatszázalékosra hígítják, továbbá gondosan elválasztják az elő- és utópárlatot a finomítványtól. A középpárlat mennyisége általában a feldolgozott nyersszesz 70 százaléka, az alkoholtartalomra vonatkoztatva.

A szakaszos üzemű nyersszeszfinomításnál 1,5—2,0 százalékos szeszveszteséggel kell számolni. Ugyanakkor 100 l finomszesz előállításához mintegy 300 kg gőz és 3 m³ 10 °C hőmérsékletű hűtővíz szükséges.

58. táblázat

A nyersszeszben előforduló különféle illó anyagok

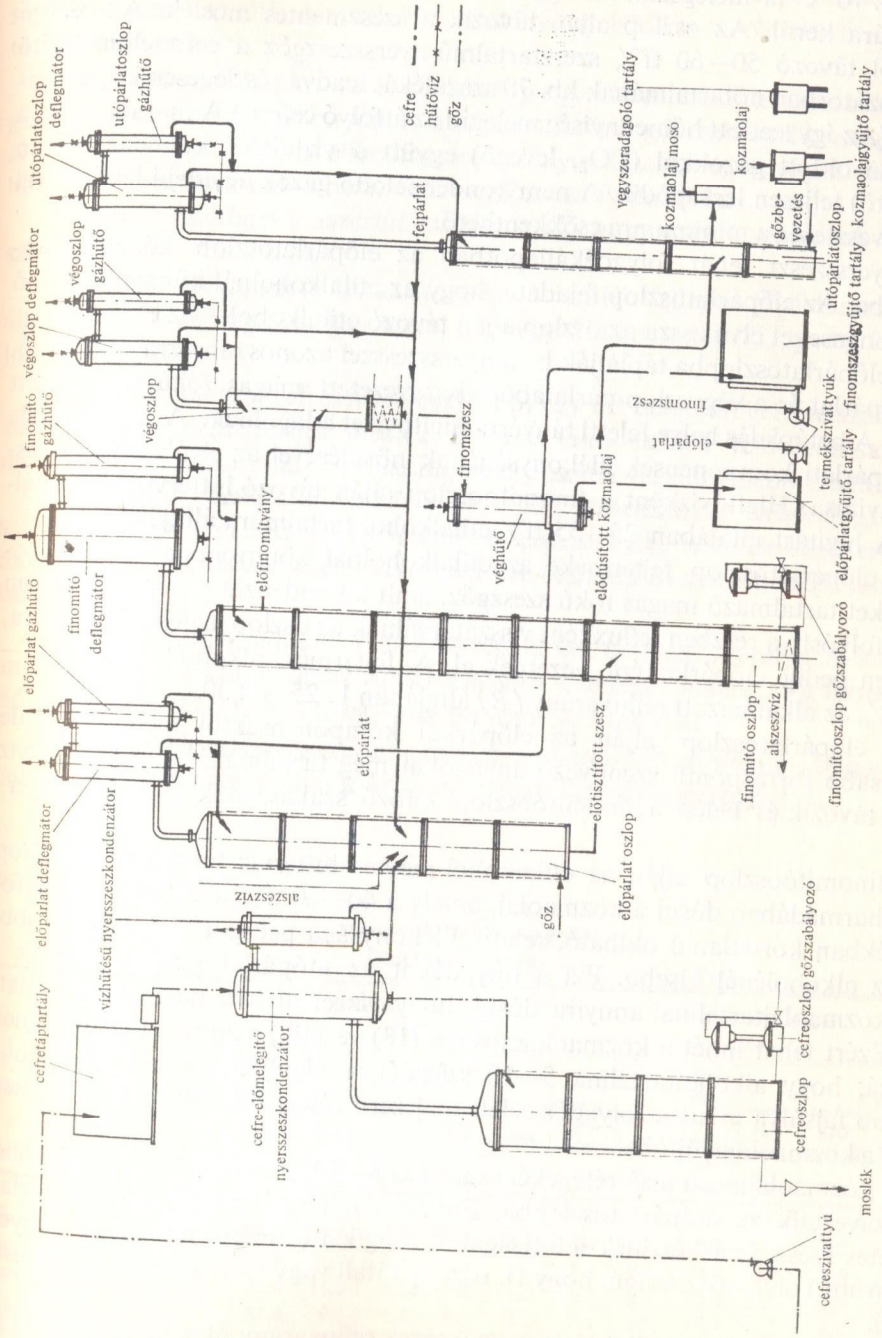
Illó vegyületek megnevezése		Forráspont °C
Alkoholok	metilalkohol	64
	etilalkohol	78
	izo-propilalkohol	83
	n-propilalkohol	97
	izo-butilalkohol	107
	n-butilalkohol	117
	izo-amilalkohol	131
	n-amilalkohol	137
Aldehidek	acetaldehid	21
	akrolein	52
	furfurol	161
Savak	hangyasav	101
	ecetsav	118
	propionsav	140
	vajsav	155—163
Észterek	etil-formiát	54
	etil-acetát	74,3
	etil-propionát	99
	etil-butirát	120—125
	amil-acetát	142
	amil-butirát	179
Egyéb anyagok	acetál	102
	aceton	56,5

Folytonos üzemű lepárló- és finomítóeljárások

Kezdetben a nyersszesz előállítása és finomítása különálló üzemekben történt. Ezt az állapotot a legtöbb országban hosszú ideig konzerválták az alkoholmonopóliummal összefüggő állami előírások.

A minőségi követelmények és a jövedelmezőségi szempontok érvényesítése miatt ma már valamennyi fejlett országban uralkodóvá vált az etilalkohol (szesz) egy üzemen belüli előállítása és finomítása. Ez az eljárás a cefrefeldolgozást és -finomítást egyetlen folytonos üzemű lepárlórendszerben valósítja meg (melléklet: 15. ábra).

A kombinált cefrefőző-szeszfinomító készülék fő típusai BARBET és GUILLAUME munkája alapján már a századfordulón kialakultak, és alkalmazásuk főleg a melaszt feldolgozó nagyipari szeszgyárakban terjedt el. A legelterjedtebb GUILLAUME-féle berendezés kapcsolási vázlatát a 81. ábrán mutatjuk be. Ennek a lepárlóberendezésnek lényege, hogy soktányéros, több rektifikálóoszlop együttese, amelynek tagjai kölcsönös összeköttetésben állnak. Minden egyes oszlopnak meghatározott a funkciója és mindegyikhez tartozik — részben a reflux biztosítása végett is — megfelelő deflegmátor és esetleg gázhűtő készülék is.



81. ábra. Szeszfinomítás technológiai folyamata

A cefreszivattyúval szállított kierjedt cefre a táptartály által biztosított állandó nyomással áthalad a cefre-előmelegítő kondenzátor deflegmátorán, ahol kb. 70 °C-ra melegszik. Az így előmelegített cefre a cefreoszlop legfelső tányérjára kerül. Az oszlop alján távozik a szeszmentes moslék. Az oszlop tetejéről távozó 50—60 tf% szesztartalmú nyersszeszgőz a cefre-előmelegítő kondenzátorban hőtartalmának kb. 70 százalékát leadva részlegesen kondenzálódik. (Az így leadott hőmennyiség melegíti az átfolyó cefrét.) A maradék gőz a cefrében oldott gázokkal (CO_2, levegő) együtt a vízhűtésű kondenzátorban (gázhűtő) teljesen lecsapódik. A nem kondenzálódó gázok egyidejű lehűtésével a szeszveszteség a minimumra csökkenthető.

A nyersszeszt tehát folyadékállapotban az előpárlatoszlop közepén tápláljuk be. Az előpárlatoszlop feladata, hogy az etilalkoholnál könnyebben illó komponenseket elválassza az oszlop alján távozó etilalkohol—víz elegytől.

Az előpárlatoszlopba táplálják be a nyersszesszel azonos tányérra a finomító, az utópárlat és a végoszlop párlatából visszavezetett magas fokú szennyezett szeszt. A betáplálás helye feletti tányérra hígítóvizet adagolnak. A hígítás célja az előpárlati komponensek illékonyságának növelésével az elválasztási hatásfok javítása. Hígítóvízként a finomítóoszlop alján távozó luttervizet használják. A hígítást általában 25—35 tf% etilalkohol-tartalmúra állítják be.

Az előpárlatoszlop fejterméke az etilalkoholnál könnyebben illó komponenseket tartalmazó magas fokú szeszgőz, amit a kondenzátor-deflegmátorban cseppfolyósítva részben refluxként visszatáplálnak az oszlop legfelső tányérjára, részben pedig előpárlatként vezetnek el. A fejtermék alkoholtartalma 95—97 tf%, az alkalmazott refluxarány *(R)* általában 1 : 25—1 : 30.

Az előpárlatoszlop alján az előpárlati komponensektől mentesített, de magasabb forráspontú szennyező anyagokat még tartalmazó etilalkohol—víz elegy távozik és belép a finomítóoszlop kifőző szakaszának legfelső tányérjára.

A finomítóoszlop alján az etilalkohol-mentes luttervíz távozik. Az oszlop alsó harmadában dúsul a kozmaolaj, amely a 40—60 tf% alkoholtartalmú folyadékban korlátlanul oldható, relatív illékonysága pedig a vízénél nagyobb, de az alkoholénál kisebb. Ezt a folyadékot az utópárlatoszlopba vezetik s ott kozmaolajtartalma annyira dúsul, hogy vízzel hígítva nem mehet oldatba. Ezért tehát innét a kozmaolajmosóba (18) vezetik, s annyi vizet engednek hozzá, hogy alkoholtartalma 5—10 százalékra híguljon. Erre a kozmaolaj kisebb fajsúlya miatt a folyadék felett olajszerű rétegként kettéválik s elvezethető a kozmaolajgyűjtőbe.

A kozmaolajmosó alsó rétegeként maradó 5—10%-os folyadékát a mosóból visszavezetik az utópárlatoszlopba. Ennek a fejterméke általában előpárlatmentes szesz, és a készülék adottságaitól függően (átmérő, magasság, tányérszám stb.) olyan tisztaságú, hogy II. osztályú itali vagy ipari szeszként értékesíthető.

A finomítóoszlop működéséhez szükséges refluxarány általában 1 : 4,5. Fejtermékként mintegy 5 százaléknyi párlatmennyiséget visszavezetnek az előpárlatoszlopba. A tulajdonképpeni finomítványt a fentről számított 5—6. tányér megcsapolásával folyadékállapotban vezetik a végoszlopba a szennyezések utolsó nyomainak eltávolítása céljából. A végoszlop fejtermékéből ugyancsak kb. 5 százaléknyi párlat jut az előpárlatoszlopba, és a megfelelő minőségű finomszesz az alján távozik és a véghűtőben lehűtve a végtermék gyűjtőtartályába kerül.

A cefreoszlop, valamint a finomítóoszlop egyenletes működéséhez szükséges gőzmennyiséget az oszlopnyomás alapján működő gőzszabályzók adagolják. A főző-finomító rendszer ellenőrzésére, a helyes kezelés végett regisztráló távhőmérőket alkalmaznak a berendezés legfontosabb pontjain.

A készülék működését aszerint szabályozzák, hogy milyen minőségű finomszeszt kívánnak előállítani.

Az iparban alkalmazott GUILLAUME-féle készülék fajlagos gőzfelhasználása általában 5,0—5,5 kg/abs. liter szesz, hűtővízszükséglete (10 °C) pedig 29—33 l/abs. liter szesz.

A szeszgyártáskor a cefrekifőző oszlopból egy m^3 betáplált cefrére számolva 820—840 liter szeszmentes **moslék** távozik. Gabonafélék feldolgozásakor a moslék értékes ta karmány, melaszalapanyag esetén viszont kisebb értékű.

Gabonacefrék moslékát besűrítve (40—50% szárazanyag-tartalomig) vagy szárítva állatok etetésére jó eredménnyel hasznosítják. A különböző eredetű moslékok átlagos összetételét a KELLNER-féle összeállítás szerint az 59. táblázat ismerteti.

A kukoricamoslék adatait VÖLTZ szerint a 60. táblázat mutatja. A szárazanyag-tartalom a kukorica, az elcukrosításhoz szükséges maláta és a fermentáció közben keletkezett élesztő együttes tömegét tartalmazza.

A KELLNER-féle értékelés szerint a melaszszesz-gyártási moslék és a burgonyamoslék összetételének adatai a 61. táblázatban vannak összefoglalva.

59. táblázat

Gabonamoslékok összetétele
(KELLNER szerint)

Megnevezés	Nyers tápanyagok (%)					Emészthető tápanyagok (%)				
	szárazanyag-tömeg	nyers-protein	nyers-zsír	nitr.-mentes extrakt-anyag	nyers-rost	nyers-protein	nyers-zsír	nitr.-mentes extrakt-anyag	nyers-rostok	emészthető fehérje	keményítő-érték (kg)
Rozs (közepes)	86,6	11,5	1,7	69,5	1,9	9,6	1,1	63,9	1,0	8,7	71,8
Rozsmoslék (friss)	7,8	1,7	0,4	4,6	0,7	1,1	0,3	3,7	0,4	0,9	4,8
Rozsmoslék (szárított)	90,0	16,5	8,2	47,8	16,2	9,7	5,1	23,4	8,1	7,8	40,7
Kukorica (német)	87,0	9,9	4,4	69,2	2,2	7,1	3,9	65,7	1,3	6,6	81,5
Kukoricamoslék (friss)	8,7	2,0	0,9	4,6	0,8	1,3	0,8	3,2	0,4	1,1	5,5
Kukoricamoslék (szárított)	91,4	28,5	10,4	40,1	10,2	18,2	9,7	28,1	6,8	14,9	61,2

A melaszmoslékban a tápanyagarány viszonylag csekély és kedvezőtlen, különösen a feldolgozás-felhasználás (besűrítés, az etetési módozatok kialakítása) költségeihez viszonyítva. Gondot okoz továbbá az etetésben a nagy nátrium-, illetve káliumtartalom, és kedvezőtlen az étrendi hatása.

60. táblázat

Az alapanyag és a moslék összetétele
(VÖLTZ szerint)

	100 kg becefrézett alapanyag (kukorica, maláta, élesztő)	Moslékba kerül az alapanyag mennyiségéből
Szárazanyag	87,00 kg=100,0%	28,67 kg=100,0%
Hamu	1,30 kg= 1,5%	1,40 kg= 4,9%
Nyersprotein	9,63 kg= 11,1%	9,63 kg= 33,6%
Nyerszsír	3,40 kg= 3,9%	3,19 kg= 11,1%
Nyersrost	2,47 kg= 2,8%	2,72 kg= 9,5%
Nitrogénmentes extraktanyagok	70,20 kg= 80,7%	11,73 kg= 40,9%
Keményítőérték	79,70 kg	

61. táblázat

Melasz- és burgonyamoslék összetétele
(KELLNER szerint)

Megnevezés	100 kg melaszmoslékban (kg)	100 kg burgonyamoslékban (kg)
Víz	92,2	94,3
Szárazanyag	7,8	5,7
Hamu	1,9	0,7
Nyersprotein	1,0	0,6
Nyerszsír	—	—
Nyersrost	—	—
Nitrogénmentes extraktanyagok	3,6	2,2
Emészthetetlen szerves anyagok	1,3	2,2
Keményítőérték	3,7	2,6
Emészthető fehérje	0,3	0,5

Az oldószerek alkalmazásával megvalósított **extraktív desztillációnak** van egy fontos alkalmazási lehetősége, amelyet a gázszintézisen alapuló eljárások (FISCHER —TROPSCH, Hydrocol, Syntol stb.) termékeinek a feldolgozására kezdtek alkalmazni. Az így nyert termékek egy része ugyanis alkoholok, szerves savak, aldehidek, észterek, ketonok vizes oldata. Az ilyen reális oldatot képező komponensek elválasztása igen nehéz feladat, de extraktív desztillációval, oldószerként vizet alkalmazva megoldható (CARLSON et al.: Ind. Eng. Chem. 1954).

A vizes oldószeres desztillációnak ez a módja azért is tanulságos, mert a víz az oldószerekre vonatkozó követelményeknek azt a feltételét nem elégíti ki, hogy

forráspontja az elválasztásra kerülő komponenseknél nagyobb legyen. Víz (mint oldószer) jelenlétében a különböző kémiai vegyületek (alkoholok, észterek, szerves savak stb.) típusonként egymástól elkülöníthetők. Víz jelenlétében ugyanis egy meghatározott kritikus vízkoncentráción felül az egyes vegyületek (alkoholok, szerves savak stb.) normális illékonysági sorrendje is megfordítható, azaz a nagyobb molekulasúlyú alkoholok fejpárlatként, a kisebb molekulasúlyú alkoholok pedig fenéktermékként nyerhetők ki.

Ebben az esetben arról van szó, hogy az elválasztandó komponensek aktivitási együtthatói a víznek mint oldószernek a hatására megváltoznak. Az oldószer-koncentráció növelésével a relatív illékonyság is számottevően növekszik.

Részleteiben még nincs tisztázva, hogy az elválasztásra kerülő komponensek fizikai és kémiai tulajdonságai és a relatív illékonyság között milyen szorosabb összefüggés áll fenn, de az már bizonyos, hogy ez az oldhatósággal kapcsolatos. Ez azt jelenti, hogy két komponens közül amelyik az oldószerben jobban oldódik, annak kisebb mértékben nő meg az aktivitási együtthatója, mint annak, amelyik kevésbé jól oldódik. Tehát a jól oldódó komponens illékonysága kisebb lesz, mint a rosszul oldódóé, hasonló gőznyomásviszonyokat feltételezve.

A gyakorlatban tehát előfordul, hogy a relatív illékonyság igen közel van az egyhez. Ezért az x—y diagramban az egyensúlyi görbe majdnem fedi az átlót, s ezért frakcionálása elméletileg végtelen tányérszámú oszlopot igényel. Ilyen esetben a harmadik komponens (pl. víz) hozzáadása megváltoztathatja a relatív illékonyságot és javítja a rektifikálás feltételeit.

A reális viselkedésű rendszer egyensúlyát a következő egyenlet fejezi ki:

$$p_1 = \gamma_1 \cdot x_1 \cdot P_1,$$
$$p_2 = \gamma_2 \cdot x_2 \cdot P_2,$$

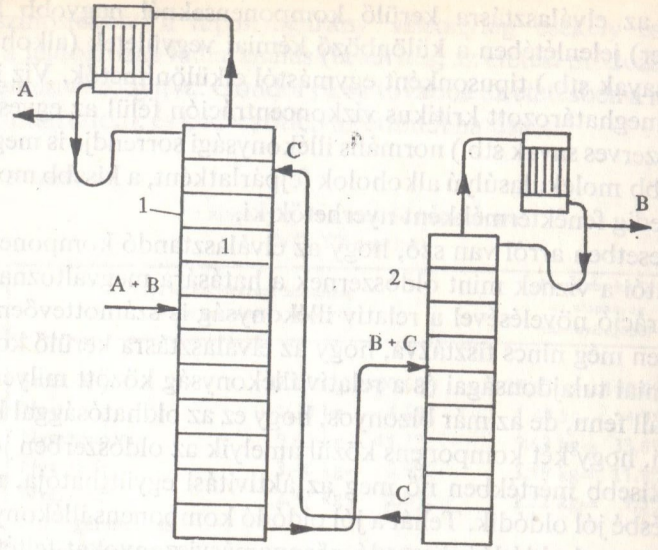
amelyben P_1 és P_2 a komponensek tenziói. Ebből pedig a relatív illékonyság definíciója alapján:

$$\alpha = \frac{\frac{p_1}{x_1}}{\frac{p_2}{x_2}} = \frac{\gamma_1 P_1}{\gamma_2 P_2}.$$

Harmadik komponens hozzáadása megváltoztatja a $\frac{\gamma_1}{\gamma_2}$ értéket a komponens móltörtjének arányában.

Az ismertetett jelenségen alapuló extraktív desztilláció vázlatát a 82. ábrán mutatjuk be.

A szétválasztásra kerülő elegyet $(A+B)$ az 1. jelű oszlop közepén táplálják be. A relatív illékonyság megváltoztatását szolgáló harmadik komponens (C) betáplálása az 1. jelű oszlop tetején, 1—2 tányérral a legfelső alatti tányéron történik. Az illékonyság megváltoztatása miatt az A komponens távozik az oszlop fejtermékeként, a B pedig C-vel együtt az 1. oszlop alján gyűlik össze úgy, mintha a B komponenst a lefelé áramló C folyadék extrahálhatná. Ebből ered a folyamat elnevezése is.



82. ábra. Extraktív desztilláció vázlata

A 2. jelű oszlopban elválasztják a *B* komponenst a nála kevésbé illékony *C* alkotórésztől, amely a 2. oszlop aljáról visszakerül a folyamatba, vagyis az 1. jelű oszlop felső részébe.

Az extraktív desztillációnak ezt az elvét a szeszlepárló és -finomító eljárásokban is előnyösen lehet alkalmazni. A finomítóberendezések előpárlat oszlopainak funkciója ugyanis az, hogy a kifőzőoszlopban a cefréből kiválasztott nyerszeszből az etilalkoholnál és a víznél könnyebben illó szennyező komponenseket előpárlatként kiválassza az oszlop fejtermékeként. Minthogy az elválasztás a nagyszámú és eltérő tulajdonságú szennyező anyag (aldehidek, észterek, szerves savak stb.) miatt az alkalmazott tányérszámok mellett nem eléggé éles, ezért az előpárlatoszlop fejtermékében etilalkohol és víz is távozik a szennyező anyagokkal, előpárlati frakció gyanánt.

Az előpárlatoszlop alján olyan etilalkohol—víz elegy lép ki, amely az etilalkohol és a víz magasabb forrpontú szennyező anyagait (a kozmaolaj komponenseit) tartalmazza, és amelyet a finomítóoszlopban választanak szét etilalkoholra és vízre (a finomítóoszlop kifőzőrészének fenékterméke). Ezt a fenéktermékként távozó luttervizet aztán hígítóvízként visszavezetik az előpárlatoszlopba.

Az elmondottak alapján könnyen felismerhető az analógia az előbbiekben bemutatott kétoszlopos extraktív desztillálóberendezés működése és a szeszlepárló-finomító berendezések előpárlatoszlopának és a hozzákapcsolt finomítóoszlopnak rendeltetése között.

Az általánosan alkalmazott szeszlepárló-finomító eljárások esetében a nyerszeszt az előpárlatoszlop közepén táplálják be, éspedig előzetesen 30—40 tf% etilalkohol-tartalomig hígítva, vagy ugyancsak a betáplálás helyén vezetik be a finomítóoszlop aljáról érkező hígítóvizet a hígítási arány elérésére.

A szesz víztelenítése (dehidrálás)

Az általánosan alkalmazott szeszlepárló és -finomító eljárásokkal 95—96,4 tf% etilalkohol-tartalmú finomszeszféleségeket állítanak elő. Ez a finomszesz azonban 3,6—5 tf% vizet tartalmaz, mivel lepárlással nem lehet az etilalkoholt és a vizet egymástól teljesen elválasztani.

Vannak azonban olyan felhasználási területek, amelyek vízmentes etilalkoholt (abszolút alkohol) igényelnek, ezért a szesziparnak az etilalkohol egy részét vízmentes állapotban kell előállítania (speciális oldószerek és motorhajtó üzemanyag céljára).

A szesz **víztelenítése** többféle módszerrel történhet. Az egyik ilyen módszer szerint **kalcium-kloridot** adunk a szesz—víz elegyhez, és így, sóval telítve végezzük el a lepárlást.

A folyadékelegyek gőz—folyadék egyensúlyi viszonyait jelentősen befolyásolják a bennük oldott szilárd anyagok, főként a szervetlen vegyületek. A só hatására az azeotrópia is megszűnik. Ez a sóhatás elsősorban a feloldott anyag oldhatóságától és disszociációjától függ. Abban az esetben, ha a só a folyadékfázis egyik komponensében nagyon jól oldódik, aminek az oldószer és az oldott anyag molekulái közötti nagy vonzerő a feltétele, akkor az oldószer gőznyomása csökken, vagy megfordítva: a folyadékelegyekben só hatására annak a komponensnek az illékonysága növekszik, amelyben a só gyakorlatilag nem, vagy kevésbé oldódik.

Így például ha etilalkohol—víz elegyben annyi kálium-nitrátot oldunk fel, hogy forrás közben állandóan kristálykiválás legyen, akkor a gőz alkoholtartalma mindig nagyobb lesz, mint sómentes folyadékelegy forrása esetén lenne mindaddig, amíg a folyadékelegy alkoholtartalma nem több 90 százaléknál.

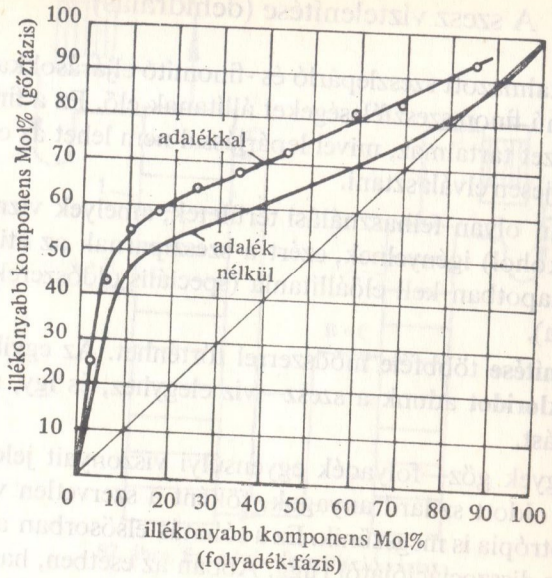
A sóadalék fajtájának egyébként más hatása is van, így pl. etilalkohol—víz elegyéhez kalcium-kloridot adva nemcsak lényegesen nagyobb lesz a gőz alkoholtartalma, hanem az azeotrópos pont is eltolódik, sőt teljesen eltűnik, amiként azt a 83. ábra szemlélteti.

Mivel az etilalkohol—víz elegyhez adagolt só a magasabb forrpontú komponensben (víz) oldódik jobban, sóadagolás esetén nem kell számolnunk azzal, hogy a só a rektifikálóoszlop tányérjain lerakódik, mert a víz koncentrációja az oszlopban lefelé haladva nő és ezáltal a só oldékonysága is növekszik.

A **nyomás változtatásával** befolyásolható az erősen nem ideális azeotróp elegyek összetétele is, mert ez különböző nyomásokon más és más, sőt több esetben bizonyos nyomáshatárokon túl az azeotróp jelenség meg is szűnik. Ezt a hatást felhasználhatjuk az azeotróp elegyek szétválasztására is.

Az azeotróp jelenség azonban 70 Hgomm-nél kisebb nyomáson már nem lép fel, ezért ez alatt a nyomáshatár alatt végezve a lepárlást, az etilalkohol—víz elegy tiszta komponenseire szétválasztható.

Abszolút alkoholt kétnyomásos lepárlással is elő lehet állítani. Az atmoszferikus lepárlóberendezésben a szokásos módon 4,4 súly% vizet tartalmazó azeot-



83. ábra. Sóadalék (10% $CaCl_2$) hatása az etilalkohol—víz rendszer folyadék—gőz egyensúlyi görbéjére

róp elegyet lehet az etilalkohol—víz elegyből kinyerni. Ezt az elegyet azután egy nagyobb nyomáson dolgozó lepárlóoszlopban nagyobb víztartalmú azeotróp fejtermékre és tiszta etilalkohol fenéktermékre lehet szétválasztani. A nagyobb nyomású oszlop fejtermékét az első kifőzőoszlopba vezetik vissza, amelynek fenékterméke alkoholmentes víz.

A nyomás hatását az etilalkohol—víz elegyre, továbbá az etilalkohol—benzol—víz háromalkotós elegyre a 62. és a 63. táblázat mutatja be.

62. táblázat

Etanol—víz azeotrop összetételének változása a nyomás függvényében

Nyomás (torr)	Azeotróp elegy forráspontja, (°C)	Víz (súly% az azeotróp elegyben)
14 523,6	—	7,88
1 451,3	95,35	4,75
1 075,4	87,12	4,65
760,0	78,15	4,4
404,6	64,04	3,75
198,4	47,63	2,7
129,7	39,20	1,3
94,9	33,35	0,5
70,0	27,96	0,0

63. táblázat

Etanol—benzol—víz terner azeotrop összetétele a nyomás függvényében

Nyomás (atm)	Azeotróp elegy forráspontja (°C)	Benzol (súly%)	Etanol (súly%)	Víz (súly%)
1,0	64,85	74,1	18,5	7,4
3,41	101,06	68,1	22,4	9,4
6,13	122,08	63,7	24,9	11,4
9,69	140,95	61,5	25,6	12,9
10,29	143,27	61,5	25,5	13,0
19,02	171,35	60,0	24,4	15,6
19,12	171,85	60,3	24,5	15,2

Az **azeotrop desztilláció** a kétkomponensű homogén elegyek szétválasztásának, tehát esetünkben az etilalkohol víztelenítésének korszerű és leggazdaságosabb módszere.

Kétkomponensű, homogén azeotrop elegyekben a gőz és a folyadékfázisok összetétele azonos, amiként a 95,6 súly% etilalkoholt és 4,4 súly% vizet tartalmazó azeotrop elegy viselkedése mutatja. Ebben az esetben mindkét komponens relatív illékonysága egy. Ilyen azeotrop elegyek egyes komponenseit tehát nem lehet egymástól egyszerű lepárlással elválasztani, mert elgőzölögtetéskor együtt desztillálódnak át, a gőzfázis összetétele azonos lesz a kiinduló folyadékfázis összetételével.

Emlékeztetve a nem ideális elegyek komponenseinek parciális nyomásait kifejező egyenletekre:

$$p_1 = x_1 \quad \gamma_1 \cdot P_1 = y_1 \cdot P,$$
$$p_2 = x_2 \quad \gamma_2 \cdot P_2 = y_2 \cdot P,$$

amelyekbe

$$x_1 = y_1 \quad \text{és} \quad x_2 = y_2$$

értékeket behelyettesíthetjük, mivel az azeotrópia esetében az említett módon az egymással egyensúlyban levő gőzfázis és folyadékfázis összetétele megegyezik.

Az egyszerűsítéseket elvégezve

$$\gamma_1 P_1 = \gamma_2 \cdot P_2, \quad \text{illetve} \quad \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{P_2}{P_1}$$

egyenleteket kapjuk.

Látható, hogy a komponensek aktivitási együtthatóinak aránya egyenlő a gőznyomások arányával, vagyis a relatív illékonysággal.

Kísérletekkel megállapították, hogy egy célszerűen megválasztott harmadik anyag hozzáadásával a $\frac{\gamma_1}{\gamma_2}$ hányados megváltozik.

Ha például az etilalkohol—víz rendszerhez benzolt adunk, akkor a víz aktivitási együtthatója nő, az etilalkoholé pedig csökken. Benzol jelenlétében az

aktivitási együtthatók aránya úgy módosul, hogy a magasabb forrási hőmérsékletű víz etilalkoholra vonatkoztatott relatív illékonysága megnövekszik, sőt egynél is nagyobb lesz. Ennek következtében benzol hozzáadásával végzett desztilláció esetén a víz a desztillátumban nagyobb koncentrációban lesz jelen, mint a folyadékfázisban volt. Végeredményben a benzol az etilalkohollal és a vízzel olyan új háromalkotós azeotróp elegyet alkot, amelyben a szétválasztandó komponensek mennyiségi aránya más, mint az eredeti kétkomponensű azeotróp elegyben volt. Tehát benzol jelenlétében az etilalkohol—víz azeotróp elegyet desztillációval tiszta komponenseire szétválaszthatjuk. A benzol azeotrópanyagképző szerepet tölt be ebben az esetben.

A keverékből keletkező pára összetétele mindaddig nem változik, amíg az egyik alkotórész a rendszerből el nem fogy. Elegendő benzol esetén ez a víz lesz, mivel lényegesen nagyobb a párában levő víznek a szeszhez viszonyított aránya.

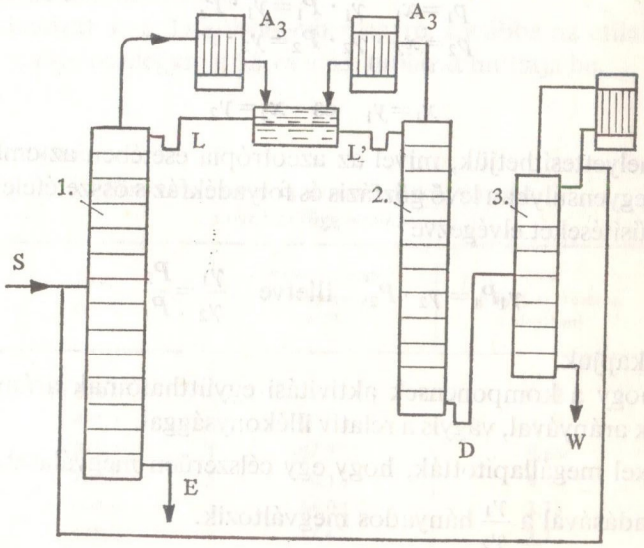
A víz elfogyása után a forráspont 68,25 °C-ra emelkedik, és

67,6 súly% benzol és
32,4 súly% alkohol desztillál át.

A benzol elfogyása után tiszta, vízmentes alkohol marad vissza.

Az azeotrop desztillációt első ízben az 1900-as évek elején valósították meg ipari méretekben, mégpedig a YOUNG-eljárással vizes etilalkoholt víztelenítettek. Ennek a módosított változatai vannak ma is használatban vízmentes abszolút etilalkohol előállítására.

A víztelenítés megvalósításához három frakcionálóoszlopból álló, atmoszferikus nyomáson üzemelő lepárlóberendezést használnak, amiként a 84. ábrán láthatjuk.



84. ábra. Alkohol vízmentesítésének vázlata
1. víztelenítőoszlop, 2. benzolkifőző oszlop, 3. koncentrálóoszlop

A víztelenítésre kerülő 95 tf% alkoholtartalmú etilalkohol—víz elegyet az L refluxszal üzemeltetett 1. jelű oszlopba tápláljuk az S vezetéken, a benzolt pedig kezdetben szintén az 1. oszlopba a refluxvezetéken.

Az 1. oszlopból fejtermékként az A_3 terner—azeotróp elegy desztillál át 64,85 °C forrponttal, amelynek összetétele súlyszázalékban 74,1 benzol, 18,5 etilalkohol és 7,4 víz.

Az 1. oszlop fejtermékét mintegy 20 °C-ra lehűtve és az elválasztótartályban (dekantőrben) felfogva az azeotropós elegy L benzolos és L' vizes rétegre válik szét. A felső réteg a kondenzátum térfogatának 84 százalékát, az alsó réteg pedig 16 százalékát teszi ki.

A felső rétegben a benzol 84,5, az etilalkohol 14,5, a víz 1,0 súlyszázalék; az alsó rétegben az etilalkohol 53,0, a benzol 11,0, a víz 36,0 súlyszázalék.

Az elválasztótartályból a felső folyadékréteget L refluxként vezetjük vissza az 1. oszlop felső, az alsó folyadékréteget pedig a 2. oszlop legfelső tányérjára (L').

A 2. lepárlóoszlop fejtermékeként ugyancsak háromkomponensű azeotróp elegy távozik az elválasztótartályba (etilalkohol 18,5, benzol 74,1 és víz 7,4 súlyszázalék). Fenékterméke (D) pedig benzolmentes, vizes etilalkohol, amelyet a 3. oszlopban töményítenek. A víz a 3. oszlop alján távozik (W), az alkoholt pedig az 1. oszlopba visszavezetik *(5)*.

A víztelenített abszolút alkohol az 1. oszlop fenékterméke (E).

A **glicerines desztilláció** egyik változatában a vízmentes abszolút alkoholt VAN RUYMBECKE módszerével állítják elő. Ennél a módszernél a bepermetezett glicerin vagy kálium-karbonátot tartalmazó glicerin csorog lefelé a töltelékes-oszlopban. Vele szemben ellenáramban halad a víztartalmú alkoholgőz. A vízmentesített alkoholgőzöket az oszlop fejtermékeként vezetik el, a fenéktermékként távozó vizes glicerint pedig egy második oszlopban desztillációval víztelenítik (VAN RUYMBECKE Compt. Rend. Acad. Sci. 175, 588, 1922).

A szénsavmosó

A szeszes erjedés során az erjedéssel párhuzamosan számottevő mennyiségű szén-dioxid-gáz keletkezik. Alkoholgőzökkel együtt atmoszferikus nyomáson távozik a fermentorokból, lép ki a rendszerből, vagyis alkoholveszteséget okoz.

A veszteség csökkentésére speciális abszorpciós berendezéseket (szénsavmosó) használnak az erjedési gázokkal távozó szesz visszanyerésére (85. ábra).

Az egyes fermentorokból a szén-dioxid-gáz külön vezetéken érkezik és oldalt lép be a folyadékzár alatt a mosótartályba. A szén-dioxid-gáz a mosótartályban levő folyadékzáron átáramolva felfelé halad az abszorpciós oszlopban. Ebbe alul néhány buboréksapkás tányért építettek be, felettük pedig a perforált lemezre halmozva RASCHIG-gyűrűkkel töltötték meg az oszlopot.

Az abszorpciós oszlop tetején finom eloszlásban folyamatosan permetezik be a mosóvizet, amely lefelé csorog a felszálló erjedési gázokkal ellenáramban.