

21,50 Ft

DÉVÉNYI · ERJEDÉSIPARI ALAPISMERETEK

DÉVÉNYI TIBOR

ERJEDÉSIPARI

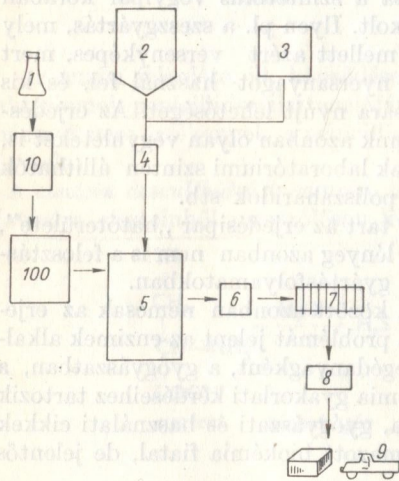
ALAPISMERETEK

TÁNCSEKS

Az élesztőipar az erjedésiparban világszerte jelentős helyet foglal el. Az élesztőszükséglet napjainkban rendkívül nagy, hiszen a szeszipar, a sör- és sütőipar napi szükséglete egyre emelkedik. Világszerte jelentős az a mennyiség is, amit a gyógyszeripar és a mezőgazdaság igényel. A gyógyszeriparban nyersanyagként, a mezőgazdaságban pedig mint takarmány tölt be fontos szerepet. Igen érdekes új terület a finomvegy-szeripar biokémiai készítményeket gyártó ága. Ez, mint később látni fogjuk, szintén nagy mennyiségben használ fel élesztőt, mint a legkülönbözőbb finomvegy-szer készítmények szinte korlátlan forrását.

Az élesztő évezredek óta az ember szolgálatában áll. 4000 éves egyiptomi királysírokban találtak mumifikálódott kenyércipókat, és ez bizonyítja, hogy már évezredekkel ezelőtt ismerte az ember a kelesztett kenyeret. Előállításához nyilvánvalóan élesztőt vagy élesztőt tartalmazó anyagokat használt. Iparszerű termelése azonban csak 100 éve indult meg. A múlt század második felében Bécsben alapították Európa első élesztőgyárát. Az akkori technológiát évtizedekig világszerte alkalmazták, de ma már természetesen korszerűbb, gazdaságosabb módsze-

rek felhasználásával folyik az élesztő termelése. A régi bécsi eljárás élesztő mellett jó minőségű szesz előállítására is törekedett. Az élesztő elszaporítása ezért az alkoholos erjedésnek kedvező körülmények között ment végbe. Ilyen körülmények között azonban a sejtek szaporodása háttérbe szorul, másodrendűvé válik, és — mint később látni fogjuk — éppen az alkoholos erjedés visszaszorításával érünk el jelentős sejtszaporodást, ami ipari méretekben a hozam emelkedésével és a gazdaságosság fokozásával jár együtt. Meg kell jegyeznünk azt is, hogy a magas alkoholkoncentráció mellett szaporított sejtek felhasználás szempontjából kedvezőtlen tulajdonságokra tesznek szert, így ez hátrányos előállítási mód.



47. ábra. Az élesztőgyártás vázlata
1, 10, 100 — élesztő elszaporító, 2 —
melasz előkészítő, 3 — segédanyag
oldása, 4 — sterilizáló, 5 — fermentor,
6 — szeparátor, 7 — szűrőprés,
8 — gyűrő, 9 — kiszállítás

Az élesztőgyártás folyamatának vázlatát a 47. ábrán mutatjuk be. Az ábrából látható, hogy háromirányú előkészítés után kerül csak sor a tulajdonképpeni szaporításra (fermentálásra), s ezt a lépést követik a sejtek kinyerésére irányuló technológiai lépések. Az előkészítések egyik legkényesebb és legkritikusabb része a szaporításra szánt élesztő kiválasztása. Ez a munka a laboratóriumban kezdődik, ún. szintenyészet kitenyésztésével, melyet fokozatosan egyre nagyobb térfogatra oltanak, hogy végül is több ezer liternyi mennyiségben fejeződjék be szaporítása. Az előkészítő munka másik része a szaporításhoz szükséges megfelelő összetételű tápoldat előkészítése. A tápoldat alapját ipari melléktermék, csaknem mindenütt a cukorgyártás során képződő melasz képezi. Ennek tisztítása és sterilizálása jelenti az előkészítő munka egyik részét. Minthogy azonban a melasz nem tartalmazza az élesztő elszaporításához szükséges összes sót, gondoskodni kell azok megfelelő mennyiségben való bekeveréséről. Az előkészítés másik része tehát ezeknek a vegyi anyagoknak oldása, esetleges tisztítása és bemérése.

A sejtek elszaporítása többórás folyamat, miközben sokoldalúan ellenőrzik a fermentorban végbemenő vegyi átalakulásokat. Az észlelt adatokból következtetnek az elszaporítás menetére és esetleges hibáira. 10–12 óra elteltével következik az élesztősejtek kinyerése. Szeparátorok segítségével sűrű pépet állítanak elő, mely azután a szűrőprésekre kerül. Itt morzsalékony halmazállapotú élesztőt nyernek, ami megnehezíti a csomagolást. A sütőiparban használatos gyűrőgépekhez hasonló berendezések segítségével a morzsalékony élesztőből kevés víz hozzáadásával plasztikus halmazállapotú anyagot gyúrnak, amely ezután formázógépbe és végül az automatikus csomagolóba kerül. Kiszáritás előtt hűtött helyiségben tárolják, hogy lelassuljanak azok a bomlási folyamatok, melyek elkerülhetetlenül a késztermék minőségi mutatóinak leromlásához vezetnek. Az élesztő élénk anyagcserével rendelkező sejt. Benne igen sok enzim, köztük pedig fehérjebontó enzimek is működnek. Ha az élesztő huzamosabb ideig szobahőmérsékleten tápanyagok jelenléte nélkül áll, lebontja saját sejtanyagait: autolizál. Ez a folyamat igen intenzív bomlási folyamat, sebessége egyre gyorsabb. Ezért fontos, hogy a sejteket hűtött állapotban, lehetőleg száraz helyiségben tároljuk.

Mindezekből következik, hogy az élesztőgyártás lényegében három munkafázisból áll:

1. Előkészítő munka:

- a) a szintenyészet előkészítése, kiválasztása és elszaporítása,
- b) a melaszoldat tisztítása, sterilizálása,
- c) a járulékos anyagok előkészítése és bemérése.

2. Üzemi elszaporítás.

3. A sejtek kinyerése.

Az élesztő — a mikrobiológia általánosító meghatározása szerint — gombaszerű növényi élőlény. Az élő természetben nagyon változatos képet nyújt, olyannyira, hogy ha „élesztőről” beszélünk, tulajdonképpen hatalmas fogalomkörrel teszünk említést. A mikroorganizmusok e nagy csoportjába sok család, faj és fajta tartozik. A gyakorlati életben azonban csak néhány jelentősebb képviselőjük van. Első megközelítésben célszerű két típust megkülönböztetni: az ember számára hasznos ún. kultúrélesztőket és — ami ezzel ellentétes értelmű — az ún. vadélesztőket. Ez természetesen viszonylagos felosztás, hiszen nyilvánvaló, hogy sütőipari élesztő gyártásánál egy borászati élesztő vadélesztőként szerepelhet és megfordítva, a borpincét benépesítő évszázados élesztőtörzset szennyező sütőipari élesztő durva fertőzést jelentene, vagyis vadélesztőként kellene nyilvántartani.

Az ipari méretekben gyártott kultúrélesztők között legjelentősebbek a Saccharomyces családhoz tartozó élesztők, jóllehet a söripar és borászat más típusokat is felhasznál. Kiválasztásuk rendkívül jelentős, mert az oltásra felhasznált sejtek örökletes tulajdonságai szabják meg az utódok tulajdonságainak nagy részét is. Ez pedig annyit jelent, hogy ipari méretekben a késztermék minőségi mutatóinak nagy része az oltásra használt szintenyészet biológiai sajátosságainak függvénye. A felhasználásnak megfelelően kell kiválasztani a szaporításra szánt törzset.

A legnagyobb fogyasztó a sütőipar és az erjedéssel szeszpar. Takarmányélesztő előállítására pl. már alapvetően más törzset és szaporítási módszert kell alkalmazni, mint a sütőipari célokra szolgáló élesztő esetében. Ez utóbbit „ásványi élesztőnek” is nevezik. Igen élénk levegőztetéssel szaporítják, ez az alkoholos erjedést csaknem teljes mértékben visszaszorítja, ami azzal jár, hogy a hozam rendkívüli mértékben növekszik: 100 kg melaszából 120 kg élesztő nyerhető. Az alkalmazott szaporítási körülmények között ugyanis a fehérjék és zsírok képződése és felhalmozódása intenzív, ez azonban más tulajdonságok, elsősorban a sütőiparban fontos sajátosságok leromlásával jár együtt.

Az élesztősejt tökéletes organizáció. Igen élénk anyagcserével rendelkezik, ugyanakkor környezetének megváltozásához gyorsan idomul, alkalmazkodik. Ez megnyilvánul igen jelentős ellenálló képességében is. Ebben az anyagcsere folyamatok hatékony szabályozásán kívül jelentős szerep jut a sejtek nagy szilárdságú hártájának. Az élesztő sejthártyája cellulózból épül fel. Durva fizikai behatásokon kívül a celluláz enzim hatására károsodik gyorsan. Egyébként kémiai és fizikai behatások, mint pl. sav és lúgok hatása, enyhe melegítés nem károsítják.

Ennek igen nagy a jelentősége az élesztőgyártás szempontjából is. A gyártástechnológia jellegéből következik, hogy sterilitás csak bizonyos fokig biztosítható. Rendkívül fontos, hogy megakadályozzuk baktériumok és más mikroorganizmusok bejutását a fermentátorba. Ennek egyik

módja a passzív védekezés. Ez alatt értjük az esetleg jelenlevő mikroorganizmusoknak a fermentálást megelőző elpusztítását. Az élesztő nem savérzékeny, ellentétben az élesztőgyárakat fertőző baktériumok nagy részével. Ha a sejteket szaporítás előtt savazzuk, és a szaporításhoz enyhén savas tápoldatot használunk fel, az elszaporítás kezdetén jelenlevő baktériumokat elpusztítjuk, és egyben megakadályozzuk gyarapodásukat.

Ha a sejthártyát megbontjuk, betekintést nyerünk a sejt belsejébe. Celluláz hatására a hártya szinte pillanatokon belül megsérül, és mikroszkóp alatt is jól látható a protoplaszma kiáramlása. Protoplaszmának nevezzük a sejt oldott állományát. Viszkózus oldat, sok fehérjét és egyéb életfontos vegyi anyagokat tartalmaz, azonban szemcséket is találunk benne. A nagyobb méretű szemcséket mitokondriumoknak nevezzük. Ezekben a szemcsékben megy végbe a sejtek csaknem minden oxidációs folyamata. A sejthártya szétroncsolása után a szemcséket nagy tisztaságban nyerhetjük ki. Híg sóoldattal hígítjuk fel a szétroncsolt sejteket, majd frakcionáltan üleptünk. Percenként 5000-es fordulatszám mellett kiülepszik a sejthártyák maradékából álló törmelék. A felülúszó tartalmazza a protoplazmát és a szemcsés állományt. Ennek további centrifugálásával nyerjük ki a mitokondriumokat. Ehhez azonban már ún. ultracentrifugára van szükség (lásd a 37. ábrát). 15 000—20 000-es percenkénti fordulatszám mellett az ultracentrifugában kiülepednek a mitokondriumok. A felülúszó azonban kémiai értelemben még mindig nem tiszta oldat. Ha ugyanis az ultracentrifuga sebességét tovább fokozzuk és a föld nehézségi gyorsulását a 100 000-szeresére emeljük (ezt kb. 40 000-es percenkénti fordulatszámmal érjük el), a mitokondriumoknál is kisebb méretű anyag ülepszik ki a protoplazmából. Ez a frakció kevés fehérje mellett igen dús nukleinsavakban. A frakciót riboszómának nevezzük. Ennek a frakciónak központi szerepe van a fehérjeszintézisben.

Az élesztők sejttálmányának nagyobbik fele fehérje, vagy egyéb szerves, nitrogéntartalmú vegyület. Ezzel magyarázható igen nagy tápértékük, és éppen ezért alkalmazhatók takarmányozási célra. A sejtek átlagos összetétele (a szárazanyag-tartalom %-ában) a következő:

fehérje, egyéb szerves N-tartalom	44—67%
glikogén	1—30%
zsírban oldódó frakció	1—2%
hamu	6—8%

A magas fehérjetartalom és a szerves nitrogéntartalmú vegyületek nagy mennyisége alapján érthető, hogy a biokémiai finomvegyszer-gyártás egyik legfontosabb alapanyaga. Élesztőből nagyon sok enzim, nukleinsav és építőeleme, peptid, vitamin stb. állítható elő. Élénk

anyagcsere-folyamatai felhasználásával pedig nagyon sok ipari méretben is megvalósítható, ún. enzimátikus szintézishez használható fel.

A sejtek szaporítása és növekedése természetesen nemcsak örökletes sajátságainak függvénye. Nagyon fontos szerepet töltenek be a külső tényezők is, mint pl. a tápanyagok, anyagcsere-termékek, hőmérséklet stb. A tápoldat összetétele bizonyos határok között ingadozik, hiszen ipari melléktermék kerül felhasználásra, ez pedig nagyon sok mindentől függ. Függ elsősorban a cukorrépa minőségétől, a cukorgyári technológia szigorúságától és pontosságától, a tárolás módjától és idejétől stb. Négy csoportra oszthatjuk azokat a vegyi anyagokat, melyek a szaporodás és növekedés szempontjából jelentősek, s melyekről a tápoldat előkészítésekor megfelelő koncentrációban gondoskodni kell. Ezek az anyagok a következők:

- a) erjeszhető cukrok:
ezek között leglényegesebbek az invert-cukor, a maltóz és a sacharóz;
- b) szerves nitrogén- és foszforvegyületek:
aminosavak, peptidok, nukleotidok, koenzimek, ATP stb. jelentőségéről korábban már részletesebben volt szó. Aligha szorul további indoklásra, milyen nagy jelentőségűek ezek a vegyületek az alapvető életműködések szempontjából;
- c) szervetlen elemek:
kálium, nátrium, magnézium, kalcium, foszfor stb. nélkülözhetetlenek az élő sejt számára. Aktív szerepet töltenek be az anyagcsereben és az anyagforgalomban. Előbbi esetben mint koenzimalkatrészek, vagy — mint a foszfor esetében láttuk —, energiatároló és adagoló játszhatnak központi szerepet. Az anyagforgalomban aktív szerepük a sejthártya áteresztőképességében nyilvánul meg. A szervetlen elemek ebben a fontos munkában jelentős szerepet töltenek be. Az anyagcsere-folyamatok salakanyagainak kiválasztása a sejthártyán keresztül történik;
- d) nyomelemek:
ilyen pl. a cink és a réz. Szerepük csak részben ismert. Enzimek működéséhez szükségesek.

Az élesztősejtek elszaporításához olyan gazdaságos tápoldatot kell biztosítani, mely mindezeket a vegyi anyagokat kellő mennyiségben tartalmazza. Világszerte legelterjedtebb nyersanyag a melasz, melyet azonban bizonyos vegyi anyagokkal szükséges kiegészíteni.

Az élesztőgyárakban, míg a munka steril körülmények között valósítható meg, vadélesztő nem szaporodik el. A gyártás bizonyos szakaszában azonban ezt már nem lehet biztosítani. A steril munkára való törekvés már az előkészítő fázisban megnyilvánul. A tápoldat gőzölése

és megfelelő savfokának beállítása, a sejtek savazása, az edények és egyéb berendezések sterilizálása mind ezt célozzák. Ez azonban csak passzív védelem. Az aktív védekezés folyamán olyan körülményeket biztosítunk, melyek kedvezőtlenek minden külső fertőzés számára, ugyanakkor azonban a kultúrélesztő számára kedvező. Hazai kutatók igen figyelemre méltó eredményeket értek el ezen a területen. Megállapították ugyanis, hogy bizonyos alkohol koncentráció jelenlétében a kultúrélesztő szaporodása még igen intenzív, ugyanakkor a vadélesztő már jelentős mértékben károsodik és szaporodása háttérbe szorul. Ezzel igen komoly lépést tettek a korszerű, folytonos gyártástechnológia megvalósítása felé. A befertőződés akadályozza meg ugyanis a folytonos gyártást. Mennél rövidebb ideig tart egy adott tétel előállítására, annál kisebb veszély van elfertőződésére. Folytonos gyártás esetében ez a veszély igen nagy, és csak abban az esetben valósítható meg, ha nagy biztonsággal zárjuk ki a külső fertőzés lehetőségét. Ezért jelentős hazai kutatóink felfedezése, melynek segítségével a szokásos 10–12 órás fermentálás helyett már közel 10-szer annyi ideig tartó szaporítást sikerült megvalósítani.

A melasz több mint 50% cukrot tartalmazó sötét színű oldat. Magas cukortartalma ellenére cukoripari felhasználása nem gazdaságos, mert sok egyéb szerves anyagot is tartalmaz, ezek jelenléte pedig megnehezíti a cukor tisztítását és kinyerését. Így vált az erjedésipar egyik legfontosabb alapanyagává, az erjedéses szeszipar és élesztőipar tápoldataként.

A tápoldat előkészítéséhez a melaszt tisztítani, hígítani és sterilizálni kell, majd kiegészíteni a sejtek szaporításához nélkülözhetetlen járulékos anyagokkal. A sterilizálás és hígítás a tisztítással együtt lényegében összevont folyamat. A melaszoldatot 30 percre 90–100 °C-ra hevítik, majd szeparátorban (víz befolyatásával egyidejűleg) üleptik.

A szeparátorban kiülepednek a melasz oldhatatlan szennyeződései és a sterilizálás során elpusztult mikroorganizmusok. Ha azonban a már felhígított melasz nem teljesen áttetsző, tiszta oldat, tovább kell tisztítani. Ez szűréssel vagy újabb centrifugálással történik. A szűréshez ún. segédanyagokat alkalmaznak, mint pl. az igen nagy fajlagos felületű kovaföld, mely megkötö a finoman eloszlott, lebegő szennyezett részecskéket, „deríti” az oldatot.

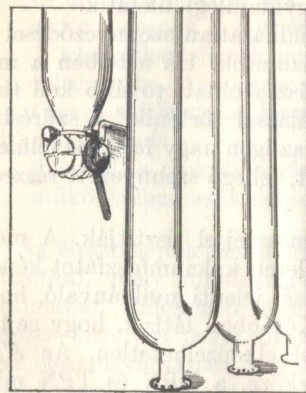
A cukorgyártás során a nyers cukrot mésztejjel tisztítják. A méz és a foszforsavval és sóival oldhatatlan vegyületet, kalciumfoszfátot képez. Minthogy a melasz a gyártás befejező fázisát jelenti, nyilvánvaló, hogy foszforvegyületeket már nem tartalmaz. Korábban láttuk, hogy sejtek és szövetek anyagcsereje foszfátok nélkül elképzelhetetlen. Az ATP mint az energiatermelés és raktározás eszköze, a DPN és TPN mint az oxidációs lépések koenzimjei, a nukleinsavak és cukorfoszfátok egyértelműen igazolják a foszfátok központi szerepét az élet jelenségei-

ben. Éppen ezért az élesztő elszaporításához megfelelő, vízben oldható foszfátforrásról kell gondoskodnunk. Szuperfoszfát adagolásával biztosítjuk a gyártás során a szükséges mennyiséget.

Bár a melasz nitrogéntartalmú anyagokat is tartalmaz, ezek mennyisége korántsem elegendő a sejtek szaporításához. Megfelelő tisztaságú ammóniumsulfát adagolásával gondoskodunk a szükséges nitrogén szint biztosításáról. A tápoldat savasságának beállítására kénsavat alkalmazunk, ha pedig az oldat túlságosan savanyú, hígított ammónium-hidroxid (szalmiak) segítségével állítjuk be a szükséges és kedvező savfokot (p_H értéket).

Az élesztő elszaporítása nem egy lépésben, hanem a térfogat növelésével, fokozatosan történik. Első lépésként steril laboratóriumi körülmények között ún. óriáskultúrát tenyésztünk ki. Ezt egyetlen élesztősejt szilárd táptalajra való leoltásával valósítják meg. Ebből az óriáskultúrából nyerik az első tenyészetet, melyet már folyékony táptalajra oltanak. A táptalaj steril melaszoldat. A laboratóriumi tenyészetet mind nagyobb térfogatú táptalajra oltják. A tenyésztés $30\text{ }^\circ\text{C}$ -on folyik 2–3 napon keresztül. Az átoltásoknál igen nagy gondot fordítanak külső fertőzések kizárására. Ha ugyanis a tenyészetbe idegen csírák jutnak, a kedvező életfeltételek mellett gyorsan és könnyen elszaporodnak, elfertőzik a tenyészetet, és ezáltal nemcsak az élesztő minőségét, de a gyártás hozamát is lerontják. Az idegen csírák kizárására a steril munka minden feltételét betartják, nemcsak az edényeket és eszközöket sterilizálják (pl. gőzöléssel, 48. ábra), hanem magát a helyiséget is, ahol az átoltást végzik.

A tenyészet a laboratóriumtól az ún. színtenyésztőbe kerül. Az üzemnek ez a része a laboratóriumhoz hasonlóan steril. Általában két – egy 2–4 hl-es és egy nagyobb 8–10 hl-es – tenyésztőkáddal. Ezekben történik a színtenyészet első üzemi elszaporítása. A kádakba gőzöléssel sterilizált tápoldatot szívatnak, melybe – a megfelelő savfok beállítását követően – beoltják a laboratóriumi tenyészetet. 20–24 órás szaporítás után a kisebb kád egész tartalmát a nagyobbik szaporítókádba szívatják, melybe előzőleg már bemérték az ugyancsak sterilizált melaszoldatot. (Előbbi mennyisége függ az első tenyészet térfogatától.) A szaporításnak ebben a fázisában a tenyészetet csak kis mértékben levegőztetik. Erősebb levegőztetés ugyanis legyengíti a tenyészetet.



48. ábra. Nagyüzemi gőzölő (Prescott és Dunn nyomán)

A színtenyésztőből a tenyészet ezután az ún. előerjesztőbe kerül. Az átszívatott tenyészetet 10 órán át szaporítják, ugyancsak mérsékelt levegőztetés mellett. A táptalaj természetesen itt is gőzöléssel sterilizált melaszoldat, megfelelő savfokra beállítva, és a szükséges nitrogén- és foszfátforrást jelentő sókkal dúsítva. Ezt követően gondos laboratóriumi ellenőrzés után kerül a tenyészet a nagy térfogatú fermentorba.

Az ún. III-as anyaélesztő tenyésztése már hozzáfolyatásos eljárással történik. Ez azt jelenti, hogy a szaporítás kezdetén a tenyészetet a szükséges tápoldatnak csak egy részébe keverik. A tápoldat cukortartalma (mint a szaporodás energiaforrása) 2–3 óra alatt kimerül. Ebben az időpontban szívatnak a fermentorba friss melaszoldatot. Innen ered az eljárás elnevezése is. Végeredményben a szaporítás mintegy 9 órán keresztül tart. Ütemét sok tényező határozza meg, mint pl. a savfok, a hőmérséklet és természetesen a táptalaj hozzáfolyatásának mértéke. Ebben a stádiumban a tenyészetet már meghatározott ütemben, igen intenzíven levegőztetik. Megfelelő levegőztetés hiányában jelentősebb mértékű erjedéssel járó folyamatok is végbemennek, ami természetesen alkohol képződésével jár. A túlzott fermentáció a szaporodást visszaszorítja. A levegőztetés döntő célja a fermentáció csökkentése, és azoknak az oxidációs folyamatoknak elősegítése, fokozása, melyek kedvezők a sejtszaporodás szempontjából.

Az előzőekhez hasonló módon történik a IV. anyaélesztő kinyerése is. Ezzel az eljárással átlag 80 kg élesztőt nyernek ki 1 mázsa melaszból.

A leerjett élesztőcefréből a sejtek szeparátorok segítségével nyerhetők ki. Az első üledék azonban még sok vizet tartalmaz, a szárazanyag tartalom mindössze 12–15%. Ezért a híg élesztő-szuspenziót szűrőprésekre nyomatják, ahol mintegy 30% szárazanyag tartalom érhető el.

Mint már említettük, a szűrőkeretekről leszedett élesztő morzsalékony, nehezen kezelhető. A kiszemelést és a felhasználást segíti elő a „nyers” élesztő gyúrása. Az átgyúrt élesztőt azután formázzák, darabolják és csomagolják. Tárolása alacsony hőmérsékletet igényel, kiszemelés előtt $0\text{--}4\text{ }^\circ\text{C}$ -on tartják.

Élesztőt igen nagy mennyiségben használ fel a sütőipar és erjedésipar. Jelentős azonban a gyógyszer- és finomvegyszeripar élesztőigénye is. Részben erjesztéses úton, részben izolálással sok fontos hatóanyagot – vitaminokat, koenzimeket, enzimeket és más anyagokat – lehet élesztőből előállítani.

Az erjedéses szeszgyártás napjainkra jellemző szintetikus irányzata ellenére is jelentős iparág, mert olcsón termel. A nyersanyag ugyanis többnyire melléktermék vagy éppen hulladék. A gyártástechnológia „motorja” pedig az ugyancsak viszonylag olcsón előállítható élesztő. Ez a magyarázata annak, hogy különösen magas volt az erjedéses szeszipar termelése a háborús években, mikor az USA-ban pl. elérte az évi 3 milliárd litert.

Az erjedés útján gyártott szesz felhasználása rendkívül sokoldalú. Mindenekelőtt fontos ipari alapanyag. A szesz kiindulási anyag az észterezés, az etilezés folyamataiban, az etilhalogének előállításának alapanyaga, és többek között acetaldehid, ecetsav, kloroform, jodoform állítható elő belőle. Fontos nyersanyag még sok gyógyszer előállításánál, mint pl. az antipirin és szulfonát.

Mint oldószer nem kevésbé fontos és elterjedt. Jelentős szerepet tölt be gyanták, lakkok, tisztítószer, esszenciák, illóolajok, viaszok, festékek és műanyagok oldásában. Igen fontos szerepet tölt be szervesvegyipari kristályosítási folyamatoknál, ahol a tapasztalat szerint a víz után a leggyakrabban használt oldószer.

A gyógyászatban jelentős szerepet tölt be, mint fertőzésgátló anyag. Megfelelő keverékben jól alkalmazható robbanómotorok üzemenyagaként és mint fagyásgátló.

Természetesen az erjedéses szesz jelentős szerepet tölt be a szesztartalmú italok területén is. Ezek az italok rendkívül elterjedtek.

A szeszgyártás költsége változó. Függsz a nyersanyagtól, az energiaigénytől, az általános gazdasági körülményektől és természetesen elsősorban a nyersanyagtól függő hozamtól. Utóbbira vonatkozó összehasonlító adatokat találunk a VIII. táblázatban.

Hogy adott szeszgyár milyen alapanyagot használjon fel, nem a hozam, hanem a gyár földrajzi helyzete határozza meg. A gyártás csak olcsó nyersanyagból gazdaságos. Cukorgyár közelében gazdaságos pl. melaszból, növényolajgyár közelében napraforgóhéjból erjedéses szesz gyártani. A nyersanyagot általában a mezőgazdaság szolgáltatja. Ebből a szempontból pedig jelentős, hogy hulladék anyagot is alkalmazni lehet, természetesen a hozam bizonyos fokú csökkenése mellett. Mindezek figyelembevételével érthető, hogy egyes országok szeszipara más és más nyersanyagbázisra épül. Németországban és részben hazánkban az erjedéses szeszgyártás alapja a burgonya. Franciaországban cukorrépát, Svédországban fa- és papíripari hulladékot, Olaszországban cukorrépa mellett főképpen gyümölcsnedveket használnak fel. Hazai szeszgyáraink burgonya mellett elsősorban kukoricából készítenek erjedéses alkoholt.

Tiszta szesz átlagos hozama különböző nyersanyagok esetén

Nyersanyag (1 t)	Hozam (liter)
gabona	382
kukorica	378
rizs	357
árpa	357
melasz	300
zab	286
szalma	130
burgonya	105
cukorrépa	100
napraforgóhéj	95
kukoricacsutka	75
cukornád	69

Az erjedéses szeszgyártás nyersanyagai

Az erjedéses szeszgyártáshoz három típusú nyersanyagot lehet felhasználni:

1. cukortartalmú,
2. keményítőtartalmú,
3. cellulóztartalmú anyagokat.

Az alkoholos erjedés mechanizmusából következik, hogy az élesztősejtek cukrot bontanak le az alkoholos erjedés során. A cellulózt megfelelő módszerek felhasználásával erjeszhető vegyületekké kell átalakítani és a keményítőt is célszerű lebontani glukóz-egységekre. Közvetlenül tehát csak azok a nyersanyagok erjeszhetőek, melyek nem poliszaharidokat, hanem egyszerű cukrot tartalmaznak. Ilyenek a gyümölcsnedvek, a melasz, a cukorrépa és a cukornád.

Keményítőtartalmú nyersanyagok a gabonamagvak, rizs, burgonya. Ezek között a burgonya a legfontosabb nyersanyag, felhasználása kis teljesítményű szeszgyárakban történik. Keményítőtartalma mintegy 18%, a szeszhozamot ennek alapján kell számítani. A keményítőtartalom rendkívül változó, felhasználás előtt feltétlenül meg kell határozni.

Cellulóztartalmú nyersanyagok a papírgyártás és a faipar hulladékanyagai, ill. melléktermékei.

A poliszaharid-nyersanyagok (keményítő, cellulóz) előkészítését, vagyis lebontását elcukrosításnak nevezzük. A sokféle módszert két csoportra osztjuk:

1. enzimátikus elcukrosítás,
2. kémiai lebontás.

A keményítőtartalmú nyersanyagok elcukrosítását fontos lépés előzi meg: a keményítő kivonását, kioldását elősegítő gőzölés. A gőzölés fel lazítja a sejteket, megkönnyíti a keményítő elcsirizesedését, a forró vízben a keményítő sűrű oldatot képez, mely végül is lehűléskor megdermed. Ebben az állapotban a keményítő már jól alkalmazható a legkülönbözőbb elcukrosítási módszerekhez. Ezáltal nagyobb szeszhozam érhető el.

A keményítőtartalmú nyersanyagok gőzölésére sokféle technológiai megoldás terjedt el. Mindenekelőtt különbséget kell tennünk a szakaszos és folytonos technológiák között. E technológiák elnevezése utal már jellegükre, és nyilvánvaló, hogy a folytonos technológia a gazdaságosabb. Természetesen a folytonos technológia alkalmazásához megfelelően korszerű berendezésre van szükség. A gőzölés technológiai között különbség van az alkalmazott hőmérséklet tekintetében is. A feltárás történhet a víz forráspontján vagy esetleg még alacsonyabb hőmérsékleten. Ez esetben túlnyomásra természetesen szükség nincsen. Célszerűbb azonban rövid ideig tartó, magasabb hőmérsékleten gőzölni, mikor természetesen nyomás alkalmazására van szükség.

A szakaszos, nyomás alatti gőzölés munkamenete általában a következő:

A feltáráshoz szánt nyersanyagot 40–50 C°-os vízzel — hatalmas méretű, henger alakú zárt berendezésben — elkeverik. A keveréket gyengén megsavazzák, majd a hőmérsékletet (nyomás alatt) 160–180 C°-ra emelik. A melegítés átlag 35–45 percig tart. Maximális hőfokon az anyagot csak 5–10 percig tartják, majd hűlni hagyják. A hűtést szívatással gyorsítják. Ennek a módszernek hátránya a hosszadalmas előkészítés és kiürítés. Nem oldható meg egyszerűen az anyag egyenletes keverése sem. Mindezeket kiküszöböli a folyamatos, nyomás alatti gőzölés, melynek segítségével, a technológia jellegéből következően, rövid átfutási idő alatt egyenletesebb minőségű nyersanyag állítható elő. A függőleges csövekben gőzölt anyag, ahová az ún. gőzinjektor juttatja, a magas hőmérsékleten legfeljebb 1/2–1 percig tartózkodik. Az anyag állandó mozgatása folytán a feltárás egyenletes, ami az ezt követő elcukrosítás szempontjából igen kedvező.

ELCUKROSÍTÁS

Az elcukrosítás keményítőtartalmú anyagok esetében csaknem kizárólag enzimek felhasználásával történik. Már korábban láttuk, hogy sokféle keményítőt bontó enzim található a természetben. Ezek között legjelentősebb az alfa- és a béta-amiláz. E két enzimmel és sajátos forrásukkal, a malátával, a sörgyártással kapcsolatban fogunk részletesebben foglalkozni. Az iparban azonban malátán kívül nagyon sokféle amilázkészítményt használnak fel. Ezek között különösen jelentősek a penészgombák által termelt enzimek. Igen nagy számú, gyakorlati szempontból jól felhasználható penésztörzset tartanak nyilván. 30-nál is több a kereskedelmi forgalomban levő törzsek, ill. enzimekészítmények száma. Hatékonyságukat az elcukrosítás körülményei, ill. a szeszhozam összefüggése alapján ítéljük meg. Néhány összehasonlító adatról nyújt tájékoztatást a IX. táblázat.

IX. táblázat
Penészgombák elcukrosító hatása és alkoholhozama

Penészgomba elnevezése	Elcukrosítás		Felhasznált penészmenyiség a gabona %-ában	Szeszhozam az elméleti hozam %-ában
	Hőfok C°	Időtartam óra		
Aspergillus oryzae	30	1	4	88,6
	30	1	8	91,3
	55	2	4	86,1
	55	2	8	89,5
Rhizopus oryzae	30	1	6	92,0
	55	3	6	93,0
	55	3	8	94,0

Az Aspergillus törzsek enzime ipari szempontból nagyon jelentős. A IX táblázat adataiból is kitűnik, hogy amiláz-aktivitásuk igen magas, márpedig az erjedés szeszgyártás hozama a nyersanyag cukortartalmától függ; keményítőtartalmú nyersanyagok esetében pedig ez az elcukrosítás mértékétől elválaszthatatlan. Az adatokból láthatjuk, hogy az adott törzsek segítségével már 1 óras elcukrosítás gyakorlatilag 100 %-os kitermelést biztosít. Elcukrosításra alkalmas amilázkészítményeket azonban nemcsak penészgombákból készítenek. Nagyon sok baktériumból is sikerült magas aktivitású amiláz-preparátumokat kinyerni. Ezeknek az enzimeknek nagy része a dextringépző típushoz tartozik. A nemzetközi kereskedelemben 20-nál is több ipari célra felhasználható készítmény van forgalomban.

Az elcukrosítás kémiai módszerrel is megvalósítható. Ezek között leg-

fontosabb a *savas hidrolízis*. Ezt a módszert elsősorban a cellulóztartalmú nyersanyagok elcukrosításánál alkalmazzák.

A cellulóztartalmú nyersanyagok szeszipari felhasználása a háborús évek nehéz gazdasági körülményei között vált szükségessé. Ezekben az években minden élelmezésre alkalmas termék túlságosan értékes volt ahhoz, hogy belőle szeszt készítsenek, viszont ennek ellenére igen nagy mennyiségben volt szükség szeszre, ipari alapanyagként és egyéb célokra egyaránt. A nyersanyaghiány és a jelentős szesz-szükséglet vezetett egy sor cellulóztartalmú nyersanyagokra épülő eljárás kidolgozásához. Ma már csak fában igen gazdag országokban alkalmazzák ezeket az eljárásokat.

A tű- és lomblevelű fák hulladékának összetételét látjuk a X. táblázatban. A táblázat adataiból kitűnik, hogy cellulóz- és pentozántartalomban egyaránt jelentős különbség van a két fafajta között.

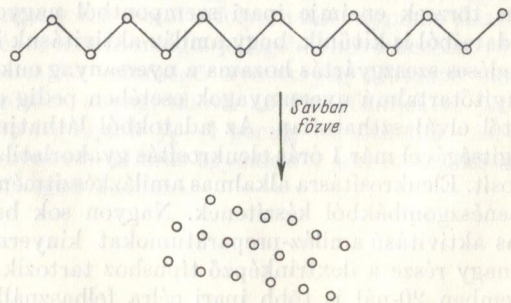
Fahulladékok összetétele

X. táblázat

	Tűlevelű %	Lomblevelű %
cellulóz	56	47
pentozán	11	25
lignin	27	20
hamu	0,8	0,8

Az elcukrosítás folyamatánál a cellulóz és a pentozán bomlik le erjeszhető cukorrá. A pentozánt hemicellulóznak is nevezik. A fát alkotó poliszaharidok nagy csoportját alkotják. Hidroliziskor nemcsak szőlőcukrot, más szénhidrátokat is szolgáltatnak. A hemicellulózok között legelterjedtebb a *xilán*. Ezt a vegyületet faguminak is nevezik.

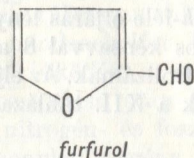
A cellulóz a növények legfőbb vázanyaga. Hidroliziskor glükózmolekulákra esik szét (49. ábra).



49. ábra. Savval főzve a cellulóz glükózmolekulákra hasad

A szeszhozam (az előzőkhöz hasonlóan) közvetlenül a nyersanyag összetételétől függ. Átlagban 1 t száraz fára számítva 200–300 liter tiszta szesz állítható elő. Technológiai szempontból nagy múltra tekint vissza, ipari méretekben azonban csak a századforduló első éveiben alkalmazták. Mai értelemben is korszerű nagyüzemi gyártásra alkalmas technológia azonban csak a 30-as évek során született.

A cellulóztartalmú mezőgazdasági hulladékok savas hidrolízisekor és az ezt követő erjesztéskor nemcsak szeszt, hanem egyéb szerves vegyületeket is gyártanak. Így többek között igen jelentős mennyiségben képződik *furfurol*, a poliamid műanyagok (nylon) fontos alapanyaga:

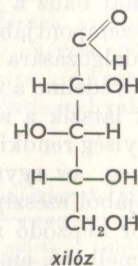


Néhány mezőgazdasági hulladékból nyert termék mennyiségét tünteti fel a XI. táblázat.

Savas hidrolízissel a szeszhozam lényeges mértékben növelhető, a közvetlen erjesztéshez viszonyítva (v. ö. VIII. táblázattal).

A *xilóz* vagy más néven facukor édes ízű, 5 szénatomból álló szénhidrát. A xilán savas lebontása útján jön létre. Utóbbi vegyület nagy mennyiségben fordul elő kukoricacsutkában és egyéb növényi nyersanyagban. A cellulózhoz hasonló szerepet tölt be vázanyagként.

Kisebb jelentősége van a gyógyászatban, miután cukorbetegség által is fogyasztható szénhidrát.



A *lignin* szerves oldószerekben és savakban egyaránt oldhatatlan vegyület. Nem egységes anyag. A műanyagiparban, a gumigyártásnál töltő- és kötőanyagként használják fel. Több egyszerű szerves vegyület alapanyaga.

Mezőgazdasági hulladékok savas hidrolízisével nyert anyagok

Nyersanyag	1 tonna nyersanyagból nyerhető			
	xilóz kg	furfurol kg	tiszta szesz liter	lignin kg
kukoricacsutka	61	96	198	105
lenszalma	50	79	205	236
gyapotmaghéj	45	72	190	150

A fa cellulózállományának hidrolízisére nagyon sok technológiát dolgoztak ki. A Scholler—Tornesch-féle eljárás lényege a következők:

Fűrészport híg, 0,2—0,4%-os kénsavval 8 atmoszféra nyomás alatt 170 C°-körüli hőmérsékleten hidrolizálnak. Az eljárással kinyerhető anyagok átlagos mennyiségét látjuk a XII. táblázatban.

A Scholler—Tornesch-féle eljárással kinyerhető anyagok mennyisége

Termék	1 tonna nyersanyagból kinyerhető
fermentálható cukor	352 kg
nem fermentálható cukor	81 kg
lignin	300 kg
alkohol	222 liter

A cellulóztartalmú alapanyagok között fontos helyet foglal el a szulfitlúg. A papírgyártás hulladéka, bár helyesebb lenne melléktermékeknek nevezni, hiszen igen sok értékes és fontos anyagot sikerült belőle előállítani. Egy tonna cellulóz előállításánál kb. 6 m³ szulfitlúg képződik. Ez az óriási mennyiség komoly problémát okoz a papírgyárak mentén fekvő természetes vizek elszennyezése szempontjából. A nemzetközi szabadalmak nagy része olyan eljárások kidolgozására irányul, melyek célja éppen a természetes vizek tisztaságának védelme a mérgező szulfitlúggal szemben. Közvetve legegyszerűbbnek látszik a szulfitlúg bepárlása. Tekintettel azonban arra, hogy a mennyiség rendkívül nagy és a bepárlás csak saválló berendezésben oldható meg, ez egyáltalában nem gazdaságos eljárás. Gazdaságosság szempontjából szeszipari felhasználása kedvező. Az 1 tonna cellulóz előállításakor képződő mintegy 6 m³ szulfitlúgból ugyanis átlag 80 liter alkohol termelhető, ami ugyan nem túl magas hozam, de tekintetbe véve a nyersanyag-hulladék jellegét, nem a legrosszabb megoldás. Az eljárás egyébként a következő lépésekből áll:

- a) a szulfitlúgot semlegesítik,
- b) felfűtik 30 C°-ra és nitrogén-, valamint foszfát-tartalmú sók hozzáadásával feldúsítják,

- c) megfelelő élesztő beoltásával fermentálják,
- d) a kiejert cefrét ülepitik, majd derítik, és végül
- e) a nyers szeszt kinyerik.

Hasonló megfontolással, de más élesztőtörzs felhasználásával, valamint más fermentálási körülmények biztosításával (élénk levegőztetés) takarmányélesztő gyártására is felhasználható. Ez az élesztőfajta fehérjében igen dús, vitaminban gazdag tápanyag, így az állattenyésztésben jelentős szerepet tölt be. Gazdaságos, mert 1 m³ szulfitlúgból (mint táptalajból) 6 kg préselt takarmányélesztőt lehet előállítani.

Az alkohol előállítására szolgáló cukortartalmú nyersanyagok között legjelentősebb a melasz és a tejsavó. A melasz cukortartalma, mint már az élesztőgyártásnál is láttuk, túl magas ahhoz, hogy közvetlenül felhasználják erjesztésre. Ezért mindenekelőtt hígítani kell. Ezt követően állítják be az élesztősejtek működése szempontjából legkedvezőbb savfokot, majd az élesztő hozzáadása után jól elkeverik. Természetesen biztosítani kell megfelelő nitrogén- és foszforforrást is, hiszen láttuk, hogy ebben a melasz viszonylag szegény, sőt foszfátokat egyáltalán nem tartalmaz. Utóbbiak mennyisége az erjedés „menetrendjét” meghatározó tényezők között talán első helyen szerepel.

Ha közelebbről megvizsgáljuk a XIII. táblázat adatait, látjuk, hogy csak melasz jelenlétében a sejtszám 9 óra után jelentősen megemelkedik, ammóniumszulfát hozzáadása után is gyakorlatilag ugyanez a helyzet, viszont ammóniumfoszfát (vagyis együttes nitrogén- és foszforforrás) alkalmazásakor a sejtszám gyakorlatilag változatlan marad, ami a maximális fermentáció lezajlását igazolja. Ez egyébként megmutatkozik abban is, hogy ilyen körülmények között marad erjedés után a legkevesebb cukor a tápoldatban.

Az erjedést természetesen jelentékeny mértékben befolyásolja a hőmérséklet, a savfok, és talán első helyen kell említeni a kiválasztott élesztőfajtát. Ezeknek a tényezőknek változtatásával lehet alkalmazkodni a nyersanyagban mutatkozó eltérésekhez.

Az erjesztéshez oxigénmentes környezetet kell biztosítani, amit nagyrészt az erjedéskor fejlődő széndioxid valósít meg. Ezt egyébként a nagy-

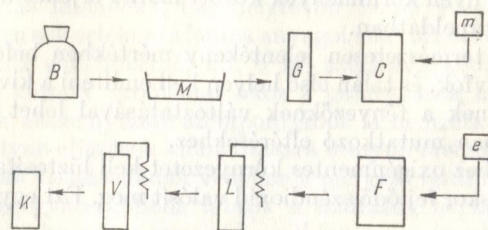
Nitrogén- és foszfátforrás hatása az erjedésre

Tápoldat	Kezdeti cukortartalom %	Cukortartalom a 9. órában %	Kezdeti sejtszám millió/ml	Sejtszám a 9. órában millió/ml
csak melasz	12	1,31	390	515
melasz + ammóniumszulfát	13,45	1,5	315	508
melasz + ammóniumfoszfát	10,15	0,8	350	375

üzemi technológiát követő szeszgyárak szárazjég előállítására hasznosítják. A hőmérsékletet illetően a viszonyok 30 C° körül a legkedvezőbbek; ennél magasabb hőmérséklet nem csak az élesztősejtek enzimjeire káros, hanem párolgás is bekövetkezik, ami alkoholvesztést okoz. Ezért — minthogy az erjedés hőfejlődéssel jár — gondoskodni kell a fermentor hűtéséről.

A tejsavó erjesztéséhez más élesztőtörzset kell felhasználni, hiszen ebben az esetben az alkoholos fermentáció alapanyaga a laktóz (tejcukor). Ezt a szénhidrátot nem minden élesztősejt képes megfelelő sebességgel és szeszhozammal erjesztetni. Erjesztés előtt a savót felforrallják és ülepítik. Forraláskor a tejfehérjék koagulálnak. Lehűlés után szeparátorokban különíthető el a már fehérjementes cukortartalmú savó a fehérjétől.

Burgonya alapanyagú szeszgyártás vázlatát látjuk az 50. ábrán. Az erjedéses szeszgyártásnak ez a módja honosodott meg hazánkban is. Általában kis szeszgyárak, melyek kereskedelmi élesztőt használnak fel az erjesztéshez. Mint az ábra vázlatából is látjuk, a folyamat első fázisa tulajdonképpen előkészítő jellegű: a burgonya mosásából, gőzöléséből és elcukrosításából áll. Az így előkészített anyag kerül a fermentorba, ahol az élesztők hatására megindul az erjedés. Innen kerül a finomítórendszerbe, ahol három szakaszban történik az alkohol elkülönítése. Ebből az ábrából is látjuk, hogy a szeszgyártás lényegében három önálló szakaszból áll. Az első szakasz a keményítő lebontása, a második szakasz maga a fermentálás, és végül a harmadik szakasz teljesen önálló folyamat: a lepárlás művelete.



50. ábra. Burgonyaszesz gyártásának vázlatja
B — nyersanyag, M — mosó, G — gőzölő,
C — cukrosító, m — maláta tartály, F — fermentor,
e — élesztő tenyésztés, L, V — lepárló,
K — készárutartály

A nyers szesz finomítása

Már az előzőkből is kitűnik, hogy a nyers szesz finomítása ismételt lepárlásból áll. A nyers szesz igen sokféle anyagot tartalmaz kisebb-nagyobb mennyiségben. Az előforduló jelentősebb vegyületeket a XIV. táblázatban találjuk.

XIV. táblázat

A nyers szeszben előforduló vegyületek

Vegyület	Forráspont C°
etilamin	18,7
acetaldehid	20,8
etiléter	34,9
propilaldehid	48,8
akrolein	52,4
hangyasavas etilészter	54,4
ecetsavas metilészter	57,0
izobutilaldehid	63,0
metilalkohol	64,9
etilacetát	74,3
etilalkohol	78,3
terciér butilalkohol	82,5
izopropilalkohol	83,0
ecetsavas izopropilészter	91,3
izovalerdehid	92,5
ecetsavas t-butilészter	96,0
allilalkohol	96,6
propilalkohol	97,0
ecetsavas allilészter	97,0
szekundér butilalkohol	99,0
víz	100,0
ecetsavas propilészter	101,0
hangyasav	101,0
izobutilalkohol	108,0
izovajsavas etilészter	121,0
ecetsavas butilészter	125,0
amilalkohol	128,0
izoamilalkohol	131,0
izovaleriánsavas etilészter	134,0
ecetsavas izoamilészter	138,0
ecetsavas amilészter	144,0
furfurol	162,0
vajsav	163,0
vajsavas izoamilészter	176,0
izovaleriánsavas izoamilészter	196,0

A lepárlás történhet szakaszos vagy folyamatos technológiával.

A szakaszos lepárló (51. ábra) fűthető üstből, finomítóoszlopból és ehhez csatlakozó deflegmátorból, hűtőből és felfogóedényből áll. Az üstből a gőzök a deflegmátorba kerülnek, ahol egy részük — a maga-

