

ÉLELMISZERIPARI TECHNOLÓGIA

Agrárszakoktatási Intézet
Budapest, 1999

Készült a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium Műszaki,
Fejlesztési, Kutatási és Oktatási Főosztályának megbízásából
az Agrárszakoktatási Intézet irányításával.

Szerzők:
Dr. Varga János
Dr. Örsi Ferenc

Lektorok:
Dr. Lásztity Radomir
Osgyán István

© Dr. Varga János – Dr. Örsi Ferenc, 1999

ISBN 963 9185 09 4

Éa-814

Az 5/1998. (II.18.) MKM rendelet alapján a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium a Középfokú Tankönyv Bíráló Bizottság (32/1998.) számú javaslatára tankönyvként való használatát az 50189/1998. számon engedélyezte.

A technológia és a technológiai műveletek fogalma

A **technológia fogalmán** egy adott termék megkívánt minőségben történő előállításához szükséges valamennyi ismeret összességét és az ehhez szükséges berendezések összességét értjük. Azaz magába foglalja:

- a technológiába épülő **műveletek**,
- a műveletekből felépülő gyártási **folyamatok**,
- a folyamatokból kialakított technológiai vonalak szervezésének és irányításának,
- az élelmiszerbiztonság és a vállalati minőségbiztosítási rendszer működési alapelveinek,
- a **termék minőségtanúsítási** rendszere működtetési feltételeinek ismeretét.
- végül a technikai berendezések, gépek és ezek működése automatizálási feltételeinek ismeretét.

A **művelet** összefüggő, azonos jellegű cselekmények tervszerű sorozata, illetve ennek egy mozzanata.

A műveletek azon következetes, kapcsolódó sorozatát, amely egy termékfeldolgozási technológia jól elkülöníthető fázisa **gyártási folyamatnak** nevezzük.

Adott gyártástechnológia megismerésének, a gyártmány és gyártásfejlesztésnek alapvető előfeltétele a műveletek átfogó ismerete. A műveletek tanulmányozása, alternatív műveletek alkalmazási lehetőségének kiválasztása elengedhetetlen követelmény, pl. a technológiai korszerűsítés, új élelmiszeripari termékek előállításához szükséges technológiai vonalak kialakítása, a rugalmas (a jövőbeni „technológiai magok” befogadására alkalmas) technológiai vonalak tervezése szempontjából.

Az élelmiszeripari műveletek csoportosítása

Az élelmiszeripari műveleteket **általános és speciális műveletekre** oszthatjuk fel. A teljesség igénye nélkül mindkét csoportból mutatunk be műveleteket a lényegi megkülönböztetés céljából.

Általános élelmiszeripari műveletek

Szállítás

Általában minden technológia nélkülözhetetlen művelete. Az élelmiszeriparra jellemző, hogy mindhárom halmazállapotú anyag szállítása előfordul. Speciálisabb feladat lehet az élelmiszeriparban a nagyviszkozitású, plasztikus anyagok (kakaó- és csokoládémassza, krémekek, szirupok, stb.) szállítása csővezetékben, speciális szivattyúkkal (csavar, fogaskerék, stb.).

Mérés

Adott termékeket előállító üzemben az alapanyagok és késztermékek vonatkozásában az elszámolás alapja mindkét esetben a mért mennyiségük. Élelmiszeripari üzemek-

ben kiemelt fontosságú művelet, hiszen a késztermékek értékében a nyersanyag értéke elsődlegesen meghatározó. Anyagnormák, anyagmérlegek összeállításában a mérési művelet nélkülözhetetlen. Az élelmiszeriparok gyakorlatában mind a tömeg-, mind a térfogatmérés előfordul.

Raktározás

Mind az alapanyagok, mind a késztermékek esetében a raktározás elengedhetetlen és általános művelet. Az élelmiszer nyersanyagok és késztermékek raktározásakor sok esetben speciális igényeket támasztunk (hőmérséklet, páratartalom, légtér-összetétel, stb.).

Elválasztás

Szintén általánosan előforduló művelet. Szilárd-szilárd halmazállapotú anyagok különválasztása előfordul bányászatban (értékes és meddő anyag különválasztása) és élelmiszeriparban (malomiparban korpa elkülönítése, eltérő szemcseméretű lisztek elválasztása) egyaránt. Folyadék-folyadék elválasztása (pl. ásványolajiparban és húsiparban) víz és szerves fázis (olaj, zsír) különválasztása egyaránt szükséges lehet. Szilárd-folyékony fázis elkülönítése (cukoripar, keményítőipar, de víztisztítás, vagy a vegyiparban kristályos anyagok leválasztása az anyalúgból, stb.) igen gyakori művelet sok iparágban. Gáz-szilárd elválasztás (levegőből porok leválasztása, vagy porlasztva szárított élelmiszerek szeparálása a szárítóközegből) sokszor előfordul.

Csomagolás

A termékek forgalombahozatalának általános feltétele. A termék védelmét szolgálja. A fogyasztó érdeklődésének felkeltése és tájékoztatása révén a termék piaci forgalmazását segíti.

Speciális élelmiszeripari műveletek

A nyersanyagok sokrétősége, az élő, biológiai anyagokban zajló biokatalizált folyamatok (a környezeti tényezők függvényében) miatt, a termékek végső érzékszervi tulajdonságainak kialakítása érdekében speciális és sokféle élelmiszeripari műveletre van szükség. Ezek közül néhány műveletcsoportot mutatunk be ismét a teljesség igénye nélkül.

Élelmiszerek összetételét biztosító műveletek.

Víztartalom eltávolítása (szárítás, besűrités, bepárlás, stb.),

zsírtartalom eltávolítása (centrifugálásos fölözés, préselés, extrakció),

diffúziós (cukorrépából a szacharóz kivonása),

desztillációs (égetett szeszesitalok, ipari szeszgyártás) műveletek emelhetők ki.

A *keverés* (csokoládémassza előállítás), *oldás* (cukorkagyártás műveletei), a *nem kívánatos komponensek eltávolítása* élelmiszer nyersanyagokból (mechanikai, kémiai héjeltávolítás).

Az élelmiszerek jellegzetes *végső összetételét biztosító fermentációs műveletek* (tejtermékek, alkoholtartalmú italok, biológiailag tartósított zöldségfélék) sorolhatók még ide.

Élelmiszerek szerkezetét, kolloidikai, reológiai tulajdonságait kialakító műveletek

Gélszerkezetű élelmiszerek (zselécukorkák, aszpikos termékek), emulziós szerkezetű folyékony, *plasztikus* élelmiszeripari termékek (homogénezett tej, vaj, margarin) *jellegzetes bélzet* kialakítású termékek (sütőipari termékek kelesztése) a legjellemzőbb.

Élelmiszerek élvezeti értékét kialakító műveletek

A *pörkölés, sütés* művelete olajmagvak, kávé, sütőipari késztermékek előállításán fordul elő.

Élelmiszerek tartósságát, higiénés és egészségügyi követelményeit biztosító műveletek

A fizikai, kémiai és mikrobiológiai elváltozásokat megakadályozó műveletek (mosás, válogatás, hűtés, mikroorganizmusok eltávolítása, tevékenységük gátlása vagy elpusztításuk, nyersanyagok toxikus szennyeződéseinek hatástalanítása) a legfontosabbak.

Élelmiszerek jellegzetes megjelenési formáját biztosító műveletek.

Az élelmiszerek formázása, kikészítése (csokoládé, vagy krémbevonat), célszerű adagolása és csomagolása a legismertebb.

Az élelmiszeripari technológiákkal szemben támasztott követelmények

a következőkben foglalhatók össze:

- őrizze meg a termékben felhasznált nyersanyagok táplálkozásbiológiai értékét,
- őrizze meg a termékre jellemző érzékszervi és szerkezeti-, állagtulajdonságokat,
- maximálisan biztosítsa az élelmiszerre előírt élelmiszerbiztonsági követelményeket,
- garantálja a termék minőségének maximális megőrzését az eltarthatósági időn belül,
- a kereskedelmi és fogyasztói igényeket kielégítő megjelenési formát és csomagolást legyen képes biztosítani

Összefoglalás

Technológia fogalma alatt egy adott termék, a fogyasztó által elvárt minőségben történő előállításához szükséges valamennyi ismeret összességét értjük, beleértve a technikai berendezések ismeretét is. Adott technológiai vonalak elemzéséhez, gyártmány és technológiai fejlesztésekhez műveletelméleti ismeretek szükségesek. Az élelmiszeripari műveleteket általános és speciális műveletekre oszthatjuk fel.

A korszerű élelmiszeripari technológiákkal szemben támasztott követelmények közül kiemelhetjük a táplálkozásbiológiai érték, az érzékszervi sajátságok megőrzésének fontosságát, a higiénés, az élelmiszerbiztonsági követelmények kielégítését, a korsze-

rű csomagolás biztosítását és a minőség garantált megőrzését az eltarthatósági időn belül.

Ellenőrző kérdések:

1. Mit értünk a technológia fogalmán?
2. Melyek az általános élelmiszeripari műveletek?
3. Melyek a speciális élelmiszeripari műveletek?
4. Milyen követelmények támaszthatók a korszerű élelmiszeripari technológiákkal szemben?

Az élelmiszeripar főbb nyersanyagai

Az élelmiszeripar főbb nyersanyagai feloszthatók *növényi* (beleértve a mikroorganizmusokat is), *állati* és *ásványi eredetű* (ivóvíz, ásványvíz) nyersanyagokra.

Növény eredetű nyersanyagok

Gyümölcsfélék

Kémiai szempontból általános jellemzőjük, a nagy szénhidrát tartalom (7-20% között), jelentős a vízoldható (B1, B2 és C) vitaminok mennyisége és a szerves savtartalmuk (alma-, citrom- és borkősav). Érzékszervi szempontból a gyümölcsök színe, íze és aromája a meghatározó.

Táplálkozás-élettani szempontból jelentős a főleg a héjukban található rostanyag.

A következőkben néhány élelmiszeripari szempontból fontos gyümölcs-csoportról adunk rövid áttekintést:

- *almatermésűek*: almák (Jonathán, Starking, Golden Delicious, Idared, Jonagold, Mutsu), körtefélék (árpával érő, búzával érő pirosbélű, Vilmos körte, vajkörte, papkörte).
- *bogyógyümölcsök*: szamóca, málna, köszméte (egres), ribiszke, szőlő
- *csonthéjasok*: cseresznye, meggy, szilva, őszibarack, kajszibarack
- *száraztermésű (héjas) gyümölcsök*: dió, mandula, mogyoró (török), gesztenye. Erre a csoportra jellemző, hogy nagy a fehérje- (15-28%) és a zsír (50-70%) tartalmuk.
- *Déligyümölcsök* (narancs, citrom, mandarin, grapefruit, banán, datolya, füge, kivi, stb.).

Zöldségfélék

Közös jellemzőjük, hogy a makro tápanyagok közül a N-tartalmú (fehérje, peptid, szabad aminosavak) tápanyagok néhány képviselőjükben (hüvelyesek, káposztafélék, gombák) jelentősebb mennyiségben találhatók (2-6%, a friss anyag %-ában).

A szénhidrát tartalmuk kisebb, mint a gyümölcsöké, de vannak kimondottan szénhidrátban gazdag zöldségfélék (sárgarépa, sütőtök, burgonya, hüvelyesek, káposztafélék). Rosttartalmuk táplálkozás-élettani szempontból ugyancsak fontos. Vitaminok közül a B1 és B2 és C vitaminok mennyisége jelentős (káposztafélék, hüvelyesek, paprikák, burgonya).

Néhány élelmiszeripari és étkezési szempontból fontosabb képviselőjüket a következőkben soroljuk fel:

Zöldérett zöldségfélék:

- káposztafélék: fejeskáposzta, kelkáposzta, karfiol, kalarábé
- burgonyafélék közül: zöldpaprika, zöldparadicsom

- kabakosok: uborka
- hüvelyesek: zöldborsó, zöldbab

Érett zöldségfélék:

- levélzöldségek: fejjessaláta, paraj
- burgonya, paradicsom, piros paprika (fűszer)
- gyök gumósok: sárgarépa, zeller, retek, fehérrépa (gyökér), cékla
- kabakosok: dinnyefélék (sárga, cukor és görög)
- hagymafélék : vöröshagyma, fokhagyma

Gombafélék:

- termesztett (csiperke- és laskagomba)
- erdei és mezei gombák (őzláb gomba, galambgomba, róka gomba, tinoru-gomba)

Olajmagvak és olajtartalmú hüvelyesek:

Napraforgómag (45-48% olaj és 40% fehérjetartalom), repcemag (46-47% olaj-és 42% fehérje), egyéb olajmagvak (pl . földimogyoró, olivabogyó: 25% olaj, pálmamag, gabonacsíra, tökmag kb. 50% olajtartalommal), olajtartalmú hüvelyesek (szójabab 18% olajtartalommal).

Gabonafélék:

a keményítőben gazdag növényi szemterméseket soroljuk ebbe a csoportba. Szokás szorosabb értelemben vett kenyérgabonákat (búza, rozs) és tágabb értelemben vett gabonaféleségeket (árpa, zab, kukorica, köles) is megkülönböztetni. Jelentőségüket az adja, hogy a szemtermés beérett állapotban hosszú ideig, különösebb tárolási követelmények nélkül eltartható. Kémiai összetételük általános jellemzője, a már előzőekben említett nagy keményítő tartalom (58-70%). Ezenkívül 8-16% fehérje (nem teljes biológiai értékű), 2-5% lipid, 2-4,5% nyersrost és ez utóbbihoz kapcsolódó 2-3% ásványi anyag tartalom jellemzi a gabonaféléket. A tárolási nedvességtartalmuk 13-14%.

Egyéb növényi eredetű nyersanyagok

Cikória, kávé, kakaóbab, amelyekről részletesebben a feldolgozásukkal kapcsolatban találunk adatokat.

Állati eredetű nyersanyagok

Hús

Az állatok csontvázára tapadó, izomkötegekből álló a mozgást lehetővé tevő, szárazanyagukat tekintve zömmel fehérjékből felépülő képződmények. Tágabb értelemben az állatok izmait a beléjük zárt zsír-, kötő- és idegszövetekkel és az ehető belsőségeket is beleértjük (szív, tüdő, máj, vese) a hús fogalmába.

Összetételét tekintve a fehérjék (szarkoplazma-, miofibrilláris- és kötőszöveti fehérjék) 18-22% mennyiségben, a zsiradék 2-40% mennyiségben (állat korától, fajtájától és takarmányozási módjától függően), N-tartalmú nem fehérje anyagok (szabad aminosavak, purinvázis vegyületek, peptidek) 2-4 % mennyiségben és a szénhidrátok közül a glükóz és glükogén (poliszacharid) fordul elő nagyobb mennyiségben. Ezenkívül vitaminokat (B-csoport, A, C és D vitamin) tartalmaz és jelentősebb ásványi anyagtartalma van (Fe, Ca, Mg, K, Na, P). Nyomokban Mn, Zn, Co, Se és Cu található benne.

Tej

Az emlősállatok tőgymirigyeiben termelt biológiai folyadék. Ha jelzővel nem látjuk el, mindig tehéntejet értünk e fogalmon. A tej elefántcsont fehér, átlátszatlan, jellemző ízű és illatú folyadék. *Komplex kolloid rendszernek* tekinthető. A vizes fázis a benne oldott ásványi anyagokon kívül albumin és globulin fehérjéket is tartalmaz oldott formában, azaz valódi kolloid oldat. Ebben a kolloid oldatban emulgeált zsírgömböcskék és diszpergált kazein-fehérje micellák találhatók. A zsírgömböcskék mérete 0,1-22 µm között van.

Kémiai összetételét tekintve: 83-87% vizet, 3,5-4% tejszírt, 3,6-3,8% fehérjét és 4,5-4,9% tejcukrot tartalmaz. Technológiai szempontból valamennyi makró tápanyagnak jelentősége van. Biológiailag aktív anyagok közül a vitaminokat (A-, B-, C-, D-, és E-vitamin), szabad aminosavakat és szénhidrát-származékokat (N-acetil-glükóz- és -galaktózamin) érdemes megemlíteni. Fontosak még a védőfehérjék és meg kell említeni a tejben lévő enzimeket, amelyek közül néhánynak indikátor szerepe is van (pl. a tej foszfatáz- aktivitása és a tej hőkezelttsége közötti összefüggés). Az ásványi anyagok 0,8%-ban vannak jelen [K-, Ca-, Na-, Mg-sók (Cl⁻ és foszfát)].

Tojás

Élettanilag megnövekedett petesejt, amely tartalmazza mindazokat a táp-és védőanyagokat, amelyek egy új élőlény kifejlődéséhez szükségesek. Ha tojáról beszélünk, mindig a tyúktojást értjük alatta. A tojáshéj 11%-nyi, a fehérje 56%-nyi és a sárgája 33%-nyi része a teljes tömegnek. A héj zömmel CaCO₃-ot (95%) 1% Ca₃(PO₄)-ot és 4% szerves anyagot tartalmaz. A fehérje rész 86% nedvességet, 12% fehérjét és 1% lipidet, míg a sárgája 50% nedvességet, 16% fehérjét és 32% lipidet tartalmaz.

Az állati eredetű élelmiszeripari nyersanyagok fehérjéi általánosságban az un. teljesértékű fehérjék csoportjába sorolhatók és így táplálkozás-élettani szempontból az értékesebb fehérje forrásokat képviselik. Vitamin tartalmuk nem kiemelkedő. Ásványi anyagok szempontjából jelentős forrásként vehetők figyelembe.

Összefoglalás

Az élelmiszeripari nyersanyagok növényi (beleértve a mikroorganizmusokat is), állati és ásványi eredetűek (ivóvíz és ásványvíz) anyagok lehetnek. Gyártástechnológiai szempontból a növényi és állati eredetű nyersanyagok a legfontosabbak.

Ellenőrző kérdések:

1. Mit nevezünk gabonaféléknek?
2. Mi a jellemző a gabonafélék általános összetételére?
3. Miért fontosak táplálkozás-élettani szempontból a gyümölcsök?
4. Soroljon fel néhány gyümölcs-csoportot és jellemezze azokat!
5. Ismer-e nagy energiaértékű gyümölcsféléket?
6. Mi a zöldségfélék táplálkozás-élettani jelentősége?
7. Mely zöldségfélék jelentős fehérjeforrások is?
8. Jellemezze a húsokat összetételi szempontból!
9. Melyek a tej fontosabb összetevői
10. Mik a tojás főbb részei és milyen az összetételük?

Élelmiszer tartósítás, a tartósítóipar technológiája

Általánosságban tartósítás alatt azt a tudatos tevékenységet értjük, amelynek célja az élelmiszerek megóvása a nem kívánatos változásoktól, a romlástól, annak biztosítása, hogy az élelmiszerek meghatározott ideig megőrizzék minőségüket, fogyasztásra alkalmasak maradjanak.

Bár a tartósítás egyes formái háziipar szerűen már ősidők óta ismertek (pl.: napon szárítás, sózás, erjesztés stb.) az ipari jellegű tartósítás kialakulását a fémdobozba légmentesen lezárt élelmiszerek hőkezeléses sterilizálásával készült termékek előállítása jelentette. A köznapi életben ma is általában a konzerv alatt ilyen típusú terméket értünk, bár azóta a tartósítási módok és a tartósított terméktípusok száma egyaránt nagymértékben növekedett.

Tekintve, hogy az élelmiszerek és nyersanyagaik túlnyomó része romlandó, tartósítási műveletekre gyakorlatilag minden élelmiszeripari ágazatban szükség van. Annak elkerülésére, hogy ezeket iparáganként ismételni kelljen ezen iparági technológia keretében adunk áttekintést az élelmiszerromlásokról és a romlások megakadályozásának módszereiről. Utóbbiakat követve kerül sor a szokásosan (és ipari szervezetben elfoglalt besorolása szerint) a tartósító ipar (konzervipar) technológiájának ismertetésére.

Élelmiszerek káros változásai, romlása

Bevezető megfontolások

Az élelmiszerek bonyolult összetételű, biológiai eredetű nyersanyagok feldolgozásával vagy tartósításával készülnek. Ezek eredeti minőségének megtartása vagy a jó minőségű termék előállítása a lehetséges változások ismeretét és a védekezés módszereinek széles körű alkalmazását igényli.

Az élelmiszerek és nyersanyagok változása, romlása három irányú lehet:

- **fizikai,**
- **kémiai,**
- **mikrobiológiai.**

A különböző romlási folyamatok ritkán jelentkeznek egymástól elkülönítve, legtöbbször párhuzamosan folyhat többféle elváltozás is. Jelentőségét tekintve a mikrobiológiai romlás a legfontosabb, ezzel külön és részletesebben foglalkozunk.

Előzőekhez járulhat még az **állati és rovar kártevők tevékenysége**, amelyek gyakran okoznak veszteséget raktározás közben. Az egerek, patkányok, a rovarok és rovarlárvák nem csak elfogyasztják az élelmiszert, hanem szennyezik ürülékükkel, romlást vagy betegséget okozó mikroorganizmusokkal.

Az élelmiszerek fizikai elváltozásai

Az élelmiszerek fizikai elváltozásait a víztartalom-változása, a halmazállapot-változá-

sok és a kolloidrendszerek elváltozásai okozhatják.

A víztartalom változása

Az élelmiszerek fizikai elváltozásai közül a legfontosabb a víztartalom változása. Az élelmiszerek nedvességtartalma igen széles határok között változhat. (A kristálycukor víztartalma <0,1%, az uborka víztartalma >95%) Az élelmiszerek víztartalma átlagban meghaladja az 50%-ot. Tekintve, hogy az élelmiszerek tárolása, tartósítása szempontjából nemcsak az abszolút víztartalom, hanem annak kötődési formája is mérvadó, szükséges az élelmiszerekben levő víz kötési formáinak ismerete.

A kötődés módja szerint megkülönböztetünk:

- kémiaileg kötött vizet,
- fiziko-kémiaileg kötött vizet
- mechanikailag kötött vizet és
- szabad vizet.

A kémiaileg kötött vizet az jellemzi, hogy sztöchiometrikus arányokban kötődik. A kötődés igen erős és csak kémiai reakciókkal vagy magasabb hőmérsékleten való hevítéssel (izzítás) távolítható el (pl.: kristályvíz).

A fiziko-kémiaileg kötött víz kötődése nem sztöchiometrikus, a kötés nem szigorúan meghatározott arányokban történik. A fiziko-kémiaileg kötött víz legjellemzőbb formája az *adszorpciós víz*. Az adszorpciós vizet az élelmiszerek hidrophil kolloidjai kötik meg oly módon, hogy a nagy molekulájú vegyületek poláris csoportjai hidrogén kötés létesítenek a vízzel. Az adszorpciós víz kötéserőssége ugyan kisebb a kémiai kötések erősségénél, de még mindig jelentős. Az így kötött víz mechanikai úton nem távolítható el. A melegítés, a környezet relatív páratartalmának csökkentése az adszorpciós víz mennyiségének csökkenését vonja maga után.

A fiziko-kémiai vízmegkötés másik módja az *ozmózisos vízkötés*. A nedvességkötésnek ezt a módját, amely a sejt szerkezetű (húsok, gyümölcsök) anyagok, valamint a sok vizet felvevő és erősen duzzadó fehérje-, illetve poliszacharid-tartalmú élelmiszerekre (pl: sike, kazein, zselatin, agar-agar) jellemző, a következőképpen értelmezzük. A kolloid makromolekulás anyagok nem egynemű részecskékből, hanem különböző molekulatömegű frakciók keverékéből állnak. A nagy molekulatömegű frakciók vízben nem oldódnak, a kis molekulatömegűek vízoldhatók. A kolloid anyag (sike, kazein, agar-agar, zselatin stb.) sejt szerű részecskékből álló, olyan rendszert képez (kolloid micellák), amelynek váza (sejtfalai) a nagy molekulatömegű oldhatatlan frakciókból áll. A sejtek „belsejében” viszont a kis molekulatömegű frakció helyezkedik el, amely a vízben valódi kolloid oldatot képez. A kolloid részecskék belsejében így olyan oldat alakul ki, amelynek ozmózisos nyomása nagyobb, mint a részecskén kívüli folyadéké. Ennek hatására a víz a belső terekbe diffundál, mindaddig, amíg a külső és a belső ozmotikus nyomás ki nem egyenlítődik. A vízfelvétel következtében térfogatnövekedés jelentkezik. Az ozmotikus nyomás az oldott anyagok koncentrációjának függvénye:

$$\Pi = R * T * C$$

ahol P = ozmotikus nyomás [Pa]
 R = gázállandó [J/mol*K]
 T = hőmérséklet [K]
 C = koncentráció [mol/m³]

A mechanikailag kötött víz szintén jellemző számos élelmiszerre. Jellemzi ezt a vízformát, hogy a kötődés meghatározatlan arányokban történik, a víz és az anyag között kölcsönhatás nem lép fel. A víz csak mechanikai erővel kötődik, ennek folytán mechanikai behatások segítségével is (pl: préselés, centrifugálás stb.) eltávolítható.

A mechanikai nedvességkötés formái:

- szerkezeti víz,
- mikro-és makro-kapillárisokban kötött nedvesség és
- a nedvesítési víz.

Szerkezeti vízen azt a vizet értjük, amelyet a kolloidrendszer bonyolult belső szerkezete tart megkötve. Legjobb példák erre a különböző gél szerkezetű (kocsonyás) élelmiszerek. Ezek minimális szárazanyagot tartalmaznak nagy mennyiségű víz mellett. A vizet azonban a szárazanyagból kialakult térhálós váz teljesen bezárja, jelentékeny mértékben megfosztja szokásos mozgékonyaságától, immobilizálja. Ennek következtében ezek az anyagok a szilárd testekre jellemző tulajdonságokkal rendelkeznek. A hús 70%-os, a főzelékfélék 80-95%-os, a hámozott uborka 97%-os víztartalma ellenére szilárd állagú. Az 1%-os zselatinoldat lehűtve szilárd kocsonyává dermed.

Mikro-kapilláris vízen a 10⁻⁵cm-nél kisebb átmérőjű kapillárisokban előforduló vizet értjük. Ezekben a kapillárisokban a kapilláris falának hatására a telített vízgőz nyomása kisebb, mint a környező térben. Ezért még abban az esetben is, ha a környező tér relatív nedvességtartalma kisebb, mint 100%, a mikro-kapillárisban ún. kapillárkonkondenzáció játszódik le és a kapilláris lassan vízzel telik meg.

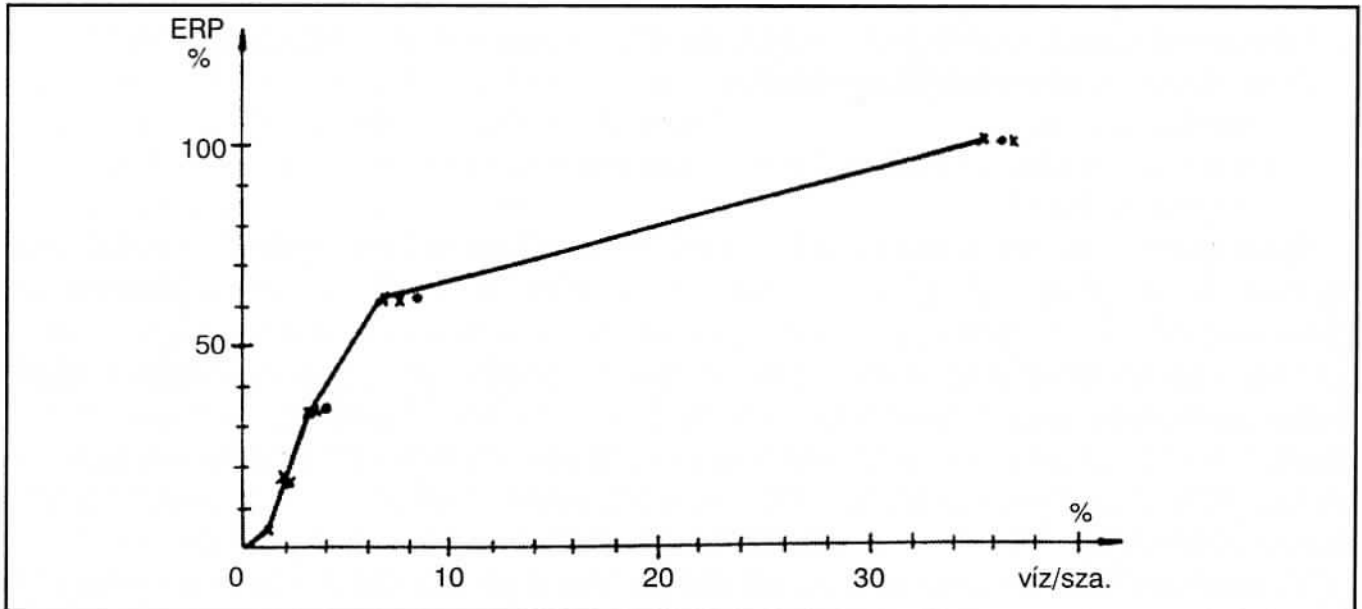
Makro-kapilláris vízen a 10⁻⁵cm-nél nagyobb kapillárisokban előforduló vizet értjük. Ezekre a kapillárisokra jellemző, hogy bennük a vízgőz nyomása a víz felett uralkodó telített vízgőznyomással egyenlő.

A nedvesítési víz a felületen helyezkedik el és egyszerűen adhézió révén kötődik. Rétegvastagságát már a nehézségi erő is erősen befolyásolja. Ez a leggyengébben kapcsolódó vízforma, amelyet már kisebb mechanikai erőhatással is eltávolíthatunk.

A szabad vizet az jellemzi, hogy a vele egyensúlyban levő légtérben 100% relatív páratartalmat állít be, valamint oldani képes anyagokat. A szerkezeti víz oldóképessége gyakorlatilag azonos a szabad vízével, azonban jelentékeny mértékben megvan fosztva mozgékonyaságától. A mikro- és makro-kapillárisokban előforduló, továbbá a nedvesítési víz, valamint folyékony élelmiszerekben az ionok és az oldott kolloid anyagok hidratációjában részt nem vevő víz szabad víznek tekinthető.

Az élelmiszer környezetével dinamikus kölcsönhatásban van, víztartalma elpárolog és a környezetből vizet vehet fel. Ha a vizsgált élelmiszert zárt térbe helyezük, az élelmiszer és környezete között egyensúly alakul ki, a vízgőz nyomása a levegőben és az élelmiszer víztartalma állandó értéket ér el. Az élelmiszerral adott hőmérsékleten egyensúlyban levő térben a vízgőz nyomását egyensúlyi páratartalomnak nevezzük. Ha a parciális vízgőznyomást az adott hőmérséklethez tartozó telített vízgőznyomáshoz viszonyítjuk (tiszta vízzel egyensúlyban levő térben a vízgőz parciális nyomása), megkapjuk az egyensúlyi *relatív* páratartalmat. (ERP) Az élelmiszerek egyensúlyi re-

latív páratartalmát elsősorban nem a víztartalom nagysága határozza meg, hanem a víz kötési módja, a szabad és a kötött víz aránya. Minél nagyobb a kötött víz mennyisége és minél erősebb a kötés, annál kisebb az élelmiszer egyensúlyi relatív páratartalma és fordítva. Az élelmiszerek ERP értékének és nedvességtartalmának összefüggését a szorpciós izotermával írhatjuk le adott hőmérsékleten. Az 1. ábra pörkölt, őrölt kávé szorpciós izotermáját mutatja be 25 °C hőmérsékleten.



1. ábra Pörkölt kávé szorpciós izotermája

Nagyon sok élelmiszernél figyeltek meg hasonló lefutású görbét.

A hidratúra és vízáktivitás fogalma.

Az élelmiszerekben levő víz kötöttségi fokának, a vízállapotnak a jellemzésére a hidratúra fogalmát is használják az élelmiszeriparban. A *hidratúra az egyensúlyi relatív páratartalommal* azonos.

A tiszta víz felett uralkodó relatív vízgőznyomás értéke 100 lévén, a tiszta víz hidratúrája is 100-zal egyenlő. Az egyes élelmiszerek hidratúrája ennél kisebb érték, amelynek nagyságát a víz kötöttségi állapota határozza meg. Kivételek ez alól a gyorsfagyasztott élelmiszerek, amelyeknek a hidratúrája a fagypont alatt szintén 100. Ennek magyarázata abban rejlik, hogy a gyorsfagyasztott élelmiszereknél a vízgőznyomás egyensúlya tulajdonképpen az élelmiszerben levő jég alakú víz és a környező levegő között áll be. Ha a környező tér nem túl nagy és az élelmiszer jégtartalma nem túl kicsiny, akkor az adott 0 °C alatti hőmérsékletnek megfelelő **telített** vízgőznyomás érték áll be.

A hidratúra fogalmának hátránya, hogy számértéke a víz kötöttségi állapotának növekedésével csökken. Ennek elkerülésére bevezették a *differenciális hidratúra* (DH) fogalmát. Ennek számértékét a hidratúra értékéből a következőképpen kapjuk:

$$DH = \text{a tiszta víz hidratúrája} - \text{a rendszer hidratúrája.}$$

Mivel a tiszta víz hidratúrája 100, a kötött vizet tartalmazó rendszereké pedig kisebb, a differenciális hidratúra számértéke növekszik a víz kötöttségi állapotának a növekedésével.

A **víz aktivitása** a hidratura 100-ad része.

Valamely élelmiszer víztartalmának változása arányos a környező levegő relatív nedvességtartalmának és az élelmiszer hidratúrájának különbségével. Ha a relatív páratartalom nagyobb, az élelmiszer a környezetből vizet vesz fel, ha a hidratura nagyobb, akkor a termék víztartalma addig csökken, amíg a hidratura a relatív páratartalommal azonosra válik.

A víztartalom elvesztését a gyümölcsök, zöldségek ráncosodása, puha cukorkák megkeményedése kíséri (az oldatban levő cukor kikristályosodik), amelyek a minőség romlását okozzák. A víztartalom felvételét többféle változás kísérheti. A termék szemcséinek összetapadása, elfolyósodása, az állag megváltozása következhet be.

A víztartalom növekedése a kémiai reakciók sebességét megnövelheti a termékben (avasodás, Maillard - reakció stb.). A nedvességtartalom növekedése bizonyos kritikus pont felett mikrobiológiai romláshoz is kedvező körülményeket teremt.

A nem kívánt nedvességtartalom – változás elsősorban megfelelő tárolással akadályozható meg. Ismerve az élelmiszer hidratúráját, megállapítható az a levegő-nedvességtartalom, amely mellett a vízvesztés megakadályozható, vagy az adott körülmények között minimálisra csökkenthető. Hatásos eszköz a víztartalom – változás ellen a megfelelő burkolócsomagolás. Vízgőzt át nem eresztő vagy igen kicsiny vízgőzát-eresztő képességű csomagolóanyag megakadályozza a kiszáradást vagy nedvességfelvételt. Ha azonban a termékben szabad víz van, akkor a csomagon belül 100% relatív páratartalom áll be és ez a mikrobiológiai romlásnak kedvez!

Könnyen kiszáradó édesipari termékek nedvességtartalmának megtartására több értékű alkoholok: mint 1,2 - propilén - glikol, 1,3 - butilén - glikol, glicerin, illetőleg szorbit, invertcukor alkalmasak.

Halmazállapot - változások

Az élelmiszerek egy részében nem megfelelő hőmérsékleten tárolva halmazállapot-változás léphet fel, amely a termék konzisztenciájának megváltozásával jár (pl: zsírok megolvadása, fagyasztott termékek megolvadása stb.) Kisebb hőmérséklet - változások hatására a különböző fázishoz tartozó komponensek átcsoportosulása okozhat kedvezőtlen elváltozásokat (pl. a csokoládé szürkülése, a fagyasztott termékekben a jégkristályok növekedése, a kenyér „öregedése“, amely a sütés alatt elcsirizedett keményítő „kristályosodása“ stb.)

A halmazállapot-változásokat az élelmiszer állandó hőmérsékletét biztosító megfelelően kondicionált tároló helyiségek alkalmazásával gátolhatjuk meg. A kenyér öregedését fagyasztott állapotban való tárolással akadályozhatjuk meg, vagy adalékanyagokkal lassíthatjuk. Ilyen adalékanyag elsősorban a kenyér öregedését akadályozó - emulgeátor típusú - mono - és digliceridek mint glicerin - mono - és disztearát, glicerin - monopalmitát.

A kolloidrendszerek elváltozásai

A kolloidrendszerben bekövetkező változások elég gyakoriak. Gyümölcslevek, borok, sörök esetében hosszabb tárolás közben a kolloid oldatból zavarosodás, csapadékképződés léphet fel, a fehérjék vagy poliszacharidok kicsapódása miatt. Ezek a változások elkerülhetők, ha a kicsapódásra hajlamos komponenseket a technológia során eltávolítjuk, vagy lebontjuk. (enzimes kezelés)

Difform rendszerek pl.: emulziók (pl. emulziós likőr, majonéz stb.) vagy habok szétválhatnak, gélekből szinerezis révén folyadék szabadulhat fel stb. Ezek a változások a megfelelő emulgeáló és gélképző szerek vagy szilárdítók alkalmazásával akadályozhatók meg.

Emulgeálószer

Tapasztalat szerint a híg emulziók (2% alatti a diszperz fázis mennyisége) eléggé stabilisak, ugyanakkor nagyobb töménységű valamennyire is állandó emulziók csak segédanyagokkal: emulgeátorokkal készíthetők. Az emulgeálószer fő célja: állandó, tömény, nagy diszperzitásfokú és megfelelő jellegű emulziók előállítása és az emulzió stabilitásának biztosítása. Az emulgeálószeret gyakorlati alkalmazásuk szerint a következőképpen csoportosíthatjuk:

Felületaktív anyagok:

- anionaktív emulgeátorok (pl. fémszappanok)
- kationaktív emulgeátorok (pl. invert szappanok)
- nem ionos emulgeátorok (pl. monogliceridek)
- egyéb (többnyire természetes eredetű) emulgeátorok (pl. lecitin)

A két első csoportba tartozó emulgeálószeret az élelmiszeripar legfeljebb tisztításra használja, élelmiszerek gyártásában a harmadik és negyedik csoport tagjait használják fel.

Viszkozitásnövelő anyagok mint pl.: pektinek, a zselatin, az alginátok mint sűrítők igen stabilis emulziók előállítását teszik lehetővé, mivel az összefüggő fázis viszkozitását megnövelik.

Gélképzők

Gyümölcskészítmények (kocsonyás gyümölcsíz, gyümölcskocsonya, gyümölcszselé stb.), továbbá cukorkocsonyák, végül édesipari készítmények (pl. pudingok) megszokott és megkívánt gél állományát adalék anyagokkal biztosíthatjuk. Az adalék anyagok lehetnek természetesek és mesterségesek. A természetes gélképzők közül legrégebben ismertek a pektinek. A pektin poliszacharid. Két típusát különböztetjük meg a metilészter csoportok mennyisége alapján. A gélképződés mechanizmusa a kétféle pektinnel eltérő. A nagy metoxitartalmú pektinek kocsonyásodásához sav és cukor (elsősorban szacharóz) jelenléte feltétlenül szükséges. A sav visszaszorítja a szabad karboxil csoportok disszociációját, miáltal hidrogénkötések kialakulása lehetővé válik, a diszacharid pedig a gél hálós szerkezetét (rácsos tartó szerűen) bizonyos mértékben merevíti. A kis metoxitartalmú pektinek sav és cukor nélkül is kocsonyásodnak polivalens kationok jelenlétében (pl. kalcium, magnézium vagy alumínium), és ilyenkor ionos kötés létesül. A mesterséges gélképzők és gélbiztosítók gyakorlatilag legfontosabb csoportja: a cellulózéterek (tilózosok), amelyek alkalmazása az egészségre nem ártalmas. A csoport legfontosabb tagjai a metilcellulóz, s a karboximetil - cellulóz cellulóz-glikolát, amelyeket halmarinádokban, a gyümölcsstartósító és zöldségkonzerváló iparban, édesipari készítményekben stb. használnak fel. A pektinnel szemben előnye, hogy az így készült gélek csak magasabb hőmérsékleten lágyulnak és a mikrobák tevékenységével szemben ellenállóbbak.

Szilárdítók

Igen sok növényi szövet feldolgozás közben megpuhul, a tetszetőségét elveszíti. Ilyen könnyen puhuló szöveteket tartalmaznak pl. az eper, a paradicsom, az uborka, a spárge stb., de előfordul puhulás szeletelt almánál, körténél is. Kalciumsók adagolása előnyös hatású, mert a keletkező kalcium - pektátgél megakadályozza a szövetek szétesését. Kalcium - klorid, laktát, szulfát, hidrogén - foszfát, továbbá kálium - alumínium - szulfát egyaránt használhatók (utóbbi alkalmazásakor alumínium - pektát képződik).

Az élelmiszerek kémiai és biokémiai elváltozásai

Az élelmiszerekben tároláskor és a feldolgozáskor bekövetkező kémiai változások közül a legjelentősebbek a szöveti enzimek (az élelmiszert alkotó sejtekben és szövetekben található enzimek) a levegő oxigénje, valamint a hőkezelés hatására bekövetkező változások.

Az élelmiszerekben végbemenő kémiai változásokat a nedvességtartalom, a hőmérséklet, a pH és a levegő jelenléte befolyásolja. A változások igen gyakran az élelmiszerek színének megváltozásában jelentkeznek.

Biokémiai változások

A növényi és állati eredetű nyersanyag legnagyobb jelentőségű enzimes változása a légzés, azaz a szénhidrátok széndioxidra és vízzé történő lebomlása energia felszabadulása mellett. Ez a bonyolult folyamat jelentős tápanyagvesztéssel jár.

A gabonák a víztartalomtól és hőmérséklettől függő mennyiségű anyagot lélegeznek el, és ez kedvezőtlen körülmények között (nedves gabona nagy tömegének tárolása) hőtermeléssel és öngyulladással jár. Ezért 14% nedvesség felett a gabonákat szárítani kell, vagy oxigén szegény légtérrel csökkenteni a légzés intenzitását.

Ugyancsak lassítják a légzést a különböző viaszos, paraffinos bevonatok (pl. gyümölcsöknél).

A növényi és állati sejtekben a fehérjék, zsírok, szénhidrátok és egyéb vegyületek összetett és finoman egyensúlyozott fizikai, továbbá biokémiai rendszereket képeznek, amelyekben szabályozó mechanizmusok az enzimek által katalizált reakciók dinamikus egyensúlyát biztosítják. A leszedett növényi termékekben, a levágott állat húsaiban stb. ez a szabályozás megszűnik és az egyensúly megbomolhat. Az enzimek hatására a változások káros irányba tolnak el. Nem mikrobás eredetű fehérjebontó enzimek hatására fehérjehidrolízis következhet be, további bomláskor kellemetlen szagú lebontási termékek állnak elő (pl. hús fülledése). A karbohidrátok megbonthatják az élelmiszerek szénhidrátjait (pl. gyümölcsök puhulása stb.).

A szöveti lipáz enzim a zsírokat bonthatja glicerinné és zsírsavakra és élvezhetetlenné vagy kisebb értékűvé teheti az élelmiszereket.

Az élelmiszerek feldolgozása folyamán bekövetkező enzimes változások közül jellegzetes a növényi szövetek enzimes barnulása. Ez a folyamat látható a hámozott burgonya, a szeletelt alma barnulásakor és a befőtteken is előfordul, rendszerint a felső rétegekben levő darabokon, ha a levegő oxigénjét nem távolították el teljesen és a hőkezelés nem volt kielégítő. Az enzimes barnulásban szereplő növényi anyagok közül

többek között a következő vegyületek sorolhatók fel: tirozin, katechinek, dihidroxifahéjsav, klorogénsav, kvercetin, heszperidin stb. Az enzimes barnulási folyamatban fenolázok, illetve polifenol - oxidázok vesznek részt, amelyek a fenolokat sötét színű pigmentekké, melaninokká alakítják át.

Az enzimes folyamatokat a nedvességtartalom, a hőmérséklet és az oxigén mennyiségének csökkentésével akadályozhatjuk, de olykor inhibitorok alkalmazása is előfordul.

Az enzimes elváltozások meggátlására széleskörűen alkalmazza a tartósítóipar az ún. előfőzést vagy blansírozást. Ez a forró vízzel vagy gőzzel való pár perces hőkezelés denaturálja az enzimeket és működésüket megszünteti. Számos, a mikrobiológiai romlást gátló vagy lassító eljárás egyben nem mikrobiológiai eredetű enzimek működését is meggátolja vagy lassítja (hőelvonás, hőkezelés, vegyszeres tartósítás bizonyos módjai stb.) Az enzimes barnulás a hőközlés mellett meggátolható számos vegyület adagolásával. Így hatásosnak bizonyultak: kénessav és sói, glutation, cisztein, cisztein, nátrium - szulfít, aszkorbinsav, citromsav stb.

Kémiai változások

Az eredeti színanyagok változásai között a zöld növényi részek feldolgozásakor jelentős szerepe van a klorofill változásainak. A klorofill jellegzetes alkotórésze, a magézium, savanyú közegben a molekulából kilép és helyét H^+ foglalja el. A létrejövő feofitin zöldes barna színű. A színromlás annál nagyobb, minél savanyúbb a közeg. A klorofill elbomlása kevés MgO adagolásával akadályozható meg.

A karotinoidok alkálinak ellenállók, de oxigénre és fényre érzékenyek. Átalakulásuk következtében fakul az őrölt fűszerpaprika vagy halványodik a szárított sárgarépa, ha tárolásakor fényhatásnak teszik ki. Jellegzetesek a flavonok, amelyek sok növényben a színtelen glükozidokból főzéskor felszabadulnak: ez okozza pl, hogy a burgonyagumók főzésekor sárgulnak. Az antociánok színüket a pH-tól függően változtatják. A színváltoztatások egy részét a bekerülő fémszennyeződések okozzák. Ilyen hatásokat váltanak ki élelmiszerekben a vasvegyületek, amelyek az élelmiszerek csersavas anyagaival kékesfekete vegyületeket képeznek. A meleg vérű állatok húsának színét a hemoglobin adja. Ez a szín $65^{\circ}C$ feletti hőmérsékleten megváltozik, a hús szürkésbarna színű lesz. Ennek oka, hogy a hemoglobin denaturálódik, a hemin oxidálódik, ennek eredményeként vörös színét elveszti.

A színváltozások másik csoportját a szénhidrátok hő hatására bekövetkező elváltozásai, a nem enzimes barnulások alkotják. A reakciók folyamán a szénhidrátok - elsősorban a redukáló szénhidrátok - vagy önmagukban, vagy amino - és iminócsoportot tartalmazó vegyületekkel kondenzációs és eliminációs reakciók közben sárga és barna színű kondenzációs vegyületekké alakulnak, majd ezekből polimerizációs reakciókkal színes, nagy móltömegű emészthetetlen és gyakran oldhatatlan vegyületek keletkeznek. A változások tehát minden esetben a tápérték és biológiai érték csökkenését okozzák. A reakciókat gyakran illó bomlástermékek, elsősorban savak és oxovegyületek, valamint a reakcióba lépő aminosavak bomlásából származó illó vegyületek képződése kíséri, amelyek az élelmiszerek aromáját befolyásolják. Ezen változások egyes termékek aromáját kedvezően befolyásolják (pörkölt, sült termékek) másokéra kedvezőtlenül (főtt íz fellépése) hatnak. A reakció sebessége a nedvességtartalom növekedésével először növekszik kb. 60-as hidratúraértékig, majd nagyobb víztartalom

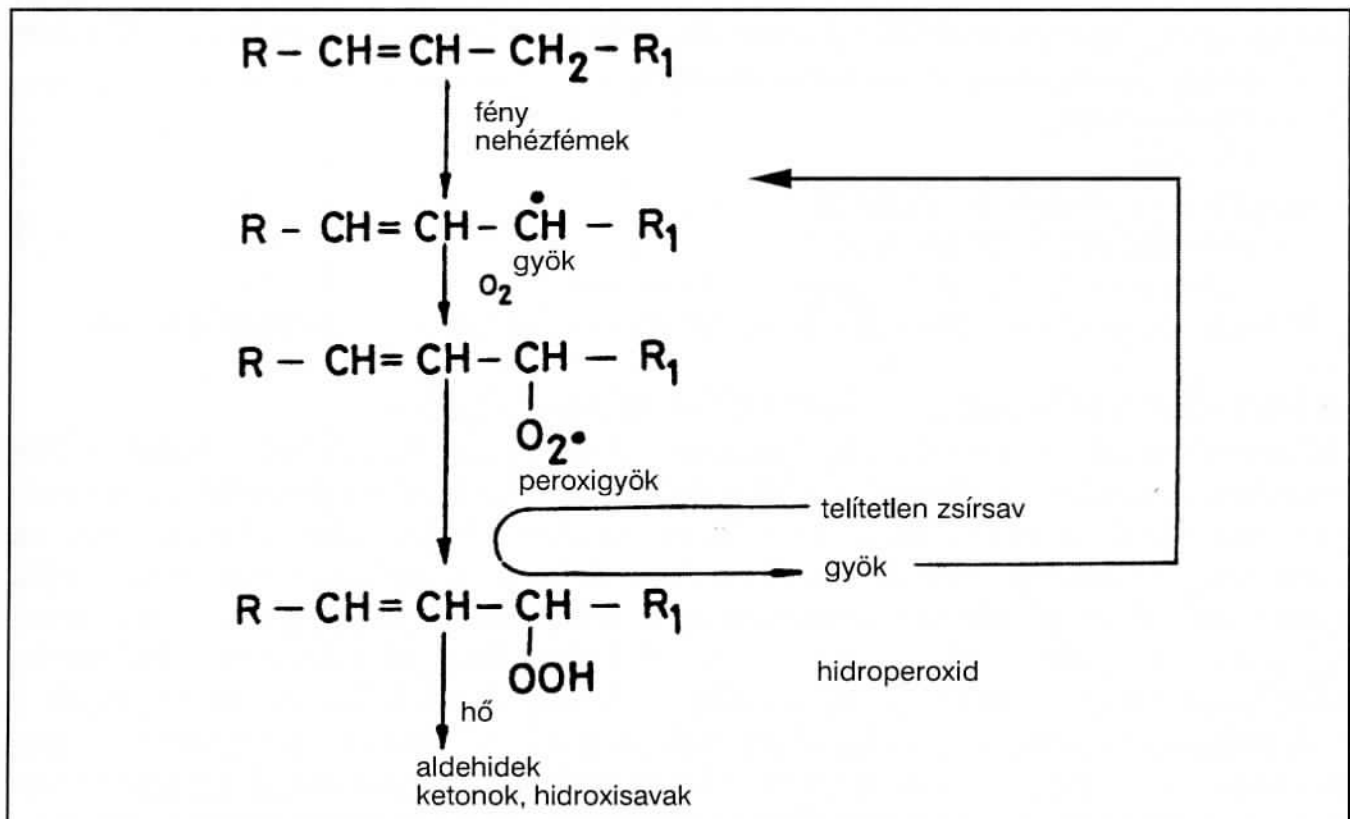
a reakcióra gátlólag hat. Egyes termékek színének kialakulásában is a cukorbomlásból származó karamell és melanoidin színanyagok játszanak szerepet. A reakciók redukáló cukrok oldatában 3 - 4 pH-nál a leglassabbak és különösen a lúgos pH - tartományban gyorsulnak fel. 11 pH felett azonban színezőanyagok nem képződnek a cukorbomlásból, csak savak, elsősorban tejsav képződik. A szacharóz stabilitása 8 pH -nál a legnagyobb, mivel hidolízise itt a leglassúbb. A cukrok bomlását legtöbb esetben furánszármazékok képződése kíséri, amelyek mennyiségét a hőkezelés mértékének indikátorául gyakran felhasználják. Változások tapasztalhatók az élelmiszerek vitamintartalmában is a feldolgozáskor és a tároláskor. A legfontosabb vitaminok oldódási viszonyait, viselkedését az oxigénnel, hővel és fényel szemben az 1. táblázat mutatja.

Vitamin	Oldódás		Oxigén	Hő*	Fény
	vízben	zsírokban			
A-vitamin és karotin	nem	igen	igen	nem	igen
B1 (tiamin)	igen	nem	nem	igen	nem
B2 (riboflavin)	igen	nem	nem	nem	igen
C (aszcorbinsav)	igen	nem	nem	igen	nem
D-vitaminok	nem	igen	igen	nem	nem

* Feltételezve, hogy oxigén vagy oxidáló anyag nincs jelen

1. táblázat Néhány fontosabb vitamin oldhatósága, oxigén hő- és fényérzékenysége

A zsírban gazdag élelmiszerek legjelentősebb elváltozása az avasodás. (2. ábra.)



2. ábra Zsírok avasodási sémája

Ezen folyamatban a levegő oxigénje játszik fontos szerepet és a telítetlen zsírsavak a folyamat elsődleges résztvevői. A végbemenő változásban az első lépést hő, fény, nehézfémek hatására bekövetkező gyökképződés jelenti, amelyet oxigénfelvétellel peroxidgyökök képződése követ. A peroxidgyök további zsírsavval reagálva hidroperoxiddá alakul és egy újabb zsírsavgyök képződik. A zsírsavgyök pedig újabb oxigénmolekulát vehet fel. A hidroperoxid azután oxovegyületekké bomlik, amelyek az avas zsírok jellegzetes ízét és illatát okozzák. Hőhatásra a zsírokban a kettős kötések összekapcsolásával polimer molekulák is létrejöhetnek, amely változás az emészthetőség csökkenésével járhat.

A zsírok oxidatív elváltozásai levegő kizárásával, a levegővel érintkező felületek csökkentésével megakadályozhatók, illetve lassíthatók. Előnyös a fény kizárása is, mivel a rövidebb hullámhosszú, főleg az ultraibolya sugarak aktiváló szerepet játszanak. Fémnyomok (réz, vas stb.) siettetik az avasodást, ezért az üzemi berendezések anyagának a megválasztása igen fontos. Az avasodás gátlására gyakran alkalmaznak természetes, illetve mesterséges eredetű antioxidánsokat. Antioxidánsként a természetes anyagok közül a tokoferolok, a csíraolajok és kivonataik, az A - vitamin, az aszkorbinsav stb. használatos, illetve használható. A mesterséges készítmények közül nálunk a propilgallát alkalmazása engedélyezett. Hatékony zsíroxidációt gátló vegyületek a hidrokinon, a pirogallol, az orcin, a rezorcin, a gvajakol, a nordihidro - gvajaretinsav stb. Sertészsír avasodásának gátlására butil-hidroxi-toluolt (BHT) adagolnak.

Az élelmiszerek mikrobiológiai elváltozásai

Az élelmiszeriparban szerepet játszó mikroorganizmusokat elsősorban gyakorlati szempontok figyelembevételével a következőképpen csoportosíthatjuk:

Osztódással szaporodó mikroorganizmusok:

- baktériumok,
- élesztők.

Sarjadzással szaporodó gombák:

- élesztők (micéliumuk nincs)
- penészek (micéliumuk van)

Minden csoportban előfordulnak spóráképző és spórátlan mikroorganizmusok.

A mikrobák előfordulása a különböző élelmiszerekben

Általánosságban az egészséges **gyümölcsök és zöldségfélék**, valamint a **húsok** is, belsejükben eredetileg sterileknek mondhatók, és csak kívülről szennyeződnek mikroorganizmusokkal. A gyümölcsök fertőződési veszélye kisebb, mint a talajhoz nagyon közel vagy egyenesen a benne termő zöldségféléké, de a szálló por és a rovarok útján ezek is elég nagyszámú mikroorganizmust tartalmaznak. A húsok izomrészei a szövetek eredetileg csíramentesek, de az állati belső részekben sok baktérium található. Az állat levágásakor az izmok is nagymértékben fertőződhetnek, különösen a belektől.

A tejben a savtermelő pálcika alakú mikrobák a jellegzetesek, de a patogén mikroorganizmusok számára is kedvezőek a körülmények. Az erjesztéssel készülő termékekben viszonylag homogén mikroflóra található.

A gabonafélék szennyezettségében a penészek és spórás baktériumok dominálnak, amelyek a bélzetben a kenyér sütésekor sem pusztulnak el.

Egyes élelmiszeripari segédanyagok (fűszerek, cukor, adalék anyagok stb.) mikrobiológiai szennyezettsége nem elhanyagolható és a terméktulajdonságok kialakításában szerepe lehet. Bennük a mikroorganizmusok elpusztítására újabban a ionizáló sugárzásokat használják.

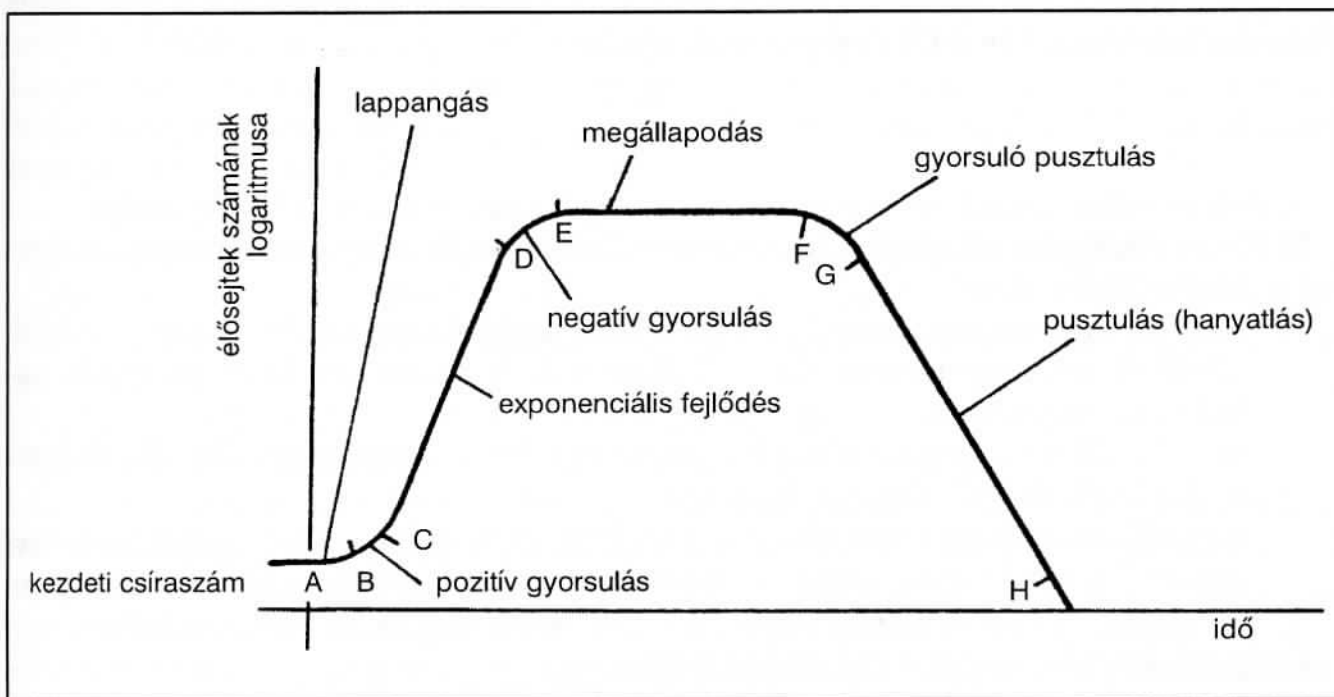
A zöldségfélékben igen sokféle gomba léphet fel. Mikrokokkuszok és sztreptokokkuszok, továbbá a spóra nélküli baktériumok közül a coli- és aerogenes félék és a spórás pálcák igen nagy számban vannak jelen (pl. *Bac. subtilis*, *Clostridiumok*). Elég gyakran kórokozók is találhatóak a zöldségfélék területén, mint pl. az *Eberthella typhosa*, amely már nagy járványokat okozott.

A gyümölcsökön elsősorban élesztőket és penészeket találhatunk. A legkülönbözőbb élesztők (*Sacch. ellipsoideus*, *apiculatus*, *micofermák*, *torulák*) és penészek (*penicillium*, *aspergillus*, *mucor*, *oidium*, *demátium*, *clamidosporium* stb.) mellett azonban előfordulnak rajtuk baktériumok is (streptococcusok, *Bac. subtilis* stb.) Ezek közül nagyobb mértékben csak a savtűrő félések tudnak elszaporodni, tekintve, hogy a gyümölcsök pH-ja elég kicsi, ami a legtöbb baktérium számára nem kedvező.

A húson elsősorban baktériumok és penészek találhatóak, közülük is nagyobb mennyiségben a rothasztó baktériumok (*Bact. fluoreszcens*, *proteus* stb), továbbá a betegséget okozók (*salmonella enteriditis*) és a penészek több fajtája (*penicillium*, *mucor* stb.)

A mikrobák fontosabb tulajdonságai

A mikrobiológiai elváltozások elbírálása és meggátlása miatt igen lényeges a mikroorganizmusok szaporodástörvényszerűségeinek ismerete. A kedvező körülmények közé jutó mikrobák tenyészetének élettörténetében három fő szakasz figyelhető meg, ami a féllogaritmusos szaporodási görbén jól megfigyelhető.



3. ábra Mikrobák szaporodási görbéje

A **lappangás** idejére jellemző, hogy a csírák száma nem nő. Minél nagyobb mennyiségű mikroba szennyezi az élelmiszert, a lappangási idő annál rövidebb lesz. Ha kedvezőtlen viszonyok közé jutnak a csírák, a lappangási idő meghosszabbodik.

Ha olyan mikroorganizmusok szennyezik az élelmiszert, amelyek már az **exponenciális szaporodás időszakban** vannak, akkor a lappangási idő kimarad és a tenyészetben a csíraszám gyorsan nő. Az exponenciális szaporodás időszakában a fejlődés a leggyorsabb.

A **megállapodás** (stagnálás) idején, amely az exponenciális fejlődést követi, amikor a csírák száma elérte a maximumot, a szaporodás fokozatosan lelassul és egy darabig éppen csak lépést tart a sejtek elpusztulásának ütemével: így az élő sejtek száma a tenyészetben állandó marad.

Ezután következik a **hanyatlás fázisa**, amikor az élő sejtek száma fokozatosan csökken. Ennek az időszaknak a hossza néhány naptól hónapokig terjedhet. A szaporodás megszűnésének oka még nem teljesen tisztázott, de valószínű, hogy szerepet játszik benne a mikrobák által termelt anyagcseretermékek mérgező hatása és a felhasználható tápanyagok mennyiségének megfogyatkozása.

A szaporodás a következő matematikai összefüggéssel írható le:

$$n = n_0 e^{k(t-L)}$$

ahol n = az élő mikroorganizmusok száma, t időpontban

n_0 = a kezdeti csíraszám

t = idő[sec]

k = konstans [sec^{-1}]

L = a lappangás időtartama [sec]

A szaporodás jellemzésére általánosan használják az átlagos generációs idő fogalmát, vagyis azt az időtartamot, amely alatt az exponenciális fázisban a sejtek száma megkétszereződik. Ha ezt T -vel jelöljük, akkor

$$k = \frac{\ln(2)}{T}$$

A mikroorganizmusok szaporodását, sebességét számos tényező befolyásolja:

Hőmérsékletigényük alapján a mikroorganizmusoknak a következő három csoportját különböztetjük meg:

- mezofil mikroorganizmusok: ide tartozik a legtöbb patogén baktérium, amelyek 25-40 °C-on szaporodnak, de 5 °C alatt és 45 °C felett növekedésük erősen gátolt vagy megszűnik.
- pszichrofil mikroorganizmusok optimálisan 20 °C körül szaporodnak, de életműködésüket 0 °C alatt is folytatják:
- termofil mikroorganizmusok azok, amelyek 45 °C felett nőnek optimálisan, magasabb hőmérsékleten, 60-65 °C felett minden vegetatív mikroorganizmus - alak elpusztul, és csak a spórák képesek a 100 °C-on végzett hőkezelést túlélni.

Oxigénigényük alapján megkülönböztetünk:

- aerob (csak oxigén jelenlétében szaporodó),
- anaerob (csak oxigén távollétében szaporodó) és

– fakultatív anaerob (oxigén jelenlétében és távollétében is szaporodó mikroorganizmusokat.

A mikroorganizmusok **pH és vízigénye** is eltérő.

A **baktériumok** életműködésükhöz 7 körüli pH-t és legalább 95-ös hidratúrájú terméket igényelnek. Kisebb víztartalomnál vagy 3,5 pH-nál, ha nem is pusztulnak el, fejlődni már nem tudnak.

Az **élesztők** a baktériumoknál ellenállóbbak és a savas közeget is jobban bírják. Általában 85-ös hidratúra alatt szüntetik be működésüket. Vannak azonban ozmofil élesztők, amelyek tömény cukoroldatban is tudnak növekedni. Ezek okozzák a lekvárok, a szörpök erjedéses romlását. A halofil élesztők nagy sótartalmú közegben képesek kifejlődni és a sózott savanyúságok romlását okozzák. Egyes élesztők még 2,4 pH körül is fejlődőképesek.

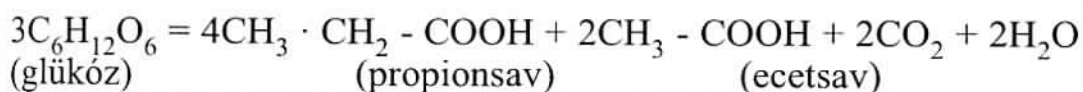
Savas közegben legellenállóbbak a **penészek**. Fejlődésük 1,7 pH körül szűnik meg. Nedvességigényük is kisebb, és csak a 70-es hidratúra alatti termékek védettek velük szemben.

A mikroorganizmusok hatására bekövetkező elváltozások

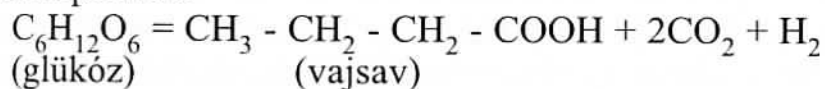
A mikroorganizmusok hatására bekövetkező változások rendkívül szerteágazóak. Néhány fontosabb változást a következőkben foglalhatunk össze.

A szénhidrátok lebontása

Gyakorlati, ipari szempontból legfontosabbak a szénhidrátok lebontását eredményező reakciók. Eddig ezeket tanulmányozták leginkább. Az egyszerű hidrolízis folyamán a mikroorganizmusok az összetett cukrokat egyszerűbbekké bontják. Az anoxidatív erjedés révén a szőlőcukorból élesztő (*Saccharomyces*) hatására alkohol és széndioxid keletkezik. Némely penész és baktérium szintén termel alkoholt, de csak kis mennyiségben. Tejsavbaktériumok (*Lactobacillus*) a glükózt anaerob körülmények között tejsavvá alakítják át (tisztá tejsavas erjedés). Egyes baktériumok (pl. *Escherichia coli*, *Lactobacillus lycopersici*) kevert tejsavas erjedést hoznak létre, amennyiben csak részben keletkezik a cukorból tejsav, egy része CO₂-dá és H₂-gázzá alakul. Néhány baktérium propionsavat termel:



A vajsavbaktériumok (*Clostridium butyricum*) cukrokból H₂ és CO₂ mellett vajsavat képeznek:



Iparilag az a reakció is hasznosított, amelynek folyamán glükózból néhány baktérium (pl. *Clostridium acetobutylicum*) hatására acetón és butilalkohol keletkezik. Az oxidatív erjedések néhány példája a következő. Néhány penészfaj (pl. *Aspergillus niger*) glükózból, aerob körülmények között tökéletlen légzés révén citromsavat termel. Sok penész (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* fajok stb.) képes a cukrokat oxálsavvá alakítani, pl. gyengén lúgos közegben. Néhány baktérium (*Acetobacter*) szeszből ecetsavat képez. A penészek (pl. *Rhizopus*, *Aspergillus*) szénhidrátokból közvetle-

nül is termelhetnek kismértékben ecetsavat. A poliszacharidok közé tartozó cellulózt sok mikroba (pl. Cytophaga, Clostridium baktériumok, Aspergillus, Penicillium, Fusarium stb. penészek) megtámadja és hidrolízis után zsírsavakat, hidrogént, metánt, esetleg alkoholt és szén - dioxidot állít elő belőle, aerob viszonyok között. Pentózokat (5 szénatomos cukrokat) a mikrobák rendszerint nehezebben erjesztenek. Az eddig tárgyaltakon kívül még számos olyan erjedési reakció van, amelynek következtében sajátos szag-, íz-, aromaanyagok keletkeznek. Ezek éppen élelmiszeripari szempontból fontosak, mert egyrészt erjedés útján előállított élelmiszerek – tejföl, túró, sajt, savanyú káposzta, bor, sör, ecet stb. – jellegzetes ízének, szagának kialakulását biztosítják, másrészt az élelmiszerromlások kellemetlen íz-, szaganyagainak keletkezéséért ezek a mikrobák felelősek. Az itt szereplő reakciók bonyolultak és nagy jelentőségük ellenére kevésbé tisztáztak.

A fehérjék lebontása

A hidrolízist, a szorosabban vett „fehérjebomlást“ a hidrolázok közé tartozó proteolitikus fehérjebontó ektoenzimeket termelő mikroorganizmusok okozzák, ezért a mikrobasejten kívül meggy végbe. Termékei a fehérjék fokozatos lebomlásának közbenső (proteázok, peptonok, peptidek) és végtermékei (aminosavak). Ezek általában szagtalan vegyületek. Rothadásakor aminosavak a mikrobasejt (főleg baktériumok: Clostridium, Aerobacter, Escherichia, Proteus, Pseudomonas, Salmonella stb., élesztők, penészek) belsejébe jutnak és az endoenzimek hatására tovább bomlanak. Itt sok, részben erős és kellemetlen szagú vegyület képződik: pl. metilmerkaptán, kénhidrogén, aminok (pl. ptomainok), alkoholok, szerves savak, oxisavak, indol, szkatol, fenol, krezol, ammónia stb. Az élesztők főleg nagyobb szénatomszámú alkoholokat (kozmaolaj) termelnek az aminosavakból, miközben a felszabadított ammóniát testük építésére használják fel. A penészek túlnyomórészt oxisavat állítanak elő. A baktériumok az összes reakcióterméket létrehozhatják. Élelmiszeripari szempontból a fehérjebontás hasznos is lehet (pl. sajtgyártás). Ugyanakkor a rothadási jelenségek a romlási folyamatokban is döntő szerepet játszanak. Okozóikkal az élelmezési ipar minden ága állandó harcban áll. A korhadás folyamán az aminosavak vagy a rothadás termékei a levegő oxigénjének jelenlétében, aerob mikroorganizmusok hatására gáz alakú, szagtalan anyagokká (pl. CO_2 , nitrogén, víz, hidrogén) alakulnak. Ezekben a folyamatokban a baktériumokon kívül elsősorban penészek vesznek részt.

A zsiradékok lebontása

A mikroorganizmusok a zsírszerű anyagokat is könnyen megtámadhatják, lebonthatják. Ilyenkor avasodás (savasodás, ketonavasság stb.) lép fel, ami élelmiszeripari szempontból súlyos romlást jelent. Lipáz és egyéb enzimjeik révén a legkülönbözőbb mikrobák képesek ilyen reakciókat előidézni. A baktériumok, az élesztők és penészek egyaránt bonthatják a zsiradékokat, illetve a zsirtartalmú élelmiszereket.

Toxinok termelése

A toxinok a mikroorganizmusok anyagcseréjének termékei, amelyek az ember számára is gyakran már igen kis koncentrációban mérgezőek. Ez jelenti a mikrobiológiai romlás legnagyobb veszélyét. Hiába pusztítjuk el a romlott termékben a mikroorganiz-

musokat, a toxinok megmaradnak és mérgező hatásuk miatt az élelmiszer nem fogyasztható. Ez az oka, hogy a már egyszer megromlott élelmiszert semmilyen célra nem szabad felhasználni.

Védekezés az élelmiszerek mikrobiológiai romlása ellen

A mikrobiológiai eredetű romlás meggátolására a következő lehetőségek vannak:

- **Mikrobák távol tartása** (aszseptikus kezelés, csomagolás),
- **mikrobák eltávolítása** (szűrés),
- **mikrobák szaporodásának illetve tevékenységének gátlása** (hőelvonás, vízelvonás, oxigénelvonás, vegyszeres kezelés),
- **mikrobák elpusztítása** (hőkezelés, besugárzás).

Adott termékek előállításakor sokszor nemcsak egyetlen tartósítóhatást használunk fel, hanem több hatás kombinációját is alkalmazzuk pl. vízelvonás + fagyasztás, vízelvonás + vegyszeres kezelés, vegyszeres kezelés + hevítés stb. Ezért megkülönböztünk **kombinált tartósítási** eljárásokat is.

A mikroorganizmusok távol tartása

Mint arra már rámutattunk, a gyümölcsök belseje, az állatok húsa steril és aszeptikus feldolgozáskor, amikor a mikrobákat távol tartjuk, nincs szükség külön mikrobiológiai tartósításra. Tökéletesen aszeptikus feldolgozás jelenleg nem valósítható meg, de a higiéniai követelmények messzemenő megtartásával igen kis kezdeti csíraszámú termékek készíthetők. Mivel a kezdeti csíraszám csökkenésével az indukciós periódus (amikor a mikrobaszám nem változik) hossza megnő, a termék hosszabb ideig megfelelő minőségű. A másik lehetőség a termék légmentes elzárása. Ha a csomagoláson belül az élő csírákat elpusztítjuk (a későbbiekben megismert módszerek valamelyikével), a termék újrafertőződését a légmentes zárás megakadályozza. A csomagolás ugyancsak fokozhatja a tartósságot a mikroorganizmusok távoltartásával.

A mikroorganizmusok eltávolítása

A mikroorganizmusok eltávolítása történhet részlegesen, ebben az esetben a tartósítás csak a kezdeti csíraszám csökkenésének következménye. Ez történik a konzervgyári előkészítő műveletekben: válogatáskor és mosáskor. Folyékony termékeknél speciális szűrőberendezésekkel lehetséges a mikroorganizmusok teljes eltávolítása, majd az ezt követő aszeptikus töltés steril üvegbe és a zárás csíramentes termék előállítását eredményezi (csírátlanító szűrés).

A mikroorganizmusok szaporodásának, illetve tevékenységének gátlása

A mikroorganizmusok életműködését kedvezőtlenül befolyásoló paraméterek:

- a kis hőmérséklet (fagyasztás és hűtés),
 - a szükséges vízáktivitás csökkentése (szárítás, vízelvonás vagy a szabad víz megkötése) és
 - (aerob mikroorganizmusoknál) az oxigén parciális nyomásának csökkentése
- bármelyiket kedvezőtlen értékre beállítva a mikroorganizmusok szaporodásukat és életműködésüket beszüntetik.

Ez a hatás elérhető bizonyos vegyszerek (tartósítószer) alkalmazásával is. Ezen

módszerek tehát azon alapszanak, hogy a körülmények megváltoztatásával vagy vegyszerek adagolásával az indukciós periódus hosszát megnyújtjuk az elérni kívánt tartóság szerint. A termék azonban ebben az esetben a mikroorganizmusokat tartalmazza és azok kedvező körülmények közé kerülve ismét szaporodni kezdenek!

A mikroorganizmusok elpusztítása

A tartósítás legmegbízhatóbb módja, hogy tökéletesen zárt csomagolású termékben (pl.: konzervdobozban) a mikroorganizmusokat elpusztítjuk, és a terméket a csomagolás megvédi az újrafertőződéstől.

Összefoglalás

Az élelmiszerekben a feldolgozás és tárolás alatt fizikai, kémiai és mikrobiológiai változások mehetnek végbe.

A fizikai elváltozások közé soroljuk a víztartalom, a halmazállapot és az élelmiszer kolloidrendszerének változását.

A biokémiai és kémiai változásokat az élelmiszerekben található enzimek, valamint a hőkezelés és a levegő oxigénjének hatására vagy fémszennyeződések által bekövetkező kémiai változások hozhatják létre.

A mikrobiológiai elváltozásokat baktériumok, élesztők és penészek okozhatják. Ezek elszaporodva az élelmiszerben annak tápanyagait elhasználják, idegen anyagokat termelnek, amelyek mérgezéseket (toxintermelés) is okozhatnak. A mikrobiológiai elváltozásokat a mikrobák távol tartásával, eltávolításával, működésük gátlásával vagy a mikrobák elpusztításával akadályozhatjuk meg.

A mikroorganizmusokat a következő módszerekkel pusztíthatjuk el:

- hőkezeléssel, ma még ez a leggyakoribb tartósítási módszer,
- sugárzásokkal,
- vegyszerekkel, de ez a módszer csak speciális esetekben alkalmazható.

Ellenőrző kérdések

1. Milyen jellegű elváltozások következhetnek be az élelmiszerekben?
2. Sorolja fel a legfontosabb fizikai változásokat?
3. Mit nevezünk egyensúlyi relatív páratartalomnak és hidratúrának?
4. Milyen változásokat okozhat a víztartalom növekedése?
5. Hogyan védekezünk a nemkívánatos nedvességváltozások ellen?
6. Milyen változások léphetnek fel az élelmiszer kolloidrendszerében?
7. Hogyan biztosítjuk az emulziók stabilitását?
8. Milyen gélképző szerekkel óvhatjuk az élelmiszerek állagát?
9. Milyen változásokat okozhatnak a szöveti enzimek?
10. Mi a célja az előfőzésnek vagy blansírozásnak?
11. Milyen színváltozást okozó folyamatokról tanultunk?
12. Milyen változások következnek be az élelmiszerben hőkezelés hatására?
13. Milyen változásokat okozhat a levegő oxigénje a lipidekben?
14. Hogyan védekezünk az avasodás ellen?

15. Hogyan csoportosíthatjuk az élelmiszerek romlásában szerepet játszó mikroorganizmusokat?
16. Milyen mikroorganizmusokkal szennyezettek a főbb élelmiszercsoportok?
17. Milyen törvényszerűségek érvényesek a mikroorganizmusok szaporodására és milyen tényezők befolyásolják azt?
18. Milyen elváltozásokat okoznak a mikroorganizmusok az élelmiszerekben?
19. Milyen módszerekkel védekezhetünk a mikrobiológiai elváltozások ellen?
20. Mit jelent az aszeptikus technológia?
21. Milyen módszerekkel gátolhatjuk a mikroorganizmusok működését?