



*A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock*

Élelmiszer-vizsgálati kísérletek középiskolás diákok oktatásában

Kulcsszavak: analízis, fizikai jellemzők, méréstechnika, savtartalom, viszkozitás

1. Összefoglalás

A kísérleteknek meghatározó szerepük van valamennyi természettudományos tárgy oktatásában. Úgy tapasztaltuk, hogy a tanulók nagyon szívesen veszik, ha a kísérletek tárgya a számukra is jól ismert anyag, jelen esetben valamilyen élelmiszer. Cikksorozatunk folytatásaként ismét 10 egyszerű, fizikai, kémiai és biológiai jellegű kísérletet írunk le. Témaköreink a következők: napsugárzás hatásának kitett feketekávé és tej hőfokának mérése, hajszálcsövesség tanulmányozása feketekávéba vagy vörösbortba mártott kockacukorral, méz viszkozitásának mérése, ételecet ecetsav-tartalmának meghatározása, étolaj viszkozitásának változása a hőmérséklet függvényében, koncentrációmérés Arkhimédész törvénye alapján, gyümölcsök savasságának mérése, szeszes italok alkoholtartalmának mérése, élesztőgomba mikroszkópos vizsgálata, alkoholos erjedés tanulmányozása élesztő hatására.

A kísérletek során felhasznált élelmiszerek: alma, bor, ecet, élesztő, feketekávé, gyümölcslé, méz, napraforgóolaj, narancs, pálinka, rum, szacharóz, tej, vörösbort

2. Bevezetés

Korábbi írásainkban [1], [2], [3], [4] is utaltunk arra, hogy meggyőződésünk szerint a természettudományos tárgyak oktatásában meghatározó szerepe van a kísérletek bemutatásának is. Úgy gondoljuk, hogy a képzési tematikában beépített természettudományos kísérletek szemléltetésével a tanárok oktatómunkája is eredményesebb és hatékonyabb lesz.

Az előző dolgozatokban ismertetett 10-10 kísérlet közül egyesek fizikai, mások inkább kémiai vagy biológiai jellegűek voltak. E tárgyak között természetesen nincsen éles határ. Úgy véljük, éppen a tárgyak közötti átfedések, összefüggések bemutatása – a kémia a fizikára épül, a biológia meg a kémiára – sőt a kapcsolódások hangsúlyozása fontos részét képezi a korszerű szemléletű természettudományos képzésnek. A következőkben – cikksorozatunkat lezárva – ismét 10 egyszerű, de továbbra is az élelmiszervizsgálatokhoz kapcsolódó kísérletet mutatunk be, amelyek különösebb nehézség nélkül elvégezhetőek egy közepesen felszerelt, fizikai, biológiai és kémiai kísér-

letek lefolytatására alkalmas iskolai laboratóriumban. Ha mindenképpen csoportosítani akarunk, akkor ezek közül 6 inkább fizikai, 2 kémiai és 2 biológiai jellegű vizsgálat, ill. kísérlet. Ez az arány elég jól mutatja, hogy az élelmiszer-analitikában, élelmiszer-minősítésben, élelmiszer-vizsgálati metodikákban is egyre inkább a fizikai jellegű méréstechnika a jellemző [5], [6], [7]. Évtizedekkel ezelőtt Pungor Ernő akadémikus is a fizikai elveken alapuló méréstechnikák térhódítását jósolta [8]. Bármennyire is meglepő – nyilatkozta a műszeres analitika nemzetközileg elismert szakértője – de az analitikából egyre inkább kiszorul a kémia, és annak helyét a fizikai elveken alapuló mérési módszerek veszik át. A már szinte megszokottnak tekinthető, de viszonylag új, műszeres fizikai technikák, mint pl. a

DSC (Differential Scanning Calorimetry),

NIR-NIT (Near Infrared – Near Infrared Transmittance Spectroscopy),

ESR-EPR (Electron Spin Resonance - Electron Paramagnetic Resonance Spectroscopy),

¹ Budapest Műszaki Szakképzési Centrum Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Vegyipari, Környezetvédelmi és Informatikai Szakgimnáziuma

² Budapesti Ward Mária Általános Iskola, Gimnázium és Zeneművészeti Szakgimnázium

NMR (Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy),
INAA (Instrumental Neutron Activation Analysis),
XRF (X-ray Fluorescence Spectroscopy),
PAS (Photoacoustic Spectrometry)

mellett egyre újabb mérés technikák, vizsgálati eljárások – pl.

FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy),

PLM (Polarized Light Microscopy),

SEM (Scanning Electron Microscopy),

XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy)

is alkalmazásra kerülnek [9].

3. A javasolt természettudományos kísérletek leírása

3.1. Napsütésnek kitett tej és feketekávé hőfokmérése

Két egyforma csészébe öntsünk kb. 50-50 ml tejet és feketekávét s tegyük olyan helyre a csészéket, ahol zavartalanul éri őket az erős napsütés. Ügyeljünk arra, hogy a két folyadék kezdeti hőfoka azonos legyen, például szobahőmérsékletű, azaz 293 °K. 15-20 perc elteltével mérjük meg a két folyadék hőmérsékletét. Közönséges bothőmérővel is jelentős hőfok-különbséget fogunk észlelni: a feketekávé hőfoka jóval meghaladja a tejben mérhető hőmérsékletet.

A jelenség oka az, hogy a sötét anyagok (itt a feketekávé) a rájuk eső hősugarak – a láthatónál nagyobb hullámhosszúságú infravörös fény – nagy részét elnyelik (abszorpció), s ezáltal gyorsan felmelegsznek. Ugyanakkor a világos anyagok (kísérletünkben a fehér színű tej) a hősugarak nagy részét visszaverik (reflexió) s csak nagyon kis hányadát nyelik el. Ennek következtében a hőfokemelkedés mértéke a tejben sokkal kisebb lesz, annak ellenére, hogy mindkét csészére, ill. a bennük lévő folyadéokra kb. azonos mennyiségű energia jutott a napsugárzásból adódóan.

3.2. Feketekávéba vagy vörösborba mártott kockacukor

Egy csészébe töltsünk kevés feketekávét s tegyük bele egy kockacukrot. Jól érzékelhető, hogy a kockacukor akkor is tele szívódik a kávéval, ha a cukrot nem lepi el teljesen a kávé. Vajon miért?

A válasz egyszerű: a hajszálcsővesség jelensége miatt. Bár a nagyobb keresztmetszetű, úgynevezett közlekedő edényekben a folyadékok szintje azonosnak tekinthető, de az igen vékony csövekben, az ún. hajszálcsövekben a nedvesítő folyadékok szintje magasabban helyezkedik el, mint a nagy keresztmetszetű ágakban. A kristályos kockacukor – kémiailag répacukor, azaz szacharóz – szivacsos szerkezete hajszálcsövek hálózatának tekinthető, ezért benne a kávé oldószerét képező víz – amely nedvesítő folyadék – a csészében lévő kávé szintjénél magasabbra húzódik fel [10].



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock

A kísérlet természetesen más folyadékkal, például vörösborral is látványosan bemutatható. A folyadék szintjének emelkedése ebben az esetben is jól látható. A kísérletek időtartama azonban nagyon behatárolt, hiszen a cukor a kávéban és a borban is jól oldódó anyag, így a folyadékokkal érintkezve rövid idő alatt szétmállik és feloldódik.

3.3. Méz folyóképességének (viszkózitásának) vizsgálata

Közismert, hogy a méz sokkal nehezebben folyik, mint például a víz, mivel a méz a viszkózitása jóval nagyobb a vízénél, más szóval kifejezve, nagyobb a belső súrlódása. Reológiai jellemzői következtében tehát kisebb a folyóképessége.

A méz nagyobb részben (mintegy 80 %-ban) különféle cukrok elegyéből áll, kisebb részben tartalmaz vizet és egyéb hasznos anyagokat. Ezért a méz lényegében tömény cukoroldatnak tekinthető. A méz viszkózitását számos paraméter befolyásolja. Közülük a hőmérséklet és a víztartalom meghatározó jelentőségű. Itt említjük meg, hogy a mézek fizikai és kémiai jellemzői között gyakran nagyon szoros korreláció mutatható ki [11].

Aki háztartásában sütemények készítéséhez mézet használ, tudja, hogy ha a mézet rövid ideig mikrohullámú sütőbe helyezi, akkor az anyag sokkal könnyebben fog folyni, ezért jobban el lehet keverni azt a sütemény tészájában. A hőmérséklet emelésével tehát a viszkózitás jelentősen csökken. A piacokon árusított, vagy a boltok piacain található mézeket szemügyre véve, s az üvegeket megmozgatva azt tapasztalhatjuk, hogy egyik méz nehezebben folyik, másik méz pedig folyékonyabb. Ennek oka legfőképpen a különböző összetétel (pl. glükóz-fruktóz arány) s ezen belül részben a víztartalom lehet. Több vizet tartalmazó mézek általában könnyebben folynak, kisebb a viszkózitásuk. Ahhoz, hogy össze tudjuk hasonlítani két különböző hőmérsékletű méz vagy két különböző víztartalmú méz viszkózitását, csupán egy kapillárisra, azaz kicsi keresztmetszetű üvegcsőre van szükségünk. Természetesen ma már többféle korszerű viszkoziméter (pl. rotációs viszkoziméter) létezik, ám az ilyen mérés technika kivitelezésére alkalmas berendezések többnyire nem állnak rendelkezésre az iskolai laborokban.

A méz viszkózitásának jellemzésére stopperóra segítségével mérjük meg azt az időt, amely alatt adott mennyiségű méz át tud folyni a kapillárison. Egy másik módszer a viszkózitás mérésére az, ha egy alkalmas méretű vasgolyót a mézzel töltött kapillárisba ejtünk, és megmérjük azt az időt, ami alatt a golyó leér a kapilláris aljára, és onnan leszakad. Mindkét mérésnél annak a méznek lesz kisebb a viszkózitása, amelyiknél rövidebb időtartamot időt mérünk. Hasonlítsunk össze néhány különböző eredetű (pl. akác, hárs, vegyes virág, gesztenye) mézet, s ha van idő, a méréseket eltérő hőmérsékletértékeken is hajtsuk végre.

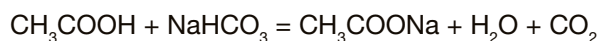
3.4. Ételecet ecetsavtartalmának vizsgálata

A kereskedelemben beszerezhető háztartási ételecet általában 10 vagy 20 %-os. Ez azt jelenti, hogy egy 1 literes flakon kb. 100 vagy 200 ml ecetsavat tartalmaz. Mivel a szobahőmérsékleten folyékony halmazállapotú ecetsav sűrűsége közel azonos a vízével (1,05 g/cm³), így a %-os értéket tömegben is megadhatjuk: 1 kg ételecetben mintegy 100 g vagy 200 g ecetsav található.

Az ételecetet a konyhában sokféle étel készítéséhez lehet használni, s nem mindegy milyen mennyiségben és töménységben alkalmazzuk. Felmerülhet a kérdés, hogy milyen módon tudnánk megállapítani annak az ételecetnek az ecet savtartalmát, amelyiknek valamilyen okból hiányzik a címkéje. Hogyan lehetne egyszerű konyhai eszközök és anyagok segítségével eldönteni, hogy 10 vagy 20%-os ecetről van szó?

A megoldás egyszerű: sav-bázis titrálást kell alkalmaznunk. Ha indikátor jelenlétében egy ismeretlen töménységű savhoz ismert töménységű lúgot adagolunk, akkor a sav és lúg között lezajló közömbösítési reakció maradéktalan lezajlását az indikátor színének változása jelzi. Amennyiben megmérjük a színváltozást elhasznált lúg oldat mennyiségét, számításal meghatározható az ecetsavtartalom.

A mérés elvét a reakcióegyenlet mutatja:



1 mol, azaz 60 g ecetsav 1 mol, azaz 84 g szódabikarbónával (Na-hidrogénkarbonáttal) reagál.

Mérjük ki mérőhengerrel (vagy otthoni skálázott pohárral) 100 ml ételecetet, amelynek tömege közel 100 g. Ebben a mennyiségben 10 g vagy 20 g ecetsav található. Mérjük ki 28 g szódabikarbónát, és oldjuk fel 300 ml vízben. A szódabikarbóna oldhatósága 25°C-on 100 g/l, tehát mintegy 10-szeres vízmennyiségben képes feloldódni. A 100 ml ecetet tegyük egy fél literes pohárba, indikátor gyanánt cseppentsünk bele néhány csepp céklalevet, majd kezdjük el keverés közben hozzáönteni a szódabikarbóna-oldatot! Ha a lúg oldat kb. felének a hozzáöntésével színváltozást tapasztalunk, akkor az oldat 10 %-os (10 g ecetsav ugyanis 14 g szódabikarbónával reagál), ellenben, ha csak a teljes lúg oldat hozzáadásakor látunk színváltozást, akkor az ételecetünk 20 %-os.

3.5. Viszkózitás hőfokfüggésének mérése napraforgó-olajjal

Közismert, hogy ha az asztalon álló pohárban lévő mézet kiskanállal gyorsan keverjük, a pohár úgy is forgásba jön, hogy a kanállal nem érünk a pohárhoz. Az erőhatást a viszkózus anyag közvetíti a pohár irányába, azaz a méz belső súrlódása eredményezi a pohár forgását. A mozgó folyadékban az egymáshoz

képeket nem nulla relatív sebességű folyadékrétegek között érintő irányú erők, súrlódási erők ébrednek. A súrlódási erő mértéke függ a folyadékra jellemző, ún. belső súrlódási vagy más néven viszkozitási együtthatótól.

A folyadékok viszkozitása tág határok között változik, a növényi olajoké jelentősen nagyobb, mint a vízé, de a méz az olajokénál is jóval nagyobb. A belső súrlódás döntően függ a hőmérséklettől. A hőfok emelkedésével a viszkozitás jelentősen csökken. A viszkozitás hőmérséklet-függését három, egymást követő mérésorozattal tudjuk szemléltetni. Öntsünk azonos mennyiségű (kb. 50 ml), de különböző hőmérsékletű napraforgóolajat egy vékony kapillárisban végződő üveghengerbe. Mérjük meg az olaj kifolyási idejét három különböző hőmérséklet-érték (pl. 20 °C, 50 °C és 80 °C) mellett. A kifolyási idő egyenesen arányos a viszkozitással, ebből összehasonlítható a három esetben a viszkozitás. A mérés természetesen csupán egy összehasonlító elemzés, nem kalibráljuk rendszert, és nem határozzuk meg az olaj tényleges viszkozitását sem. A méréssel csupán azt lehet bemutatni, hogy az olaj viszkozitása jól kimutathatóan módosul, ha hőmérséklete jelentősen megváltozik. A kísérleti eredmények kapcsán ugyanakkor arra is utalhatunk, hogy a hőmérséklet az egyes élelmiszeripari technológiák energiafelhasználását is befolyásolja, hiszen pl. a keverés energiaszükséglete a viszkozitástól is függ. Azt is tudjuk, hogy a szobahőmérsékletű vaját könnyebb kenni, mint a hűtőszekrényből kivett vaját. Az ok itt is a viszkozitás hőmérsékletfüggő jellegéből adódik. A folyadékok és paszták belső súrlódása tehát fizikokémiai tulajdonság. Technológiai szempontból dinamikus és kinematikus viszkozitást különböztethetünk meg [12]. A reológiai paraméterek mérése, ismerete rendkívül fontos az élelmiszerek vizsgálata során. Ezt bizonyítja az is, hogy az élelmiszer-fizikai tárgyú nemzetközi konferenciák tudományos programjában az élelmiszer-reológia általában önálló szekciót képvisel [13], [14]. Megjegyezzük, hogy a viszkozitás hőfokfüggése elv alapján a viszkozitás mérése akár egy adott rendszer hőmérséklet-meghatározására is felhasználható lehetne.

3.6. Koncentráció mérése Arkhimédész törvénye alapján

Korábban már említettük, hogy a biner elegyek koncentrációja kémiai analízis nélkül is egyszerű sűrűségméréssel kényelmesen meghatározható [2], [5]. A jól ismert széleskörűen alkalmazott piknométeres módszer mellett itt most az Arkhimédész-törvény alapján végrehajtott sűrűségmérési eljárást ismertetjük répacukoroldat (szacharóz) vizsgálata során. A sűrűségmérés eredménye alapján következtetni lehet a koncentrációra egy a sűrűség és koncentráció összefüggését mutató táblázat használatával vagy egy saját magunk által kimért kalibrációs görbe alapján. A feladat: ismeretlen koncentrációjú cukoroldat sűrűségének a meghatározása.

Az ismert sűrűségű és térfogatú, vízben nem oldódó szilárd test (mérésünk során alumínium- vagy vas-hasáb) súlyát ill. tömegét dinamométerrel (rugós erőmérő) lemérjük, majd belemerítve az ismeretlen sűrűségű folyadékba, megint lemérjük a test súlyát, ill. tömegét. A folyadék sűrűsége ekkor a két mérés különbségéből számolható. Pl. ha a 100 cm³-es alumínium hasáb tömege 270 g volt, a bemerítésnél viszont csak 158 g-ot mérünk, akkor 112 g-os a különbségből meghatározható a cukoroldat koncentrációja. Mivel a 100 cm³-es hasáb 100 cm³ cukoroldatot szorított ki, az oldat sűrűsége Arkhimédész elve alapján 112/100 g/cm³, azaz 1,12 g/cm³. Táblázatos adatok [16] alapján ez a sűrűség kb. a 30 %-os répacukor koncentrációnak felel meg.

Úgy véljük, ez a mérés különösen alkalmas arra, hogy a diákok összekapcsolják a kémia, illetve a fizika órán tanultakat, sőt egy mérés során fel is használják az összefüggéseket. Hiszen Arkhimédész törvényének megismerésekor szintén folyadékba (vízbe) merített szilárd test súlycsökkenését vizsgálják a diákok, tehát a törvény mélyebb megismerését szolgálja, ha megfordítjuk és gyakorlatban is hasznosítjuk is a megtanult ismereteket, ahogyan fentiek szerint az ismeretlen sűrűségű és koncentrációjú oldat sűrűségének a meghatározására használtuk a tanult összefüggéseket. Természetesen a cukorkoncentráció egyszerű, fizikai elvek alapján történő meghatározására más eljárások is ismertek. A foglalkozásokon említsük meg a refraktometriás vagy polarimetriás mérési módszereket is, hiszen a tanórákon a törésmutatóról és a poláros fényről is szó esik az optikai jelenségek témakörében.

3.7. Savanyú élelmiszerek savasságának vizsgálata

A diákok a savasság, lúgosság jelenségével még hetedik osztályban megismerkednek. A citrom és az ecet példáján könnyű rávezetni a tanulókat arra, hogy a savanyú ízű vizes oldatok ízét a bennük lévő savak (ill. precízebben azok disszociációja) okozzák, s ezek az oldatok savas kémhatásúak.

Az ecet és citrom mellett természetesen számos olyan élelmiszerral találkozhatunk, amelyek savas kémhatásúak. Kérdéseinkre a diákok a jól ismert savanyú ízű gyümölcsök (citrom, narancs, mandarin, esetleg alma, meggy) és gyümölcslevek mellett gyakran említik a savanyú káposztát és a belőle készült ételeket is. Azt azonban kevesebben tudják, hogy pl. a must, a borok, a sörök és az üdítőitalok is határozottan savas jellegűek.

A savanyú élelmiszerek savas jellegének vizsgálatát már a hetedik osztályosokkal is tanulmányozhatjuk anélkül, hogy a pH fogalmát mélységében (matematikai képlettel) magyaráznánk.

Bár a savas-semleges-lúgos kémhatású vizes oldatok univerzális indikátorpapír segítségével szemléle-

tesen megkülönböztethetők, a savanyú élelmiszerek vizsgálatához inkább savas pH-tartományú finomskálás pH-papír, vagy digitális pH-mérőt ajánlunk. Ez utóbbiak segítségével az egyes gyümölcsök, savas élelmiszerek és italok könnyen sorba rendezhetők savas jellegük erőssége, illetve viszonylag pontosan mérhető pH-értékük szerint.

A kísérletekhez a savas gyümölcsök közül célszerű lédúsakat választani annak érdekében, hogy a minták előkészítése egyszerű és gyorsan kivitelezhető legyen (pl.: egy kézi gyümölcsfacsaró használatával). A narancs és az alma pH-ját vizsgálva, azt tapasztaltuk, hogy a narancs esetében mintegy 3,0, az alma esetében 3,5 körüli volt a mérhető érték. Természetesen fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a mérési adatok csupán tájékoztató jellegűek, hiszen az azonos fajú gyümölcsök esetében is jelentős eltérést eredményezhet a fajtájelleg s az érettségi állapot is. Itt jegyezzük meg, hogy abból adódóan, hogy az egyes mezőgazdasági termékek, élelmiszerek komplex összetétele miatt számos puffer-hatású anyaggal is számolnunk kell, ezért a mért pH-érték és a titrálható savtartalom között nem teljesen egyértelmű a matematikai összefüggés [17].

A gyümölcsök vizsgálatánál röviden kitérhetünk arra is, hogy a gyümölcsök savanyú ízét, illetve ízhátas intenzitásának felismerését számos tényező befolyásolja, így csupán az ízeletés alapján nem lehet egyértelműen megállapítani a gyümölcsök savas jellegének mértékét. Másrészt a citrom esetén már az alsóbb osztályokban is érdemes megemlíteni, hogy a citromsav és az aszkorbinsav (C-vitamin) nem azonos vegyületek. Egyébként a szerves savakról a 10. osztályos szerves kémia tananyag részletes ismereteket tartalmaz.

A különböző, savas kémhatású italok vizsgálatával megállapíthatjuk, hogy azok pH értéke igen széles tartományba esik. A szénsavval dúsított ásványvizek, a sör, a bor, a gyümölcslevek, a kóla pH-értékeit összehasonlítva megállapítható, hogy a szénsavas ásványvíz 5 körüli pH-ja áll a legközelebb semlegeshez értékhez. Ehhez képest a sör (pH 4,3-5,0 tartomány), a bor (pH 3-4 tartomány), a gyümölcslé (pH 2,5-3,0) és a kóla (pH 2,5-2,8) egyre erőteljesebb savas jellegűt mutat.

A pH az oldatok töménységétől is függ. Ennek szemléltetéséhez azonos gyümölcsből készült gyümölcslé (100%-os gyümölcstartalom), nektár (legalább 25% gyümölcstartalom), gyümölcstital (legalább 12% gyümölcstartalom) és gyümölcstartalmú üdítőital (1-12% gyümölcstartalom) pH-jának vizsgálata lehet alkalmas, ha a termék előállítása során nem alkalmaztak savkiegészítést pl. citromsav adagolásával.

A kilencedik és tizedik osztályos diákok esetében célravezető lehet a kólából (vagy 10%-os ecetből) 10-szeres és 100-szoros hígítású oldatot készíteni és a három oldat pH-ját összehasonlítani. Így a tanulók megtapasztalhatják, hogy tízszeres savtartalom egy-egynyi pH-érték változást jelent.

3.8. Alkoholtartalom meghatározása sűrűségméréssel

A tizedik osztályos diákoknál az egyik közkedvelt szerves kémiai tananyag rész – talán nem teljesen véletlenül – az alkoholok témaköre. Természetesen ezek között is az etanol kapja a legtöbb figyelmet, elsősorban a belőle készült alkoholos italok miatt. Kihaszna-
nálva, hogy az etanol kútúnően elegyedik vízzel, és sűrűsége kisebb, mint a vízé (20 °C-on 0,789 g/cm³),



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock

a különböző alkoholtartalmú italok alkoholtartalma meghatározható a minták sűrűségmérésével, azzal, hogy a vizsgált rendszert lényegében biner elegynek tekintjük.

A kísérlet legegyszerűbben a minták tömegének és térfogatának közvetlen mérésével valósítható meg mérőhengerben, vagy úszó sűrűségmérő (areométer) alkalmazásával. Amennyiben pontosabb eredményeket szeretnénk kapni, a méréseket piknométerrel javasoljuk végezni.

Ahhoz, hogy az vizsgált minták alkoholtartalmát számolni tudjuk, a minták mérése előtt természetesen szükség van a különböző víz-etanol elegyek sűrűségadatainak ismeretére, vagy egy kalibráló sor készítésére.

Az alkoholtartalom meghatározásához három eltérő alkoholtartalmú ital – egy bor, egy pálinka és egy nagy alkoholtartalmú rum – vizsgálatát érdemes elvégezni és a kapott sűrűségadatokat összevetni a rendelkezésünkre álló táblázatos, vagy kalibrációs adatokkal.

Az eredmények jól fogják mutatni, hogy minél nagyobb az alkoholos italok alkoholtartalma, annál kisebb azok sűrűsége.

3.9. Élesztőgombák szaporodásának vizsgálata fénymikroszkóppal

Az élelmiszeripari és háztartási gyakorlatban élesztő alatt *Saccharomyces* nemzetségbe tartozó élesztőgombák több fajtát, legfőképpen a *Saccharomyces cerevisiae*-t, és azoknak számos spontán kialakult vagy tenyésztett törzsét, pontosabban inkább a belőlük készített élelmiszeripari termékeket értjük. Az élesztő összetételét tekintve 73-75 % vizet, 12-14 % fehérjét, kisebb mennyiségben ásványi anyagokat, zsíradékokat, szénhidrátokat, vitaminokat és enzimeket (főleg zimázt) tartalmaz. A különböző fermentációs eljárásokban ezt a mikroorganizmust alkalmazzák leggyakrabban. Szerepe, fontossága kenyérsütésnél, sörfőzésnél, borkészítésnél szinte mindenki számára egyértelmű. Az élesztő rendszeres fogyasztása egyébként mérsékli a stressz kedvezőtlen hatásait.

Mivel jelentős szerepet játszik a szénhidrátok lebontásának folyamatában, és serkenti a hasnyálmirigy működését, ezért rendkívül előnyös cukorbetegnek számára is. Továbbá megszépíti a bőrt, a házi kozmetikában és a kozmetikai iparban régóta használják bőrregeneráló hatása miatt.

A kenyér és egyéb pékáruk, illetve kelt tészták készítéséhez használt élesztő tehát a *Saccharomyces cerevisiae* nevű, egysejtű gombafajba tartozik. Az élesztőgombák élettevékenységüket szénhidrát tartalmú táptalajon folytatják: alkoholos erjedést okoznak és ivartalanul szaporodnak. E szaporodástípus a sarjadzás (más néven bimbózás), amelynek optimális hőmérséklete 25 °C. Kedvező körülmények között e folyamat igen gyors ütemű, az élesztősejtek mennyisége 1-2 óra alatt megduplázódhat. A tészta kelése során egyébként az élesztő erjesztő tevékenysége a legfontosabb tényező.

A kísérletben kis darab bolti élesztőt üvegpohárba teszünk és hozzáöntünk 20-30 ml langyos, 2-3% cukrot tartalmazó vizet és keverőbottal összekeverjük. Néhány perc elteltével az oldatból tárgylemezre cseppentünk, fedőlemezt helyezünk rá, és fénymikroszkóppal egyre nagyobb nagyítást alkalmazva vizsgáljuk. A nagyítást fokozatosan növelve jól látható a sarjadzási folyamat s megfigyelhető az élesztőgomba jellegzetes alakja is. A *Saccharomyces cerevisiae* sejtei lehetnek oválisak, gömbölyűek vagy körte-alakúak, és mivel a sejtek 5-10 mikrométer átmérőjűek, közönséges fénymikroszkóppal 100-szoros nagyítás mellett is jól megfigyelhetők.

Említsük meg, hogy a fénymikroszkóp felbontóképessége kb. 10^{-6} m, ami jóval kisebb, mint az elektronmikroszkópé (kb. 10^{-9} m), mert a fény hullámhossza sokkal nagyobb, mint az elektronsugáré.

3.10. Alkoholos erjedés vizsgálata élesztőgombával

Az élesztőgombákra jellemző alkoholos erjedés terméke az etilalkohol (etanol) és a szén-dioxid. Ha az élesztőt kelt tészták sütésénél használjuk, akkor az erjedés során keletkező szén-dioxid teszi szivacsossá, könnyűvé tésztát.



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock

A kísérlet során 150-200 ml langyos, 2-3% cukrot tartalmazó vízbe morzsoljunk bele kb. 20 g élesztőt alaposan keverjük össze a vízzel [18]. Az oldatot töltjük át egy hosszú, vékony nyakú, Erlenmeyer-lombikba. A lombik szájára húzzunk rá egy léggömböt, majd annak csomkját kössük rá szorosan a lombik nyakára. A lombikot langyos vízfürdőbe állítva, figyeljük meg a változást, amelynek során a léggömb térfogata fokozatosan növekedni fog, mivel az erjedés során CO₂ szabadul fel. 20-30 perc múlva vegyük le a léggömböt a lombikról, és annak gáztartalmát „öntsük” bele egy kisebb üvegedénybe, amelybe előzetesen egy égő gyertyát helyeztünk. Amint az üvegedénybe engedjük a – levegőnél nehezebb szén-dioxidot –, a gyertya lángja azonnal elalszik. Ezzel bizonyíthatjuk, hogy az élesztőgombás erjedésnél szén-dioxid szabadul fel.

4. Következtetés, összegezés

Meggyőződésünk, hogy a leírt tíz egyszerű, az élelmiszerek vizsgálatán, ill. az adott jelenségek élelmiszerek felhasználásával történő tanulmányozásán alapuló fizikai, kémiai és biológiai jellegű kísérlet bemutatása hatékonyan segíti a diákok felkészülését a természettudományos tárgyakban. Úgy véljük, a mérések adatainak megvitatása, az eredmények értelmezése és persze a következtetések levonása a tanulók logikai készségüket is javítja. Mivel a kísérleteket a tanulók számára is jól ismert mezőgazdasági termékekkel és élelmiszerekkel végezzük, úgy gondoljuk, hogy a szemléltetéssel hasznosítható ismereteket közvetítünk a tanulók számára az élelmiszerekről, sőt a táplálkozásról is, ezáltal is felkeltve érdeklődésüket az élelmiszergazdaság iránt.

E dolgozattal lezárjuk az Élelmiszervizsgálati Közlemények hasábjain közzétett 5 részes cikksorozatunkat. Őszintén reméljük, hogy írásainkkal jó ötletekkel szolgálhattunk az élelmiszerek vizsgálata, minősítése iránt érdeklődő tanártársainknak, a természettudományos oktatást érdekesebbé, szemléletesebbé tévő kísérletek lebonyolításához. Bízunk abban is, hogy a bemutatott mérések, vizsgálatok beépülnek majd az oktatott tananyagba, segítve a diákok felkészítését a természettudományos tárgyakban.

5. Irodalom

- [1] Szabó S.A., Izsák M., Bozi J. (2015): Általános - és középiskolás diákok kémia- és fizikaoktatása élelmiszer-vizsgálati kísérletek segítségével. *Élelmiszervizsg. Közl.*, 61 (2), 647-656.
- [2] Bozi J., Szabó S. A., Izsák M., Tiszáné Kósa E. I., Szabó G. L. (2016): Diákok kémia, biológia és fizika oktatása élelmiszervizsgálati kísérletek segítségével. *Élelmiszervizsg. Közl.*, 62(1), 975-983, (1).
- [3] Izsák M., Bozi J., Tiszáné Kósa E., Szabó G. L., Szabó S. A. (2016): Iskolai természettu-

dományos képzés élelmiszervizsgálati kísérletek segítségével. *Élelmiszervizsg. Közl.*, 62 (3), 1177-1183.

- [4] Tiszáné Kósa E.I., Szabó S.A., Szabó G. L., Izsák M., Bozi J. (2017): Természettudományos oktatás az iskolában élelmiszervizsgálati kísérletek segítségével. *Élelmiszervizsg. Közl.*, 63(1), 1453-1458.
- [5] Ötles, S. (ed.) (2005): *Methods of analysis of food components and additives*. CRC, Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida.
- [6] Amtmann M. (szerk.) (2006): *Élelmiszerek analitikai vizsgálata*. Élelmiszerbiztonság és minőség felnőtt fokon sorozat. BCE-Mezőgazda.
- [7] Szabó S. A., László P. (2009): Az élelmiszerfizikai vizsgálatok jelentősége az élelmiszerek minősítésében. *Élelmiszervizsg. Közl.*, 55(3), 166-169.
- [8] Pungor Ernő (1969): Személyes közlés, Veszprém.
- [9] Tunick, M., H., Onwulada Ch., I. (eds.) (2014): *Physical methods in Food Analysis*. ACS Symp., Amazon Books, American Chemical Society.
- [10] Veresné Horváth É. (2012): *Érdekes kérdések, fizikai válaszok*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- [11] Csóka M., Tolnay P., Szabó S. A. (2014): Hárszékinták mért fizikai és kémiai jellemzői közötti összefüggés. *Élelmiszervizsg. Közl.*, 60(4), 363-370.
- [12] Rauscher, K., Engst, R., Freimuth, U. (1986): *Untersuchung von Lebensmitteln*. VEB, Fachbuchverlag Leipzig, DDR.
- [13] 5th International Conference on Food Physics, May 30-June 01, 2002, Brno, Czech Republic, Mendel University of Agriculture, book of abstract, p. 60.
- [14] 6th International Conference on Food Physics. 22-26 May, 2004, Pecs, Hungary, Program and Abstracts, p. 104.
- [15] Szabo, S., A., Izsak, M. (2015/2016): Teaching of physics in schools with help of experiments of food investigation. *J. Food Phys.*, Vol. 28-29, 40-46.
- [16] Preisich M.(1963): *Vegyészek zsebkönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [17] Szabó S. A., Bende E., Kovács M., Hajós P. (1976): Uborka felöntőlé pH-jának és titrálható savtartalmának vizsgálata. *Konzerv- és Paprikaipar*, 74-75, (2).
- [18] Molnár K., Mándics D. (2016): *Biológia*. 11. osztály, Kísérleti tankönyv, Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet.