



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

Tiszáné Kósa Eszter Imola¹, Szabó S. András¹, Szabó Gergely Levente²,
Izsák Margit¹, Bozi János¹

Érkezett: 2016. június – Elfogadva: 2016. szeptember

Természettudományos oktatás az iskolában élelmiszer-vizsgálati kísérletek segítségével

Kulcsszavak: természettudományos oktatás, analitika, élelmiszerbiológia, élelmiszerfizika, élelmiszerkémia, mérés technika

1. Összefoglalás

A természettudományos ismeretek oktatásában a kísérleteknek meghatározó a jelentősége. A diákok pedig – úgy tapasztaltuk – nagyon szívesen veszik, ha a kísérletek tárgya egy számukra is jól ismert anyag, jelen esetben valamilyen élelmiszer. Ismét tíz egyszerű, fizikai, kémiai és biológiai jellegű kísérletet írunk le a következő témakörökben: színekialakulás és pH-érték, ízfelismerés elfedése, tojásfehérje reakciója sóval és citromlével, szőlőcukor és porcukor azonosítása, pezsgőpor készítés, tej zsírtartalmának mérése, xantoprotein reakció, sajtoltvasztás mikrohullámú sütőben, főzés kukta fazékban, karotinoidok kimutatása.

A vizsgálatok illetve a kísérletek során felhasznált élelmiszerek: céklalé, citromsav, málnaszörp, szódabikarbóna, vörösbor, tojásfehérje, konyhasó, citromlé, szőlőcukor, porcukor, borkósav, tej, sajt, sárgarépa.

2. Bevezetés

Korábbi cikkeinkben [1], [2], [3] már leírtuk, hogy meggyőződésünk szerint a természettudományos tárgyak oktatásában meghatározó szerepe van a kísérletek bemutatásának is. Természettudományos kísérletek beépítésével a képzésbe – azaz a szemléltetéssel – remélhetőleg az oktatómunkánk is eredményesebb és hatékonyabb lesz.

Az előző dolgozatokban már bemutatunk számos kísérletet, amelyek közül egyesek inkább fizikai, mások inkább kémiai vagy biológiai jellegűek voltak. Természetesen nincs éles határ e tárgyak között, és úgy véljük, hogy a korszerű szemléletű természettudományos képzésnek éppen a tárgyak közötti átfedések, összefüggések leírása, sőt a kapcsolódások kihangsúlyozása jelenti fontos részét. A következőkben ismét tíz egyszerű, de továbbra is az élelmiszer-vizsgálatokhoz kapcsolódó kísérletet mutatunk be. Természetesen olyanokat, amelyek különösebb gond nélkül elvégezhetők egy közepesen felszerelt, fizikai, biológiai és kémiai kísérletek lefolytatására alkalmas iskolai laboratóriumban.

3. A javasolt természettudományos kísérletek leírása

3.1. Miért vörös színű a cékla, és változik-e a szín a pH-változás hatására?

A 9. osztályos kémia könyvben [4] az olvasható, hogy Boyle az 1600-as években olyan megállapítást tett, hogy savak azok a vegyületek, amelyek a növényi kivonatok színét pirosra változtatják. Ezen kívül egy érdekes természeti jelenséget is említ a tankönyv, amely szerint egy díszcserje, a kerti hajnalka (*Ipomoea purpurea*) virágának színe attól függ, hogy milyen napszakban figyeljük meg. Reggel sötétkék színű, aztán a nap során fellépő fotoszintetikus tevékenység következtében (asszimilációs fiziológiai folyamatok változtatják a növényi nedv pH értékét, fokozatosan savassá válik) színe vörösre módosul.

A céklában jellegzetes bordó színt adó színyanyagok az antociánok (antocianinok, antocianidinek) közé tartoznak. Azt vizsgáltuk, hogy a céklalé színe módosul-e a pH-változtatás hatására, ha a léhez savat (citromsav) illetve lúgos anyagot (szódabikarbóna) adunk. A cékla esetében jelentős színváltozás nem

¹ Budapesti Ward Mária Általános Iskola, Gimnázium és Zeneművészeti Szakgimnázium

² Budapest Műszaki Szakképzési Centrum, Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Vegyipari, Környezetvédelmi és Informatikai Szakközépiskola

lépett fel. A citromsav hatására talán kissé intenzívebb lett a bordó szín, de a lúgos pH-tartományba való eltolás sem befolyásolta alapvetően az eredeti céklalé határozottan bordó színét. A jelenségből az a következtetés vonható le, hogy a céklalé bordó színének kialakulásáért nem csupán az antocián vegyületek felelősek. Az antociánok savas közegben oxónium formában vannak jelen, amelyek a pH-növekedés (lúgosítás) hatására fokozatosan kinoidális szerkezetűvé alakulnak, amelynek során a szín a bordóból ugyan kék árnyalatúvá változik [5], [6], de ez a színváltozás nem elég intenzív a cékla többi stabil színanyagának elnyomásához. Az indikátorként ismert lakmusz esetében szintén az oxónium-kinoid átalakulás megy végbe.

A kísérletet vörösborral is elvégeztük és azt tapasztaltuk, hogy a savanyítás ebben az esetben sem befolyásolta a bor vörös színét; a lúgosítás hatására viszont fokozatosan barnás-kékes árnyalatúvá vált az eredeti szín.

3.2. Ízanyagok elfedésének vizsgálata málnaszörp esetében

Számos korábbi kísérletben [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14] bizonyítottuk, hogy az egyes aromaanyagok érzékszervi érzékelhetősége, illetve intenzitásának felismerhetősége az élelmiszerekben jelenlévő egyéb komponensek jelenlététől is függ. A kísérletben a diákok málnaszörpöt vizsgáltak édes íze 1:5 arányú, vízzel való hígítás után. Két mintát kaptak, azonban az egyik mintát 1% citromsavval egészítettük ki. A feladat az volt, hogy a két minta közül meg kellett állapítaniuk, hogy melyiket érzik édeesebbnek, illetve érzékelnek-e különbséget az édes ízben. A visszakóstolás lehetőségét biztosítottuk.

A málnaszörp a jellegzetes illatot adó aromaanyagon – 4-(4-hidroxi-fenil)-butanon – kívül főleg cukrokat és szerves savakat tartalmaz, ezek adják az édes és a savanyú ízt. A diákok többsége (>80%) a citromsavval kiegészített mintát jelölte kevésbé édesnek, de néhányan a két minta között nem tudtak különbséget tenni. A citromsavos mintát senki sem érzékelte édeesebbnek. Tehát helyes a következtetés: a citromsav jelentősebb koncentrációban való jelenléte mérsékli az édes íz intenzitását. Nyilvánvalóan azért, mert az érzékelés folyamatában (inger-ingerület-érzet) az édes ízt adó anyag jelenlétét érzékelő bioszenzor jelét a savanyú ízt érzékelő bioszenzor jele zavarja. Ez az oka annak, hogy azonos cukortartalmú cseresznye és meggy fogyasztása során a meggyet azért érezzük savanyúbbnak, mert a savtartalom (főleg almasav, citromsav, borostyánkősav és aszkorbinsav) a meggyben jelentősen meghaladja a cseresznyében mérhető értéket [15].

3.3. Tojásfehérje reakciója konyhasóval és citromlével

A kísérlet során a kémcsőbe konyhasót adagoltunk tojásfehérjéhez, majd kis idő elteltével desztillált vi-

zet öntöttünk rá. A kísérleti tapasztalat azt mutatta, hogy kis mennyiségű konyhasó hozzáadására a tojásfehérje változatlan maradt, nagyobb mennyiségű só hozzáadása után azonban a fehérje kicsapódott, de desztillált víz hozzáadása után újra oldatba került. A jelenség úgy magyarázható, hogy a fehérjemolekulák hidrátburkát a hidratálódó ionok elvonják, ezért a fehérjemolekulák konjugálódnak. Víz hozzáadásával viszont a hidrátburok újra kialakul, tehát ez a változás reverzibilis.

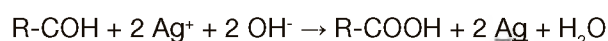
A citromlével végzett kísérlet során a fehérje kicsapódott a kémcső falára, s hiába adtunk a rendszerhez desztillált vizet, a fehérje nem oldódott fel. A magyarázat lényege, hogy amikor a tojásfehérjére (protein) savat öntünk, a proteinek szerkezete (a tojásfehérjében albuminnak nevezik) kémiaiilag változik meg. Ilyen módon sav hatására a fehérje denaturálódik és kicsapódik a kémcső falára. Ez a kémiai változás visszafordíthatatlan (irreverzibilis).

3.4. Szőlőcukor és porcukor oldat azonosítása

A feladat a glükózból és szacharózból készült oldat megkülönböztetése, s az azonosításra például az ezüsttükör próbát alkalmazhatjuk. A kísérletek során előbb a reagenst készítjük el, úgy, hogy egy kémcsőbe ezüst-nitrát-, majd ammónia-oldatot öntünk addig, míg a kezdetben leváló csapadék fel nem oldódik. A glükóz- és szacharóz-oldatokhoz ebből a reagensből adagolunk. A kémcsőveket gázégővel vagy borszuszégővel melegítjük, és megfigyeljük a változásokat. Az tapasztalható, hogy az ezüsttükör próba során a glükóz-oldatot tartalmazó kémcsőben ezüst csapadék – fémezüst tükör – válik ki. A szacharóz-oldatot tartalmazó kémcsőben viszont változás nem következett be.

A jelenség azzal magyarázható, hogy mivel a glükóz redukáló gyűrűs monoszacharid, molekulái vizes oldatban felnyílnak és a szénlánc végén redukáló hatású formilcsoportot képeznek. Ezért a glükóz adja az aldehidekre jellemző reakciókat, így az ezüsttükör-próbát is. A szacharóz viszont nem redukáló diszacharid, a molekulákat alkotó két gyűrű még vizes oldatban sem nyílik fel, így nem alakulhat ki formilcsoport sem. Ezért a szacharóz oldat hatására az ezüsttükör-próba negatív lesz.

Az ezüsttükör-próba általános egyenlete:



Megemlíttük, hogy mindkét cukorból azonos koncentrációjú (pl. 2%) oldatot készítve, érzékszervileg is jól kimutatható köztük a különbség, mivel a szőlőcukor édes ízt eredményező hatása lényegesen kisebb mértékű, mint a szacharózé. Tehát ez esetben az analitikai feladat a legegyszerűbb és legtermészetesebb mérés technika – az emberi bioszenzorok felhasználása – alkalmazásával is megoldható.



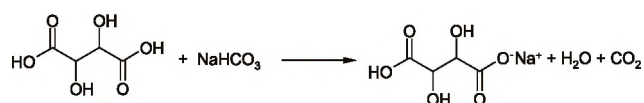
A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Foto/Photo: Shutterstock

3.5. Pezsgőpor készítés, majd a porból üdítőital előállítása

A sav-bázis reakcióknak az élelmiszerkémiaiában is nagy jelentősége van. A különféle pezsgőtabletták esetében is sav-bázis reakció révén indul meg a tabletták oldódása. Az oldódást egyúttal gázfejlődés is kíséri. A pezsgőtablettákhoz hasonló pezsgőport kémia órán is könnyen készíthetünk, szemléltetve ezzel a valódi tabletták működési elvét és annak kémiai hátterét.

A demonstrációs céllal készülő pezsgőpor elkészítéséhez kb. 1 g borkósav, 1 g nátrium-hidrogén-karbonát (szódabikarbóna), továbbá az üdítőital előállításához mintegy 10 g kristálycukor és 100 cm³ víz szükséges [16]. A borkósavat és a nátrium-hidrogén-karbonátot először dörzsmozsárban elporítjuk, majd az elegyet főzőpohárba töltjük és hozzáöntjük a vizet. Ennek hatására élénk pezsgés tapasztalható. Amennyiben a cukrot is feloldjuk a pohárban, kellemes ízű üdítőitalt kapunk.

A pezsgőpor oldódása során tapasztalt heves pezsgés magyarázata az, hogy a borkósav – mint gyenge sav – és a nátrium-hidrogén-karbonát – mint gyenge bázis – sav-bázis reakcióba lép egymással, melynek során CO₂ gáz képződik a következő reakció szerint:



A kísérlet előnye, hogy a szükséges anyagok könnyen beszerezhetők, így a diákok akár otthon is elvégezhetik a kísérletet. Megjegyezzük, hogy a kémiai laboratóriumban tilos ételt és italt fogyasztani, de ha a higiéniai körülmények lehetővé teszik, kivételesen akár egy közös üdítőital-fogyasztás mellett is elmagyarázható a diákoknak a kísérlet kémiai háttere.

A kísérlet egyúttal jó alkalmat biztosít arra is, hogy átismételjük a kémiai és fizikai oldódás jellegzetességeit és különbségeit. A kísérlet ugyanakkor nem csupán a 9. osztály tananyagában használható fel, hanem 10. osztályban is, a szerves savak tárgyalásánál. Ez utóbbi esetén érdemes megemlíteni, hogy a borkósav a borban található szerves savak egyik igen fontos képviselője, ugyanakkor – mint savanyúságot szabályozó szert és antioxidáns – az élelmiszeriparban is széleskörűen alkalmazzák.

3.6. Tejek zsírtartalmának összehasonlító mérése

Az élelmiszerüzletekben kapható tehéntejek többnyire 1,5 és 2,8% közötti zsírtartalmúak, bár 0,1 és 3,6% is előfordul. Ugyanakkor a frissen fejt tej zsírtartalma ettől jelentősen nagyobb, általában 4% körüli érték. Bár a tejelő tehén által termelt tej összetétele meglehetősen stabilnak tekinthető, a friss tej zsírtalmát kis mértékben számos tényező befolyásolja, mint pl. a szarvasmarha fajtája, az évszak, a takar-

mány összetétele, de a fejes során is módosul kissé a tej zsírtartalma. A különböző zsírtartalmú tejek – a kísérletben 1,5 és 2,8%-os zsírtartalmú ipari tejmin-tákkal dolgoztunk – zsírtartalmának összehasonlításához dietil-éter (vagy benzin), továbbá a minták szá-mának megfelelő számú 50 cm³-es mérőhenger, 200 cm³-es rázótolcsér és Petri-csésze, valamint vízfürdő és mérleg szükséges [16]. Maga a vizsgálat extrahálással kombinált gravimetriás eljárás.

A mérést úgy végezzük, hogy a különböző zsírtartal-mú minták 50-50 cm³-ét egy-egy rázótolcsérbe önt-jük, majd 15 cm³ dietil-étert adunk hozzájuk és néhány percig intenzíven rázzuk az elegyeket. Miután elvá-lasztottuk a vizes (alsó) fázist a szerves (felső) fázistól, 8-8 cm³ éteres oldatot öntünk minden ismert tömegű Petri-csészébe és vízfürdőn bepároljuk azokat. Az ol-dószer elpárolgása után visszamaradó anyag tömegét megmérve következtethetünk a minták zsírtartalmára.

Érdekességgéppen meg lehet jegyezni, hogy a köz-nyelvben vannak egyéb „tej”-nek nevezett italok is (pl. rizstej, szójatej, kókusztej), melyeket nem szabad összekeverni az állati eredetű valódi tejjel. Mind-azonáltal érdekes tény, hogy pl. a kókusztej zsír-tartalma kimagaslóan magas, akár 17% is lehet. A tej mellett azért a különféle tejtermékek zsírtartalmáról is érdemes lehet néhány adatot megemlíteni, s talán még inkább célravezető, ha feladatul szabjuk a diá-koknak, hogy maguk nézzenek utána az élelmiszér-üzletek polcain található sűrített tej, joghurt, kefir, tejföl vaj, sajt és túró összetételének.

3.7. Fehérjekimutatás xantoprotein reakcióval

Öntsünk kémcsőbe mintegy 2 ml tejet és 1 ml tömény salétromsavat. A keveréket enyhén melegítsük, de nem szabad forralni. A vizsgálat eredményeként sár-ga színreakció figyelhető meg. A műveleteket nagy körültekintéssel kell végezni a tömény sav maró ha-tása miatt, főleg a melegítés során legyünk óvatosak.

A jelenség lényege, hogy a xantoprotein reakcióval azok a fehérjék (polipeptidek) mutathatók ki, amelyek

benzolgyűrűs aminosavakat is tartalmaznak. Tömény salétromsav hatására ezek az aminosavak (fenilala-nin, triptofán, tirozin) benzolgyűrűi nitrálódnak, és ez-által jellemző nitrovegyületekké alakulnak át. A „xant-hos” görög szó sárgát jelent, a protein szó pedig a fehérjére utal, innen ered a reakció elnevezése. Mivel ezek az aromás gyűrűt tartalmazó aminosavak csak-nem minden fehérjében megtalálhatók, ez a reakció a fehérjék egyik jellemző, általánosan is alkalmazható kimutatási módszere.

3.8. Mikrohullámú sütőben olvasztott sajt

Ma már szinte minden háztartásban van mikrohullá-mú sütő, amelynek alkalmazásáról már előző dolgo-zatunkban [3] is írtunk. A jelen kísérlet arra szolgál, hogy jobban megértsük, hogyan működik a sütő, azaz milyen természetűek a mikrohullámok. Érde-mes a diákokkal tisztázni, hogy a „mikro” görög szó magyarul annyit jelent, hogy „kicsi”. Természetesen nem szabad összetéveszteni a „mikro” előtaggal (prefixum), amit pl. a hosszérték (méter) elé tes-zünk, és aminek határozott matematikai tartalma van: tíznek a mínusz hatodik hatványa. Viszont a mikrohullámok nem mikrométer (10⁻⁶ m) hosszúsá-gú hullámok.

A kísérlethez szedjük ki a mikrohullámú sütő for-gótányérját és helyette tegyünk be egy akkora kar-tonlapot, amely teljesen lefedi a berendezés alját. A kartonlapot reszelt sajttal vagy lapka sajttal érdemes borítanunk úgy, hogy a sajt egyenletesen terüljön el a kartonon [18]. Majd kapcsoljuk be a sütőt kb. 30 másodpercre. A sajt bizonyos helyeken felhevül és megolvad (ezek a duzzadóhelyek) és máshol hideg marad (ezek a csomópontok). Magyarázzuk el a diá-koknak, hogy a működő sütőben állóhullámok kelet-keztek. A megolvadt sajtrészek távolságából követ-keztethetünk az állóhullámok formájában megjelenő mikrohullámok hosszára. A tapasztalatok szerint az olvadt részek kb. 6 cm-re vannak egymástól, ez a teljes hullámhossz fele. Tehát a mikrohullámú sütőnk kb. 12 cm hosszúságú hullámokkal működik. Ha ezt behelyettesítjük a egyenletbe, akkor adódik, ami



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

2,5 GHz frekvenciájú elektromágneses hullámokat jelent. A valóságban egyébként ezek 2,45 GHz-es hullámok, s ez az egyszerű mérés nagyon jó becslést adott a frekvenciájukra is.

3.9. Ételfőzés kuktában

Az ételek kuktában való főzésének több előnye van, így pl. gyorsabban és energiatakarékosabban készül el az étel. Nézzük meg, hogy fizikus szemmel mi történik a kuktában való főzés során.

Bizonyos mennyiségű folyadékban (itt vízben) fel tesszük főni az ételt, és lezárjuk a kukta fedelét. A zárt edényben a hőközlés hatására a folyadék fölött keletkező gőz nyomása jóval meghaladja a légköri nyomást (kb. 1 bar azaz 10^5 Pa). Ilyen körülmények között a víz forráspontja magasabb lesz. Vagyis azon a hőfokon, amelyen légköri nyomás esetén már forrna a víz, a kukta fazékban még nem indul meg a forrás. A diákok számára érdemes tisztázni, hogy a forrás akkor következik be, amikor a külső légnyomás (itt a kuktában belül, a zárt térben lévő nyomás) egyenlő a folyadék telített gőzének nyomásával. Azaz a folyadék fölött lévő nagyobb nyomás nem engedi kiszabadulni a folyadékban keletkező gőzbuborékokat, s így nem indul meg a forrás. Emlékeztessük a diákokat arra, hogy a kuktában készíthető élelmiszer és a víz közötti kölcsönhatásból adódóan bizonyos anyagok (pl. sók, cukrok) a nyers élelmiszerből kioldódnak, és ezáltal adott összetételű oldat keletkezik, amelynek már önmagában is magasabb a forráspontja, mint a tiszta víznek.

Említsük meg, hogy konyhatechnikai szempontból is előnyös lehet a kuktafazék alkalmazása, hiszen csupán kevés vizet használva a készíthető ételek csak párolódnak, s nem pedig főnek, jobban megőrizve ezáltal a vitamin- és ásványianyag-tartalmukat. Természetesen a kukta fedelén lévő szeleppel szabályozható a nyomás, hiszen balesetveszélyes volna teljesen lezárt kuktában főzni.

Így is körülbekintést igényel, amikor levesszük az ételt a tűzről. Vagy hagyni kell a kuktát magától kihűlni, vagy hideg vizes hűtéssel segíthetjük. Érdekes jelenség, hogy amikor levesszük a fedőt, forni kezdhet a kuktában lévő étel, mert a hőmérséklete még mindig magasabb lehet, mint a légköri (kisebb) nyomásnak megfelelő forráspont.

3.10. Karotinoidok kimutatása

A karotinoidok a növényi és állati szervezetekben egyaránt megtalálható lipidek. A vegyületeikben található konjugált kettős kötések π -elektronjai delokalizálódnak, így a látható fény fotonjai gerjeszteni képesek. A visszavert, az elnyelt (abszorbeálódott), illetve a kisugárzott fényenergia spektruma olyan, hogy a molekuláik színesek, s a szín a sárgától a vöröségig változik.

A karotinoidok közé tartozik a paradicsom termésének piros színét adó *likopin*, a sárgarépa karógyökerének vagy a sütőtök termésének narancssárga színéért felelős *karotin*, illetve a növények fotoszintézisében a karotin mellett szerepet játszó sárga színű *xantofill*. Az állati és emberi szervezet számára fontos zsírban oldódó vitaminok közül a bőrvédő, és látásért is felelős *A-vitamin* szintén a karotinoidok közé tartozó karotin származék.

A vizsgálat során fontos az eszközök tisztán- és szárazon tartása, mert minimális mennyiségű nedvesség is zavarja a reakciót. A vizsgálatok során A-vitamin készítményt és sárgarépát használtunk, ezekből mutattuk ki a karotinoidok jelenlétét.

Az első vizsgálat során száraz kémcsőbe 2-3 csepp olajos A-vitamin készítményt teszünk, amelyhez 1 ml kloroformot adunk, és jól összerázzuk. Az így kapott oldatból néhány cseppet szűrőpapír közepére cseppentünk, mindig bevárva, amíg az előző csepp megszárad. A megszáradt foltra 2 csepp kloroformos antimon-trikloridot cseppentünk. Az A-vitamin így kék színreakciót ad.

A második mérésnél lereszelt sárgarépából bemérünk 2-3 g-ot, majd mintegy 5 ml alkoholos kálium-hidroxid oldatot adunk hozzá és dörzsmozgásban jól eldörzsöljük. Pár perc múlva kis rázótolcsérbe öntjük át a folyékony részt, majd ugyanannyi kloroformot adunk hozzá. Az elegyet jól összerázzuk, majd az alsó kloroformos réteget száraz kémcsőbe engedjük. A kémcső tartalmát kevés vízmentes nátrium-szulfáttal összerázzuk, amíg az oldat kitisztul. Ebből az oldatból cseppentővel szűrőpapírra cseppentünk, mindig ugyanarra helyre. A beszáradt foltra 2 csepp kloroformos antimon-trikloridot cseppentünk. A sárgarépa karotin tartalma szintén kék színreakciót ad.

A színreakció magyarázata az, hogy az antimonionok a karotinoid molekulákhoz kémiaiilag kapcsolódnak, ezáltal megváltoztatják a delokalizált π -elektronrendszer fényelnyelését, és ez a változás okozza a kék szín megjelenését.

4. Következtetések

Úgy véljük, hogy a leírt tíz egyszerű, az élelmiszerek vizsgálatán, illetve az adott jelenségek élelmiszerek felhasználásával történő tanulmányozásán alapuló fizikai, kémiai és biológiai jellegű kísérlet, vizsgálat elvégzése, illetve ezek tanórákon történő bemutatása segíti a diákok ismereteinek bővítését a természettudományos tárgyakban. Továbbá a mérések adatainak megvitatása, értelmezése és természetesen a következtetések levonása a logikai készségüket is javítja.

Bízunk benne, hogy a kísérleteket a mindennapi életben a tanulók számára is jól ismert mezőgazdasági termékekkel és élelmiszerekkel végezve felkeltjük az érdeklődésüket a természettudományok és az élelmiszergazdaság összefüggései iránt.

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, 2016(1).
- [3] Izsák M., Bozi J., Tiszáné Kósa E., Szabó G. L., Szabó S. A. (2016): Iskolai természettudományos képzés élelmiszervizsgálati kísérletek segítségével. *Élelmiszervizsg. Közl.*, 62(3), 1177-1183.
- [4] Siposné Kedves É., Horváth B., Péntek L.-né (2013): KÉMIA tankönyv. Általános és szerves kémia, 9. osztály, Mozaik Kiadó, Szeged.
- [5] Gasztonyi K., Lásztity R. (szerk.) (1992): *Élelmiszerkémia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- [6] H.D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle (2004): *Food chemistry*. Springer Verlag, Berlin.
- [7] Szabó S. A. (2009): Komplex ízfelismerő képesség vizsgálata, az alapíz kölcsönhatások összehasonlító érzékszervi felmérése. I.-II.-III.-IV.-V.-VI.-VII.-VIII, *Élelmezési Ipar*, 41(4), 138-140, 41(5), 181-182, 1987, 45(3), 101-103, 1991, 60(4), 119-121, 2006, 61(4), 125-127, 2007, 63(3), 88-90, 63(4), 119-120, 63(5), 154-155.
- [8] A.S. Szabo (1995): Investigation of interaction of basic tastes by organoleptic evaluation of foodstuffs. 9th World Congress of Food Science and Technology, 30.07-04.08. 1995, Budapest, book of abstracts, Vol. 1., p. 100.
- [9] A.S. Szabo (1995): Investigation of perceptibility of sweet taste in the presence of other aroma components. Study of interaction of basic tastes. *Int. Symp. on Sweeteners*, Jerusalem, Israel, 14-20 July, 1995, book of abstracts, p. 31.
- [10] A.S. Szabo (1998): Investigation of perceptibility of sweet taste in the presence of other aroma components, study of interaction of basic tastes. *Publ. Univ. Hort. Ind. Aliment.*, 57, 23-27.
- [11] A. S. Szabo (2001): Investigation of interaction in perceptibility of sweet and bitter taste. *IUPAC-ISS*, 13-17 Nov., 2001, Hiroshima, Japan, Conf. book of abstracts, p. 57.
- [12] A.S. Szabo: Investigations for study of interaction in perceptibility of sweet and bitter tastes by sensory evaluation. *J. Food Phys.*, XVII-XVIII, 77-84, 2004/2005.
- [13] Szabó S.A. (2008): Ízfelismerő képesség vizsgálata sós (nátriumklorid) ízre citromsav jelenlétében. *Élelmiszervizsg. Közl.*, 64(3), 173-179.
- [14] Szabó S.A., Csóka M. (2005): Egyetemi hallgatók ízfelismerő és ízkülönbség-felismerő képességének vizsgálata. *Élelmezési Ipar*, 59(6-7), 189-191.
- [15] Rodler I.(szerk.) (2004): *Táplálkozási ajánlások, adatok a tápanyagtáblázatból*. Budapest, Nemzeti Népegészségügyi Program, OÉTI.
- [16] Rózsahegyi M., Wajand J. (1991): 575 kísérlet a kémia tanításhoz. 545. old., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- [17] Rózsahegyi M., Wajand J. (1991): 575 kísérlet a kémia tanításhoz. 553. old., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- [18] Dégen Cs., Elblinger F., Simon P. (2015): *FI-ZIKA 11*. OFI, Budapest.