EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

ANALITIKAI KÉMIA TANSZÉK

TANÁRI KÉPZÉS SZAKDOLGOZATA

A MOLEKULÁRIS GASZTRONÓMIA ELVEINEK ÉS GYAKORLATÁNAK FELHASZNÁLHATÓSÁGA A KÖZOKTATÁSI KÉMIATANÍTÁSBAN

Témavezető:

Dr. Szalay Luca

egyetemi adjunktus

Készítette:

Moharos Sándor

kémia szakos tanárjelölt

Budapest, 2012

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés 3
2. A molekuláris gasztronómia tárgya, létrejöttének története 5
3. A molekuláris gasztronómia néhány eredményének alkalmazási lehetősége a közoktatásban 10
4. A projekt tervezésének folyamata 23
5. A projekt végrehajtásával kapcsolatos tapasztalatok 40
6. A tapasztalatok alapján javított projektterv 52
7. Összefoglalás 65
8. Köszönetnyilvánítás 66
9. Felhasznált irodalom 67
10. Függelék 69

1. Bevezetés és célkitűzés

A munkahelyemen, a székesfehérvári Ciszterci Szent István Gimnáziumban a diákönkormányzat az előző évekhez képest megújult formában akarta megrendezni a diáknapokat 2012. február 8-10. között. A szervezők már az ősszel arra kérték a gimnázium tanárait, hogy változatos és tartalmas programok előkészítésével és végrehajtásával járuljanak hozzá ahhoz, hogy ez a rendezvénysorozat minél színvonalasabb legyen. Mindenképpen részt akartam venni ebben a programban és elkezdtem keresni egy olyan témát, amelynek segítségével a diáknapokon a természettudományokat úgy tudom népszerűsíteni, hogy azzal egyúttal a tanulók természettudományos ismereteit is bővítem és ilyen irányú gondolkodásmódját is fejlesztem. Mivel hat évvel ezelőtt szereztem már egy biológia-fizika szakos tanári diplomát, és azóta tanítom ezt a két tárgyat, ezért mindenképpen olyan programot akartam szervezni, ahol a kémia mellett a biológia és fizika órákon megtanult ismeretanyagot is használniuk kell. A megfelelő témára végül a Kémiai Intézetben Riedel Miklós tanár úr javaslata alapján találtam rá, amelynek következtében a molekuláris gasztronómia került a figyelmem középpontjába. Ez a tudományterület kellően érdekesnek ígérkezett ahhoz, hogy a diáknapok keretein belül olyan programot, ill. eköré épülő projektet szervezhessek ebben a témában, amely a diákok figyelmét élvezetes, sőt játékos formában fordítja a természettudományok felé. Hamar megfogalmazódott bennem a gondolat: a diáknapokra egy molekuláris gasztronómiával kapcsolatos projektet tervezek, és ez lesz egyúttal szakdolgozatom témája is.

A szakdolgozat megírásával az a fő célom, hogy ennek a projektnek a tervezésével, előkészítésével és végrehajtásával szerzett tapasztalataimat összefoglaljam és más kémiatanárok számára is hasznosíthatóvá tegyem. Mivel az előkészítés és a tervezés fázisának része volt a molekuláris gasztronómia irodalmának áttekintése is, ezért sok olyan ismeret birtokába kerültem, melyek összekapcsolhatóak az iskolákban folyó kémiaoktatással, valamint alkalmanként a biológia és a fizika oktatásával is. Ezért a molekuláris gasztronómia tárgyának, történetének áttekintése után először ezekből válogattam össze néhányat. Itt olyan konyhakémiai jelenségekről, kísérletekről van szó, melyek

- valamilyen érdekes természettudományos problémát vetnek fel;

- egy folyamatot, jelenséget a megszokottól eltérő módon demonstrálnak;
- elég egyszerűek ahhoz, hogy a közoktatási környezetben felhasználhassuk őket;
- alkalmasak arra, hogy a kevésbé érdeklődő tanulók figyelmét is felkeltsék.

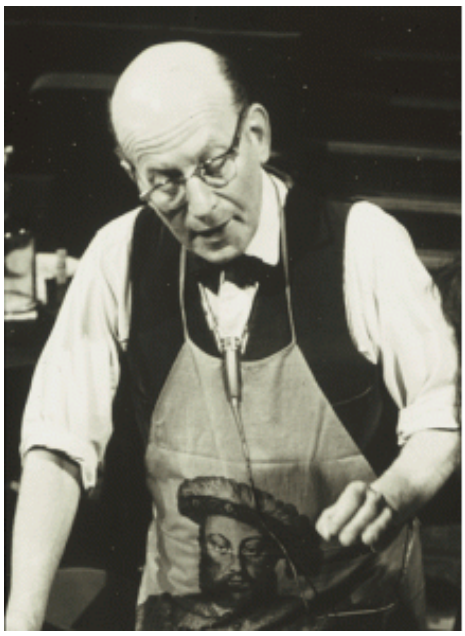
Ezeknek az ismertetésével az a célom, hogy felhívjam a figyelmet a közoktatási órákon való felhasználási lehetőségükre, annak érdekében, hogy a diákok számára a természettudományok közvetlen hasznát számukra is könnyen megérthető módon bemutassuk, s ezáltal őket a tárgyaink tanulására motiváljuk.

Így szakdolgozatom szerkezete a következő:

- A molekuláris gasztronómia fogalma és történetének áttekintése
- A molekuláris gasztronómia néhány eredményének hasznosíthatósági lehetősége a közoktatásban
- A diáknapokra szánt projekt terve
- A végrehajtott projekt tapasztalatai
- A tapasztalatok alapján módosított projektterv
- Összefoglalás

2. A molekuláris gasztronómia tárgya, létrejöttének története

A molekuláris gasztronómia azokkal a fizikai, kémiai és biológiai folyamatokkal foglalkozik, melyek az ételek elkészítése közben mennek végbe. Ezt Hervé This *A tökéletes ebéd* c. könyvében [1] a következőképpen fogalmazza meg: *„A molekuláris gasztronómia a világnak azt a területét tanulmányozza, amely a főzéssel és bizonyos mértékig a kóstolással foglalkozik. (...) A molekuláris gasztronómia a konyhában zajló folyamatok mechanizmusait próbálja azonosítani, amelyek alapvetően kémiai, fizikai vagy biológiai természetűek.””A molekuláris gasztronómia feladata, hogy tisztázza a különböző ételek meghatározásait (receptjeit), és ellenőrizze az elkészítésüknek legjobb módjára vonatkozó főzési praktikákat* (1, 21. és 49. old.). Hasonlóan fogalmaz Braun Tibor is: *„A molekuláris gasztronómia az a tudományterület, amelyik azt kívánja megismerni és hasznosítani, hogy hogyan működik a sütés, főzés (cooking) a molekulák és szupramolekulák szintjén”* [2]. 2005-ben Hervé This egy új tudományos programot is javasolt. Eszerint *„a molekuláris gasztronómia feladata: 1. felfedezni a konyhai technikák összetevőit („definíciók” modellezése és a „pontosítások” azaz trükkök, bölcsességek, fortélyok, lelemények…) tesztelése, 2. felfedezni a konyha művészi összetevőit, 3. felfedezni a konyha kapcsolati összetevőit”* [3]. A molekuláris gasztronómia nem azonos a kémiai technológia klasszikusnak számító élelmiszerkémia-élelmiszertudomány ágával, amely elsősorban az élelmiszerek összetételét, előállításának, tartósításának, felhasználhatóságának technológiáit kutatja, ill. tökéletesíti, valamint az egyes élelmiszerek minőségét vizsgálja [4]. A molekuláris gasztronómia inkább azokat a mechanizmusokat tárja fel, amelyek az *élelmiszerekből* valamilyen konyhatechnológiai eljárással való *étel*készítések folyamatát kísérik. A molekuláris gasztronómia művelői azokat a folyamatokat szeretnék jobban megismerni, melyek a legegyszerűbb falusi konyhákban, ill. a professzionális éttermek óriás-konyháiban sütés-főzés közben nap mint nap végbemennek. Egy másik fontos célkitűzésük, hogy a tudományos ismereteket felhasználva ellenőrizzék az évszázadok óta felhalmozódott sütési-főzési technikák helyességét, eligazítást adjanak a sokszor ellentmondásos receptek útvesztőiben. Furcsa, de talán ma is csak nagyon keveset



1. ábra

Kürti Miklós

tudunk azoknak a praktikáknak a fizikai, kémiai, biológiai hátteréről, amelyeket egy jó háziasszony, vagy egy szakács az ételek elkészítésének érdekében minden nap használ. Ezek az eljárások évszázadokon-évtizedeken keresztül alakultak ki a személyes tapasztalatszerzések útján. Ha megismernénk ezeknek a folyamatoknak a részleteit, akkor lehetőségünk lenne a „praktikák" további tökéletesítésére, a rossz, téves eljárások bizonyítékokon alapuló elvetésére, újabb receptek kidolgozására, sőt, az ételeink egészségesebbé tételére vagy akár a teljesen személyre szabott táplálkozás megvalósítására is. Ezek a gondolatok motiválták az 1970-es évek táján *Kürti Mikós*t (1908-1998), (**1. ábra**) a magyar származású, de Oxfordban dolgozó fizikus professzort a molekuláris gasztronómia önálló tudományterületként való létrehozásában. Kürti tudományos pályafutása során elsősorban az alacsonyhőmérsékletek fizikájával foglalkozott, de előszeretettel hódolt szenvedélyének, a sütés-főzés tudományának is. Ennek kapcsán élénken foglalkoztatták az ezen konyhai tevékenységek közben végbemenő fizikai és kémiai folyamatok. Gyakran hangoztatott mondása volt, hogy *„szomorú, hogy ma többet tudunk a csillagok belső hőmérsékletéről, mint egy rizsfelfújt belső hőmérsékletéről"* [4]. Kürti ismerte a termodinamika egyik atyjának, Sir Benjamin Thompsonnak (1753-1814), (**2. ábra**) ismertebb nevén *Rumford grófjá*nak konyhafizikával, konyhakémiával kapcsolatos munkáját. Rumford kb. 200 évvel Kürti előtt fogalmazta meg a következő gondolatot: *"A kémiai filozófiában, a természetfilozófia más ágazataiban, a mechanikában az utóbbi időben elért briliáns felfedezések nagy előnyére válhatnak a főzés*

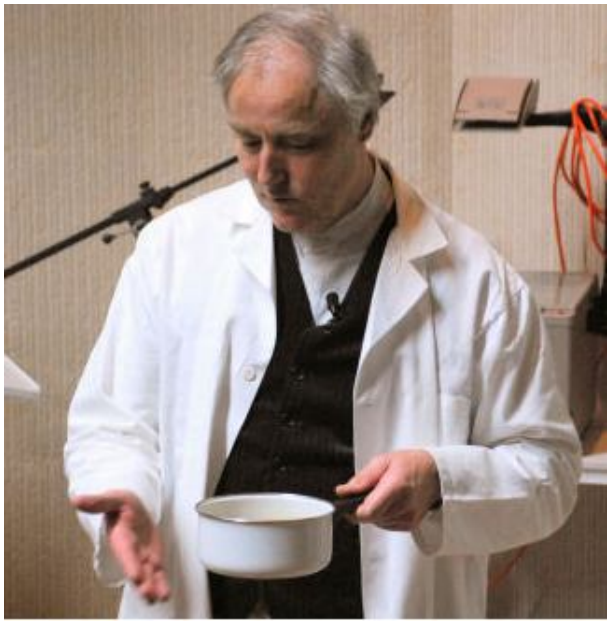


2. ábra

Sir Benjamin Thompson, Rumford grófja

tökéletesítésének. Feltételezhetően rövidesen színre fog lépni az a felvilágosult és liberális gondolkodású személy, aki ezt alaposan meg fogja vizsgálni tudományos szempontból is. Mert a főzés tudományán kívül vajon milyen más tudományág az, mely nagyobb mértékben lehetne az emberiség kényelmének és élvezeteinek szolgálatára?" [4.] Természetesen sokan voltak a Rumford és Kürti munkássága között eltelt időben is, akiket hasonló kérdések foglakoztattak és a molekuláris gasztronómia előfutáraiként tekinthetünk rájuk. Ilyen volt pl. *Antoine-Augustin Parmentier* (1737-1813), aki felfedezte a burgonya magas tápértékét, és ezzel megoldást kínált az 1769-es franciországi éhínségre, *Michel Eugène Chevreul (1786-1889)*, aki zsírokkal, olajokkal foglalkozott, *Antoine Laurent de Lavoisier* (1743-1794), aki a húsleves sűrűségét vizsgálva vont le következtetéseket annak minőségéről [4]. Tulajdonképpen ebbe a sorba illeszthető sok természetes szénvegyülettel foglalkozó vegyész is, hiszen az alapvető élelmiszerekben az általuk vizsgált vegyületek találhatóak: pl. a cukrok szerkezetét kutató *Emil Fischer* (1852-1919) vagy akár a C-vitamint elsőként azonosító, felfedező *Szent-Györgyi Albert* (1893-1986) is. Viszont az általuk (és mások által) végzett kutatások elsősorban az élelmiszerek szerkezetéhez kapcsolódtak és az élmiszeriparral való együttműködés révén elsősorban az élelmiszerek előállításának technológiáit fejlesztették, tökéletesítették (közvetlenül vagy közvetve). Mindeközben az élelmiszerek ételekké történő feldolgozásának körülményei csak keveset változtak: a főzés és sütés közben ugyanazokat az eszközöket és módszereket használták évszázadokon keresztül és senkinek nem jutott eszébe, hogy konkrét fizikai, kémiai, biológiai ismereteket használjon fel e műveletek végzése közben [4].

Kürtit 1969 tavaszán arra kérték fel, hogy tartson előadást a londoni Királyi Intézetben a nagy hagyományokkal rendelkező *„Péntek Esti Viták"* keretei között. Mivel ezt az intézetet Rumford alapította, és éppen ebben az évben volt 170 éve az első ilyen összejövetelnek, ezért Kürti Rumford emlékének állított emléket az előadásában azzal, hogy a sütés-főzés fizikáját-kémiáját választotta az összejövetel témájául. Az előadás címe „*Fizikus a konyhában*" volt. Sikerességét nagymértékben növelte, hogy előadását a helyszínen elvégzett kísérletekkel tette érdekessé: sütés közben megmérte egy felfújt belsejének a hőmérsékletét, friss ananászlével sütés előtt álló kacsahúst injekciózott be (annak fehérjebontó bromelin-tartalmát használva természetes húspuhítóként), kávét főzött Rumford módszerével, mikrohullámok használatával elkészítette a „Fagyott Floridának" elkereszelt ételt, ahol a forró belsőt jéghideg



3. ábra

Hervé This

burkolat veszi körül [2, 4]. Ez az előadás, és az azt kísérő nagy érdeklődés arra ösztönözte Kürtit, hogy még többet foglalkozzon ezekkel a konyhai folyamatokkal, további kísérleteket végezzen ezekben a témákban, s még több előadást tartson különböző konferenciákon és szimpóziumokon (pl. „Élelmiszer és szakácsművészet", 1980, „Tudomány és babona a konyhában", 1985), valamint e témához kapcsolódó televízió- és rádióműsorokat készítsen. Ennek következtében egyre híresebb lett – akkor még *gasztrofizikai*nak nevezett – kutatásairól, amibe később egyre többen kapcsolódtak be. Az 1980-as évek végétől Kürti mellett a kibontakozóban lévő tudományterület második számú vezetője *Hervé This* (1955-) (**3. ábra**), francia biokémikus lett. Ő már az 1980-as évek elejétől – Kürtitől függetlenül – foglalkozott a régi főzési-sütési praktikák helyeségével, illetve a bennük rejlő kémiai és fizikai mechanizmusokkal. Együtt hívták életre 1992-ben az első, molekuláris gasztronómiával foglalkozó konferenciát a sziciliai Erice-ban (Nemzetközi Molekuláris Fizikai Gasztronómia Konferencia), ahol Nobel-díjas fizikusok és kémikusok, valamint világhírű szakácsok vettek részt. Lényegében ezzel a konferenciával jött létre ez az új – ma már főként This hatására – molekuláris gasztronómia (*molecular gastronomy*) néven emlegetett tudomány. Kürti és This között szoros munkakapcsolat alakult ki: rendszeresen megvitatták egymással kísérleti tapasztalataikat, közös publikációik jelentek meg, együtt tartottak egyetemi és ismeretterjesztő előadásokat, egyre szélesebb körű érdeklődésnek örvendő konferenciákat szerveztek az első, 1992-es konferencia folyatatásaként (1995-ben a mártásokról, 1997-ben a főzésről). Kürti 1998-ban bekövetkezett halála után This lett a molekuláris gasztronómia vezető kutatója. Jelenleg ő szervezi a Kürtivel elkezdett konferenciasorozatot, amit ma „Nicholas Kurti Nemzetközi Gasztronómiai Konferenciának" hívnak, és kétévente tartanak meg Erice-ban. Az elmúlt két évtizedben számos tudós kapcsolódott be a molekuláris gasztronómiai kutatásokba, széles körben elterjedtek és elfogadottakká váltak Kürti és

This elképzelései a kulináris folymatokról, és ennek következtében egyre több felfedezés, új ötlet, recept is születik ezen a fiatal tudományterületen [2, 4].

3. A molekuláris gasztronómia néhány eredményének alkalmazási lehetősége a közoktatásban

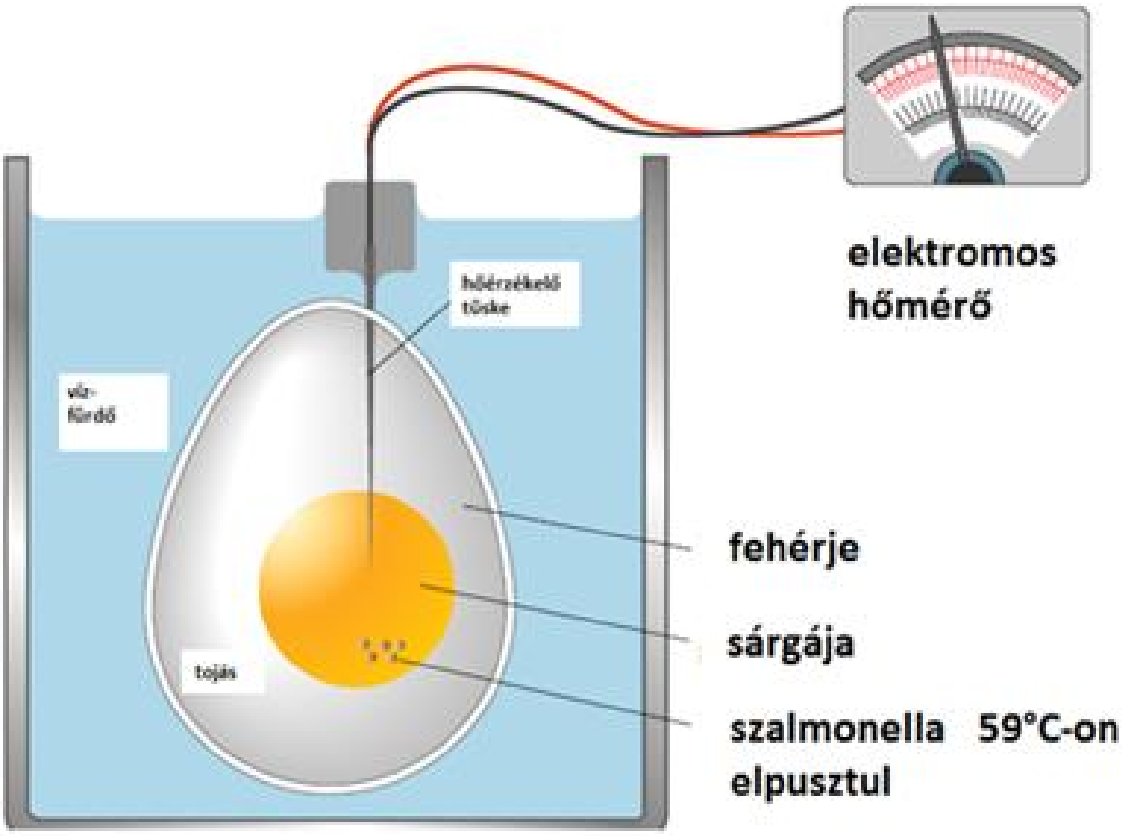
A következőkben azzal a céllal tekintjük át a molekuláris gasztronómia néhány jellegzetes, mára már klasszikusnak számító eredményét, hogy rávilágítsunk ezen konyhakémiai jelenségek és a közoktatásban szereplő természettudományos tartalmak összekapcsolási lehetőségeire. This „*A tökéletes ebéd*" c. könyvében ezt írja: „Jó ötletnek tűnik a gyerekeket az ételeken keresztül, észrevétlenül az evésen túlmutató, új szférákba kalauzolni." [1, 43. old.]. Továbbá: „Mindenképpen kötelességünknek tartom azt, hogy újra bevezessük az iskolai főzőfoglalkozásokat, de nem a lealacsonyító mechanikus előírások szerint, hanem a tudományhoz és a művészethez – egyszóval a kultúrához kötve." [1, 63. old.].

Mivel a molekuláris gasztronómia egy interdiszciplináris tudományág, alkalmas arra, hogy jelenségeinek felhasználásával erősítsük a kémia, a fizika és a biológia tantárgyak közötti kacsolatokat (szakszóval az ún. tantárgyi koncentrációt). Ezért a következőkben nemcsak a kémia, hanem a fizika és a biológia tantárgyak anyagához köthető molekuláris gasztronómiai jelenségekre is látunk példákat. A molekuláris gasztronómia nemcsak a természettudományos tények szemléltetésére alkalmas, hanem arra is, hogy segítségével olyan problémákat vessünk fel, amelyek megoldásai jól modellezik a természettudományos gondolkodást. Hiszen a molekuláris gasztronómia fontos feladata, hogy ellenőrizze a sütési-főzési praktikákat: ezeket kísérleti analízisnek vesse alá, józan ésszel bírálatot mondjon hasznosságukról és feltárja a mögöttük lévő kémiai, fizikai és biológiai mechanizmusokat. Ez a gondolat nagyon jól szemlélteti a természettudományos munka eszközeit, módszereit, ezért alkalmas arra, hogy tanóráinkon ezen példákat felhasználva mutassuk be a természettudományos kutatások igazságkeresési módszereit, érvelésmódjait és hasznát. A molekuláris gasztronómia új lehetőségeket teremt a tantárgyaink iránti lelkesedés, érdeklődés felkeltésére és a természettudományok népszerűsítésére, hiszen a táplálkozással, ételkészítéssel kapcsolatos problémák felvetésével új motivációs lehetőségeket kapunk általában a kémia ill. a fizika és a biológia tanulásához – tanításához is. Végül megemlítjük, hogy

Kürti gyakran idézett, Thisnek adott tanácsa így szól: *„Hervé, egyszerű kísérleteket csináljatok!”*[4]. Ezt egy kicsit átfogalmazva mondhatjuk akár így is: végezzünk olyan kísérleteket, amelyeket akár a közoktásban elérhető eszközökkel, alapanyagokkal is végre lehet hajtani! A molekuláris gasztronómia tárgyköréhez tehát számos olyan jelenség kapcsolható, amelyeket látványos, könnyen kivitelezhető, olcsó tanári vagy akár tanulói kísérletekkel, mérésekkel tanórákon vagy szakkörökön a közoktatásban is tanulmányozhatunk.

3.1. Lágy és kemény tojás készítése

Kürti azt tapasztalta, hogy világszerte – elsősorban a szalmonella kórokozóitól való félelem miatt – a lágytojást 100 °C-os vízben főzik. Ezért Kürti készített egy berendezést (**4. ábra**), amellyel megmérte a lágytojás készítése közben a tojás



hőmérsékletét. A mérés során nagy mennyiségű főzővizet használt termosztátként, így

4. ábra

Kürti *kísérleti berendezésének* vázlata [2]

el tudta érni, hogy a tojás hőmérséklete viszonylag gyorsan átvegye a termosztáló víz hőmérsékletét és azt sokáig megtartsa. Mérései során különböző hőmérsékleteken termosztált vízfürdőben főzött tojást, és úgy találta, hogy a 61 °C-on főzzött tojás állaga úgy koagulál, hogy közben a sárgája lágyan krémes jellegű lesz, miközben ismert, hogy a *Salmonella* baktériumok ezen a hőmérsékleten már elpusztulnak [2].

Ezt a klasszikus molekuláris gasztronómiai eredményt felhasználhatjuk a fehérjék bizonyos hőmérséklet felett bekövetkező irreverzibilis koagulációjának tanításakor. Fel lehet hívni a tanulók figyelmét arra, hogy a tojás fehérjerésze és sárgája több, különböző fehérjéből épül fel. Ezek a különböző szerkezetük miatt eltérő mértékben érzékenyek a hő hatására: a különböző fehérjék különböző hőmérsékleteken kezdenek koagulálódni. A fehérjeállományban az első fehérje 61 °C-on kezd kicsapódni, míg a sárgájában 62 °C-on éppen csak elindul a koauglálódás folyamata. Így érthető, hogy ha 61 °C-on tartjuk a tojás hőmérsékletét, akkor a fehérjerész koagulálódik, de nem lesz kemény, a sárgájában pedig nem, vagy csak nagyon kis mértékben indul el a fehérjék hődenaturációja. A hőmérséklet emelése azt eredményezi, hogy további fehérjék koagulálódnak, azáltal a tojás egyre keményebb lesz. Érdekes tény tehát, hogy a koaguláció mértéke, azaz a tojás keménysége nem a főzés időtartamától, hanem csak a hőmérséklettől függ [1, 34-36. old.].

A tojásfőzés sok más, érdekes problémát is felvet: pl. hogyan akadályozhatjuk meg hogy a tojás héja megrepedjen a főzés közben? A tojáshéj megrepedését az okozza, hogy a tojás gömbölyűbb végénél, a tojáshéj alatt található légkamrában lévő levegő nyomása a tojás felmelegedése miatt megnő, és ez repeszthetí el a tojás héját. A probléma megoldása az, hogy a főzés előtt a tojás gömbölyűbb felénél a héjon gombostűvel egy kicsi lyukat kell fúrnunk. Ugyanis a lyukon keresztül a melegedés közben a levegő távozhat, így a nyomás nem nő meg a tojás belsejében, ami elrepeszthetné a tojáshéjat. Közismert praktikák szerint sót vagy ecetet kell tenni a főzővízbe a tojáshéj megrepedésének megakadályozására. Ezek a trükkök azonban nem akadályozzák meg a repedést, hanem csak a repedésen a főzővízzel érintkező fehérjét koagulálják, ami eltömíti a tojáshéjon keletkezett rést. A problémát ismét felvethetjük – ezúttal a sav, ill. könnyűfém-só által kiváltott – koaguláció kapcsán, de a téma érdekes lehet a gázok viselkedésének vizsgálatánál fizika órákon is (gázok izochor állapotváltozása) [1, 27. old., 5, 146. old.].



5. ábra

A tojás sárgája úszik a fehérje felszínén

Egy másik érdekes kérdés, hogy hogyan lehet elérni azt, hogy a keménytojás főzése közben a sárgája pontosan a fehérje közepére kerüljön? Ezt a kérdést a tojásfehérje és sárgája egymáshoz viszonyított sűrűségének vizsgálatával lehet megválaszolni. Ugyanis ha egy pohárba tojásfehérjét és (ép) tojássárgáját helyezünk, akkor azt tapasztaljuk, hogy a sárágája úszik a fehérjében és feljön annak tetejére (**5. ábra**). Tehát a sárgája sűrűsége kisebb, mint a fehérje sűrűsége. Ennek a magyarázata az, hogy a tojássárgájában lévő nagy mennyiségű zsír és egyéb apoláris anyagok sűrűsége kisebb, mint a fehérjerész jelentős részét alkotó vízé. Így van ez akkor is, amikor a tojás héját még nem törtük fel: a sárgája mindig a fehérje felett van – a tojás pillanatnyi helyzetétől függetlenül. Ha viszont folyamatosan keverjük a főzésben lévő tojást és így a tojás belsejében a sárgáját állandó mozgásban tartjuk, sikerül elérni, hogy az a fehérje közepére kerüljön. Ez a példa üde színfolttal egészítheti ki 7. osztályban az Arkhimédész-törvényt demonstráló kísérleteket [1, 37. old. 6, 65. és 66.old.].

Még egy jelenségre érdemes felhívni tanítványaink figyelmét ebben a kérdéskörben: ha nem vagyunk elég ügyesek a kemény tojás főzésekor, akkor előfordulhat, hogy jellegzetes kén-hidrogén-szagot érzünk a főtt tojás elkészítésekor. Ez gyakran együttjár azzal is, hogy a tojás sárgájának és fehérjéjének határán zöld körgyűrű jelenik meg. A folyamat hátterében az áll, hogy a főzés közben fellépő hőhatásra megindul a tojás fehérjetartalmának bomlása: ilyenkor a fehérjék kéntartalma kén-hidrogén formájában felszabadul (amit ólom-acetáttal megnedvesített szűrőpapírral ki is mutathatunk). A szulfidionok reagálnak a vastartalmű proteidek vas(II)-ionjaival, s ennek a folyamatnak az eredménye a zöldes elszíneződés. A kellemetlen folyamat úgy akadályozható meg, ha minél alacsonyabb hőmérésklеten – és főként nem forrásban lévő vízben! – főzzük a tojást, másrészt pedig a megfőtt tojásokat minél hamarabb lehűtjük. Ez egyrészt lassítja, ill. megállítja a tojásban folyamatban lévő fehérjebomlást,

másrészt a keletkezett mérgező kén-hidrogén a hidegebb környezet felé áramlik (tehát ezzel serkenthetjük a tojásból való távozását) [1, 36. old. 5, 146 és 147.old.].

3.2. Húsételek készítése

A konyhában feldolgozott hús főként harántcsíkolt izomszövetből és (kisebb arányban) lazarostos kötőszövetből áll. A hús keménységét az határozza meg, hogy a kötőszövetben milyen mennyiségű kollagén fehérje található: minél több, annál keményebb a hús. A hús elkészítésekor arra törekszünk, hogy a kollagén fehérjék bomlási folyamata meginduljon, s ezáltal a hús minél puhább és omlósabb legyen, de eközben minél többet őrizzen meg az illatából és zamatából. Általában a puha húsok grillezésre, a keményebb húsok párolásra valók. A klasszikus párolás során a hús felületét először egy sütőtálban rövid ideig megpirítják, majd folyadék (húslé, bor, brandy) hozzáadásával párolják. Mivel a kollagén viszonylag lassan bomlik le, azért a párolás 65-70 °C-os hőmérékleten akár több órán át is tarthat [1, 72. old.]. A húsok puhításánál ma már egyre többen használják a húspuhító anyagokat is. Már Kürti is használt ananászlevet az 1969-es előadásán, amelyet a sütés előtt injekciózott a húsba. Ennek a gyümölcsnek a nedvében található bromelin nevű enzim katalizálja a fehérjékben lévő peptidkötések hidrolízisét, ezáltal a sülthús puhább, omlósabb lesz. Ez a technika azóta széles körben elterjedt a szakácsok között, számos séf használja a mindennapi gyakarolatában. Ez a módszer szép és egyben nem közismert példája a katalizált folyamatoknak: megemlíthetjük akár a katalizátorok tanításakor kémiaórán, akár az enzimműködés bemutatásakor biológiaórán. Ezen kívül érdekes kérdés vethető fel a növénytan tanításakor is: miért hasznos az ananász számára, hogy proteáz enzim található a termésében? Erre a kérdésre a válasz az, hogy a nagyméretű ananásztermésből a magok kijutását, s ezáltal a szaporodást segíti elő a termésben végbemenő önemésztő folyamat: ebben veszi ki részét a bromelin fehérjebontó hatása is. Egyébként az ananászhoz hasonlóan más gyümölcsök is tartalmaznak fehérjebontó enzimeket. Ilyen pl. a kiviben lévő actinidin enzim [7]. A jelenséggel kapcsolatban érdemes megjegyezni, hogy ha ezeket a gyümölcsöket pl. zselatintartalmú sütemények, torták elkésztéséhez szeretnénk felhasználni, akkor számolnunk kell azzal, hogy ezeket a gyümölcsöket „nem fogja a zselé”, hiszen a gyümölcskocsonyát alkotó zselé

fehérjetartalmát is elbontják a bennük lévő enzimek. A zselatinbontó hatással az iskolában is demontstrálható a proteolitikus hatás, illetve annak megakadályozása előzetes hőkezeléssel: friss illetve főzött (vagy konzervben lévő, hőkezeléssel tartósított) ananászszeleteket lehet zselatinkocsonyára helyezni: a friss ananászszelet alatt a kocsonya elfolyósodik [8].

Ugyancsak egyre elterjedtebb a húsok konyhai feldolgozásánál a „*sous vide*" (kiejtése „*szuvid*") eljárás. A „sous vide" francia szóösszetétel azt jelenti, hogy „vákuum alatt", „vákuumban". Tehát a sous vide sütési-főzési technika alacsony nyomáson és alacsony hőmérsékleten való ételkészítést jelent. Az előkésztett nyersanyagot egy vákuum alatt lezárt fóliában, alacsony hőmérsékleten (kb. 60 °C) tartott vízben melegítik ill. sütik akár több napon keresztül is. Az eljárást az 1970-es években *Georges Pralus*, francia séf fejlesztette ki libamáj és húsok sütésére. Ennek a módszernek az előnye az, hogy az étel az elkészítése közben a vákuum miatt alig veszít tömegéből, a jellegeztes illat- és zamatanyagok nem vesznek kárba. A hús nem zsugorodik és az eltarthatósági idő is hosszabb, mint a hagyományos módszer alklamazásakor. A jelenség hátterében az áll, hogy alacsony hőmérsékleten a húsban lévő izomfehérjék nem húzódnak olyan mértékben össze, ezáltal kevesebb húslé hagyja el a húst [1, 73. old. 2, 9].

3.3. Szferifikáció – reverz szferifikáció



6. ábra

Alginátból készült „kaviár"

A szferifikáció kifejezés már meghonosodott a magyar szóhasználatban is, de talán a „gyöngyösítés" szóval lehetne anyanyelvünkre fordítani. Az eljárást *Ferran Adrià* katalán séf fejleszetette ki. Ennek a konyhatechnológiai újításnak a lényege az, hogy a különböző folyadékokat (pl. gyümölcsök vagy zöldségek levét) úgy alakítják kis gömbökké (gyöngyökké), hogy a folyadékcseppek körül egy gélburkot

hoznak létre. Az eredmény a kaviárhoz hasonló kinézetű, a bezárt folyadéktól függően különböző ízű ínyencség (**6. ábra**) [10]. A gyöngyök körül kialakított gélburok kiindulási anyaga a tengeri algákból kivont, vízben jól oldódó Na-alginát. Ennek kb. 1 tömegszázalékos vizes oldatában oldják fel a gyümölcslevet (pl. tömény málnaszörpöt), majd ezt az oldatot kb. 2-3 tömegszázalékos $CaCl_2$-oldatba csepegtetik. A Ca^{2+}-ionokkal értintkező Na-alginátban megindul a térhálósosdás, mert az egyszeres töltésű Na^{+}-ionok helyét elfoglalják a kétszeres töltésű Ca^{+2}-ionok. Így egy vízben oldhatatlan, merevebb láncokból álló polimer képződik: ez képezi a gyöngyök falát, míg belül a folyadék változatlan formában marad. A kész gyöngyöket vizes öblítés után tálalják [2, 10].



7. ábra

Joghurt ravioli

A szferifikáció folyamatának ellentéte a reverz szferifikáció: itt valamilyen magas, vagy megnövelt Ca^{2+}-tartalmú étel (pl. joghurt) nagyobb részleteit helyezik a Na-alginát oldatba. Az oldatba kerülést követően azonnal megindul az étel felületén a térhálósodás, aminek következtében egy bőrszerű bevonat képződik körülötte. Így készül pl. a **7. ábrán** látható joghurt ravioli [11].

Mind a szferifikáció, mind a reverz szferifikáció jelenségét felhasználhatjuk a makromolekulás kolloid rendszerek tanításakor, ugyanis jó példát mutatnak arra, hogy az eredetileg kolloid oldatot képező Na-alginát Ca^{2+}-ionok hatására gélt képezve egy másik fázisba lép át.

3.4. A majnozézmártás

A mártások közül talán a legelterjedtebb a majonézmártás. Ezt manapság készen is meg lehet vásárolni, de könnyen el lehet készíteni alapanyagaiból is, tojássárgájából, növényi olajból és ízesítő anyagokból (ecet, mustár, fűszerek). A majonézkészítés nagyon szép példaként szolgál a kolloid rendszerek tanításához. Ugyanis a majonéz egy emulzió: azaz egy olyan kolloid rendszer, ahol az egyik folyadékban (ez lényegében a poláris víz) egy másik (az előző folyadékkal nem elegyedő) folyadékot (apoláris olaj)

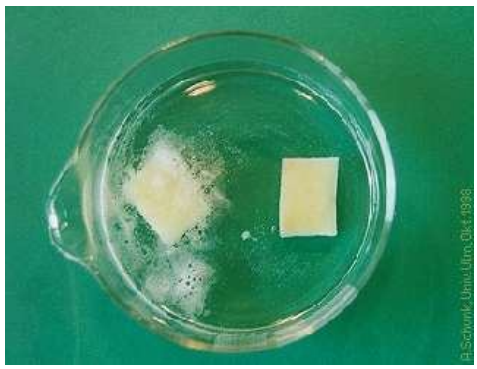
oszlatunk szét. Felvethetjük ezt az érdekes kérdést: hogyan lehetséges, hogy a majonézkészítés során a folyékony alapanyagokból sokkal sűrűbb, szinte szilárd mártást állíthatunk elő. A majonéz készítésének megértéséhez tudnunk kell, hogy a tojássárgájában főként víz, fehérje és zsírok (trigliceridek és foszfogliceridek, pl. lecitin) találhatók. A tojássárgájában lévő fehérjék olyan térszerkezetet vesznek fel, hogy hidrofil aminosavrészleteik a fehérjemolekula külső felszínén, a hidrofób részek pedig a felcsavarodott szálak belsejében találhatóak. Amikor intenzív keverés mellett az olajat a tojássárgájához adjuk az olaj egyre kisebb cseppekkre diszpergálódik. A keverés révén felnyíló fehérjemolekulák hidrofób részeihez kapcsolódó trigliceridek az újra összezáródó, eredeti térbeli strukúrát felvenni igyekvő fehérjemolekulák belsejébe kerülnek, s eközben magukkal viszik oda az apoláris olajcseppeket is. Ezáltal olyan micellák képződnek, melyeknek falát a fehérjék alkotják, belsejükben pedig az oljacseppek találhatóak. Mivel ebben a rendszerben minden olajcsepp fehérjeburokkal van elválasztva egymástól, ezek egyesülése már nem lehetséges. Az alkotóelemek aránya befolyásolja a majonéz tulajdonságait: ha túl kevés a víz benne, akkor a micellák egymáshoz képest szorosan helyezkednek el, mozgásuk már nem lehetséges, a majonéz sötétebb színű és szinte szilárd állagú. A besűrűsödött majonézhez vizet adva a mártás színe világosabb lesz, ugyanis ilyenkor a mártásban lévő cseppek képesek visszaverni a fényt [1, 45-47. old.]. A fenti magyarázatban használt fogalmak alkalmassá teszik a majonézkészítés molekuláris gasztronómia segítségével való elemzését arra, hogy a kolloidok tanításán túl az észterek csoportjába tartozó gliceridek tárgyalásakor, ill. a molekulapolaritás ennek kapcsán szükségessé váló ismétlésekor is érdekes példaként szolgájon az említett fogalmak hétköznapi jelenségek leírásakor való alkalmazására.

3.5. Burgonyával kapcsolatos jelenségek

A 3-4 °C-nál hidegebb helyen tárolt burgonyából készült ételnél gyakran érezzük, hogy a krumplinak jellegzetes édeskés íze van. Viszont ha az előzőleg hűvös helyen tárolt (de nem megfagyott) burgonyát hagyjuk felmelegedni és csak néhány nap múlva használjuk fel, akkor az édesedés íz már nem érzékelhető. A jelenség megértéséhez tudnunk kell, hogy a burgonyagumó egy élő növényi szerv, módosult szár. A benne raktározódó keményítő egyrészt energiaforrásként a túlélést biztosítja a gumóban lévő sejteknek, másrészt lehetővé teszi a növény számára, hogy tavasszal – a talajba kerülve

– gyökeret és további szárrészleteket fejlesszen. Ezzel magyarázható, hogy a tél végére fonnyadtabbak, összeaszottak lesznek a burgonyagumók, hiszen a bennük lévő sejtek az elraktározott keményítő nagy részét már felélték. Hidegebb környezetbe kerülve a gumóban lévő sejtek életfolyamatai lelassulnak, kevesebb glükózt használnak fel, mint amennyi a keményítő bomlásával keletkezik, így a gumóban felhalmozódik a glükóz. Ez okozza, hogy a hidegben tárolt krumplit feldolgozva édeskés ízt érzünk. (Főzéssel, sütéssel természetesen a gumóban lévő sejtek elpusztulnak, így a keletkezett glükózt étkezés előtt nem használják el a sejtek.) Viszont ha a hidegből néhány napra meleg helyre visszük a gumókat, akkor a sejtekben ismét felélénkülnek az anyagcsere-folyamatok, és a felhalmozódott glükózt a sejtlégzés során elfogyasztják a sejtek [12, 13. old.].

A burgonyával kapcsolatos kísérletek használhatók az enzimekről szóló tananyagrészek szemléltetésére is. A burgonyagumóban található sejtek ugyanis kataláz enzimet tartalmaznak. Ez az élőlényekben általánosan előforduló enzim a sejtekben végbemenő anyagcsere-folyamatok során keletkezett hidrogén-peroxid $2H_2O_2 \rightarrow 2\ H_2O + O_2$. egyenlettel leírható bomlását katalizálja. Az enzim hatását kimutathatjuk, ha a kis kockára vágott krumplit kb. 5 tömegszázalékos H_2O_2-oldatba tesszük: azonnal tapasztalható a burgonyában lévő kataláz enzim hatása, mivel intenzív pezsgés jelzi az elbomló hidrogén-peroxidból felszabaduló oxigént (**8. ábra**). A hatás fokozható azzal, ha a burgonya felületét megnöveljük, azaz reszelve tesszük a H_2O_2-oldatba. További lehetőség annak kimutatása, hogy valóban egy enzim aktivitásának köszönhető az intenzív bomlás. Hiszen ha a kísérletet 0,1 mol/dm^3 koncentrációjú $HgCl_2$-oldatban áztatott, illetve főzött burgonya kockával (vagy reszelékkel) ismételjük meg, akkor a pezsgés elmarad, vagy sokkal lanyhább lesz. Ez a jelenségkör szép demonstrációs sorozatot kínál az enzimek reakciósebesség-növelő hatásának bemutatására biológia órán és a fehérjék hő és nehézfém hatására történő denaturálódásának, ill. az ennek következtében fellépő funkcióvesztésének igazolására. Természetesen szó eshet itt a nehézfémek mérgező voltának okáról és arról is, hogy a kataláz az anyagcsere során



8. ábra

Hg(II)-kloriddal kezelt és kezeletlen burgonya hidrogén-peroxid-oldatban

keletkezett, káros hatású hidrogén-peroxidtól védi a sejteket [13]. Ugyanis a hidrogén-peroxid bomlásakor olyan nagy reakciókészségű, párosítatlan elektronnal rendelkező szabad gyökök keletkeznek, amelyek az élő szervezet molekuláival reakcióba lépve megszüntetik azok természetes összetételét és szerkezetét, s ezáltal képtelenné teszik őket funkcióik ellátására. Gyökfogóként alkalmas a nyers hagyma és a C-vitamin is [14]. Ez a téma tehát a fentiekben megjelölt tananyagrészeken kívül akár a párosítatlan elektronok, a reakciósebesség és a gyökös mechanizmusú reakciók tárgyalásakor is szóba kerülhet. A reszelt és a reszeletlen burgonya katalizáló hatásának összevetésekor megemlíthető a heterogén katalízis reakciósebesség-növelő hatásának határfelülettől való függése is.

3.6. A C-vitamin

A vitaminok olyan vegyületek, melyek esszenciálisak az emberi szervezet számára, ami azt jelenti, hogy feltétlenül szükségesek, de a humán anyagcsere nem képes előállítani őket. A vitaminok közül talán a legismertebb a C-vitamin, amelynek hiánya a skorbut nevű betegséget idézi elő. Ezt az anyagot tiszta, kristályos állapotban legelőször *Szent-Györgyi Albert* izolálta 1927-ben, s előbb hexuronsavnak, később aszkorbinsavnak nevezte el. Szent-Györgyi később rájött, hogy az általa kinyert vegyület azonos a már korábban C-vitaminnak elnevezett anyaggal. A C-vitamin vízben jól oldódik, egyértékű sav és erős redukáló tulajdonsága van. Éppen ez utóbbi miatt van olyan jelentős élettani hatása, ugyanis az élő szervezetben ez az egyik legfontosabb antioxidáns hatású anyag: képes redukálni az oxigéntartalmú szabadgyököket, amelyeknek nagyon intenzív sejtkárosító hatásuk van [15, 823. old., 16, 312. old., továbbá ld. fentebb]. Az aszkorbinsav erős redukáló tulajdonságát kimutathatjuk a középiskolában is. Dörzsmozsárban 1-2 C-vitamin tablettát porrá kell őrölünk, majd ezt egy kémcsőben vízben fel kell oldanunk. Ha ebbe az oldatba néhány csepp kálium-jodidos jódoldatot (Lugol-oldat) csepegtetünk, annak barna színe azonnal eltűnik. A jelenség hátterében természetesen az áll, hogy a jód oxidálja az aszkorbinsavat, miközben színtelen jodidionná redukálódik. Ugyanez a folyamat zajlik le a sejtekben is: aszkorbinsav jelenlétében a reaktív oxigéntartalmú gyökök nem a sejtek anyagait, hanem a C-vitamin-molekulákat oxidálják, így a sejteket felépítő anyagok nem

károsodnak. A C-vitaminnak ezt a tulajdonságát bemutathatjuk akár biológiaórán, a C-vitamin hatásának tanításakor, akár kémiaórán, amikor az elektronátmenettel járó reakciókról van szó.

3.7. A grillezés

Érdekes kérdés vethető fel a grillezés kapcsán, miszerint a grillezéshez melyik jobb: a faszén vagy a gázégő? Természetesen mindkét módszer mellett és ellen is találhatóak érvek. Pl. a gázégő lángját használva a sütési hőmérsékletet könnyebb szabályozni, mint a faszéntüzelésnél. Viszont ha meggondoljuk, hogy a gáz (metán, propán-bután) égésekor a szén-dioxid mellett víz is keletkezik, míg a faszén használatakor csak szén-dioxid, akkor mindenképpen a faszén mellett kell letennünk a voksot. Ugyanis a folyamatban keletkezett vízgőz a hús felületén lecsapódik és folyamatosan hűti azt, így az étel nem lesz annyira meleg, márpedig a grillezés lényege éppen a nagy mennyiségű, száraz körülmények között leadott hővel való sütés. Persze ilyenkor a keletkezett hő egy része ezt a vizet melegíti fel és párologtatja el, és mivel a víznek magas a fajhője és a párolgáshője, ez jelentős mennyiségű hőveszteség lehet. Ezt a gondolatmenetet felhasználhatjuk fizikaórán, a fajhő tanításakor [17, 220. old.].

3.8. Két példa a hővezető-képesség demonstrálására

A hőátadásnak három alapvető formáját ismerjük: a szilárd anyagokban a hő *hővezetéssel*, a folyadékokban és a gázokban pedig inkább *hőáramlással* adódik át. A harmadik hőterjedési mód a *hősugárzás*, ami a hőnek elektromágneses hullámok formájában történő terjedését jelenti. A fémek jó hővezetők, az üveg és a szilárd halmazállapotú ionrácsos anyagok viszont nem. A rossz hővezető anyagok természetesen jó hőszigetelőnek számítanak. A gázok jó hőszigetelők, (pl. dupla ablak használata, réteges öltözködés), mivel nagyságrendekkel ritkábban töltik ki a rendelkezésre álló teret, mint a szilárd testeket alkotó részecskék. Lássunk most egy-egy példát a fémek kiváló hővezető-, és a levegő jó hőszigetelő-képességére a konyha-fizika

világából. Mindkettő jól alkalmazható, élet közeli példa a hővezetés tanítására mind a 7., mind a 10. osztályban.

A konyhában sokszor találkozunk azzal a feladattal, hogy fel kell olvasztanunk valamilyen mélyhűtött élelmiszert vagy ételt. Általában ehhez az a kívánalom is társul, hogy a művelet legyen minél gyorsabb. Így már meg is fogalmazhatunk egy érdekes kérdést: hogyan tudunk egy mélyhűtött terméket a lehető leggyorsabban felolvasztani? Természetesen a válasz az, hogy hőt kell közölni az étellel, aminek hatására a mirelitben lévő jég megolvad, és az étel (kedvező esetben) visszanyeri fagyasztás előtti állapotát és állagát. A gyors olvasztáshoz a legelső ötletünk az lehetne, hogy tegyük a fagyott ételt a sütőbe, aminek meleg levegőjéből elég energia áramlana a mélyhűtött élelmiszerbe, így az felengedhetne. Ezzel az eljárással azonban az a baj, hogy a hirtelen hőközlés hatására az étel külső felszíne már meg is sülne, mielőtt a belseje tökéletesen felolvadna. A drasztikus hőközlés elkerülése miatt jobb megoldásnak tűnik, ha csak a konyha levegőjét használjuk energiaforrásként. Mivel azonban a levegő rossz hővezető, ezért a kiolvadás elég hosszú időt vesz igénybe. A megoldás az, ha a kiolvasztandó ételt valamilyen fémtálba helyezzük. A kiolvadás ideje jelentősen megrövidül, mert a konyha levegőjének hőjét (energiáját) a fémtál jó hővezető képességénél fogva nagy hatékonysággal vezeti a mirelithez. Minél nagyobb méretű és minél nehezebb a fémtál, annál több hőt képes időegység alatt „begyűjteni” és átadni a felolvasztásra szánt ételnek. Persze ez akkor tud igazán hatékony lenni, ha a mélyhűtött étel minél nagyobb felületen képes érintkezni a fémtállal [17, 224.-226. old.].

A levegő hőszigetelő hatásának demonstrálásra nagyszerű példa néhány krémes, habos sütemény. Vannak olyan sütemények, melyeknek tésztájára valamilyen krémet tesznek töltelékként és erre pedig tojásfehérjéből készített habot. A habban rengeteg levegő van, hiszen az nem más, mint egy kolloid rendszer, ahol a folyadékban diszpergált részecskék apró levegőbuborékok. Így érthető, hogy ennek a habnak – ami persze a sütés közben megkeményedik – hőszigetelő hatása van és megakadályozza, hogy a töltelék megsüljön, mint ahogy ez az ún. Rákóczi túrós esetében is történik. Erre a példára a hővezetés-hőszigetelés témaköre mellett természetesen a kolloid rendszerek tanításakor is hivatkozhatunk [1, 105. old.].

3.9. Lasagna-elem

Wolke, A tudós szakács című könyvében a következő olvasói levelet találjuk: *„Nemrégiben a lasagna maradékát alufóliával lefedve tettem be a hűtőbe. Amikor később kivettem, azt vettem észre, hogy az alufólián kis lyukak lettek ott, ahol hozzáért a lasagna felszínéhez. Ez valamilyen kémiai reakció eredménye?”* [17, 129. old.] Ez a problémafelvetés egy érdekes lehetőséget kínál az elektrokémiai folyamatok demonstrálására. Ugyanis egyrészt a paradicsomtartalmú lasagna tartalmazhat annyi savas karakterű anyagot, ami képes feloldani az alufólia felületén lévő oxidréteget, sőt akár a vékony alufóliát is. Másrészt, ha az alumíniumfóliával letakart étel rozsdamentes acéltálban van, azaz az alumínium egyszerre érintkezik a rozsdamentes acéllal és az elektromos vezetőképességgel bíró paradicsomlével, akkor tulajdonképpen egy galvánelem képződik: az alufólia anódként, az acéltál pedig katódként viselkedik. Így az alumínium oxidálódik, az Al^{3+}-ionok oldatba mennek, a tálban lévő vasatomok pedig redukálódnak. Ez a folyamat okozza a vékony alumínium fólia kilyukadását. Természetesen mindez megakadályozható, ha egyrészt odafigyelünk arra, hogy az alumíniumfólia ne érintkezzék a paradicsom (vagy bármilyen más) szósszal, másrészt pedig úgy, ha műanyag vagy alumínium tálat használunk. Ebből a jelenségből tehát az elektrokémia témakör kapcsán érdekes, problémamegoldó feladat készíthető [18].

4. A projekt tervezésének folyamata

4.1. A projekt keretei

A téma és a módszerek kiválasztásakor a következő szempontok vezettek:

4.1.1.. A projekt témája a molekuláris gasztronómia legyen, hiszen ez a diákok számára jól csengő kifejezés, amely segít az érdeklődésük fölkeltésében. Így a projekt címéül a „MOLEKULÁRIS GASZTRONÓMIA - AVAGY KÉMIA ÉS FIZIKA A KONYHÁBAN" fordulatot választottam.

4.1.2. Jelenjenek meg benne olyan kémiai –fizikai –biológiai ismeretek, melyekkel a diákok a tanórákon már találkoztak. Ezeket a projekt során elevenítsék fel, és ismerjék fel ezek alkalmazási lehetőségeit a molekuláris gasztronómia által felvetett problémák megoldásában.

4.1.3. A teljes projekt programja legyen beilleszthető egy diáknap, ill. az arra való felkészülés keretei közé: azaz legyen elég színes, érdekes, vonzó, azon szívesen vegyenek részt a tanulók még akkor is, ha más programokkal párhuzamosan zajlik.

Ezen szempontok alapján két részből álló programot terveztem. Az első rész egy plakátkészítő verseny, amelyen (elsősorban) 11-12. évfolyamos, 3 fős csapatok indulhattak. A második rész pedig egy vetélkedő, amelynek során a legjobb plakátokat készítő csapatoknak kísérleteket kellett elvégezni, illetve ezekhez kapcsolódóan feladatlapokat megoldani. A tervezéskor abban bíztam, hogy ez a szervezési mód teremt majd egy egészséges versenyt, amely izgalmassá teszi a programon való részvételt, a csoportmunkában végzett problémamegoldás pedig fejleszti tanítványaink kooperatív képességeit.

4.2. A plakátkészítő verseny

A konkrét tervezés első lépéseként végig kellett gondolnom a plakátkészítő verseny előkészítését és lebonyolítását. A projekt ezen részében a versenyre jelentkező csapatoktól azt kértem, hogy egy A/3-as méretű plakátot készítsenek, amelyen megjelenítik a molekuláris gasztronómia legfőbb célkitűzéseit és eredményeit, valamint ezek kémiai és fizikai alapjait. A munkákat a csapatok bármilyen technikával készíthették: használhattak fényképeket, rajzokat, szövegrészleteket. Továbbá megadtam néhány internetes forrást is, amelyeket célszerű volt megnézniük a plakátok elkészítéséhez. Fontosnak tartom, hogy a diákok megtanulják az internetet helyesen, kellő kritikával használni. Ezért felhívtam a figyelmüket arra, hogy csak olyan információkat használjanak fel, amelyekre több, egymástól független helyről is megerősítést kapnak. Előzetesen megadtam a plakát értékelésének szempontjait is:

- Mennyire jeleníti meg a plakát a molekuláris gasztronómia célkitűzését és legfontosabb eredményeit?
- Mennyire segít megérteni a plakát a molekuláris gasztronómia eredményeinek kémiai és fizikai alapjait?
- Mennyire hasznosíthatók mások számára a plakáton látható információk?
- Mennyire figyelemfelkeltő és esztétikus a plakát?

A színvonalas plakátokat készítők számára – a természettudományos tárgyakat tanító kolléganőimmel egyeztetve – jutalom ötöst helyeztem kilátásba abból a tantárgyból, amelyhez kapcsolódó ismeretek leginkább megjelennek a plakátjukon. Végül kitűztem a plakátok leadásának határidejét: 2012. február 3. péntek 12.00 órára. Itt tudatosan úgy terveztem, hogy a határidő péntek legyen. Ugyanis úgy gondoltam, hogy ha lesz még néhány csapat, akik jelzik, hogy hétfő reggelre elhoznák a kész plakátjukat, akkor azt így még el fogom tudni fogadni.

4.3. A vetélkedő megtervezése

A plakátkészítő-verseny megtervezése után elkezdtem a vetélkedő részleteinek a kidolgozását. Mivel ennek színhelye a gimnázium kémiai előadója volt, amelynek kialakítása olyan, hogy csak négy csapat tud normális körülmények között versenyezni, ezért úgy döntöttem, hogy a plakátkészítésben legeredményesebben részt vevő négy

csapat nyer majd részvételi jogot a vetélkedőn való szereplésre. A tervezés során még megoldást kellett keresnem arra a kérdésre, hogy hogyan valósítható meg a csapatok olyan elhelyezése az előadóban, hogy a verseny során ne segíthessék és ne is zavarhassák egymás munkáját. Erre azt találtam ki, hogy az előadó négy sarkában padokból „barikádokat" emelek, így minden csapat egy saját, többiektől elszeparált helyen versenyezhetett. A vetélkedő időpontját a diáknapok szervezőivel 2012. február 8-án 15.00 órára tűztük ki. Ebben alkalmazkodnom kellett a diáknapok más rendezvényeihez is. A megmérettetés időtartamát úgy terveztem, hogy kb. másfél órát vegyen igénybe a vetélkedő lebonyolítása. Ez az időtartam arany középútnak látszott: elég hosszú ahhoz, hogy egy komoly, tartalmas programot megvalósíthassunk, de nem annyira hosszú, hogy a résztvevők túlságosan elfáradjanak.

A vetélkedőt úgy terveztem meg, hogy a csapatoknak összesen öt feladatlapot kelljen kitölteni. Ezek közül négy olyan feladatlap volt, melynek megoldásához kísérleteket kellett elvégezni, egy pedig olyan, amelynek kitöltésekor egy előzőleg mások által elvégzett kísérlet adatait kellett kiértékelni. A kísérletek kiválogatásánál és a feladatlapok összeállításánál főként az vezérelt, hogy a feladatokhoz kapcsolódó kérdések minél több tudásterületet megmozgassanak és az egyes feladatlapok olyan, több tantárgyhoz kapcsolódó problémákat vessenek fel, amelyek megoldása integrált természettudományos szemléletet igényel. Ugyanakkor a gyakorlati feladatok között szerepeltetni kívántam egy olyan problémát is (ti. hogy a tojás sárgájának vagy fehérje részének nagyobb-e a sűrűsége), amelynek a megoldását a természettudományos vizsgálati módszerek elveinek alkalmazásával maguknak a diákcsoportoknak kell megtervezniük [19], mivel véleményem szerint ez segíti a természettudományos gondolkodásmód fejlődését. Ez a feladat tehát a nemzetközi szakirodalomban leggyakrabban „*inquiry based science teaching*" (IBST) néven említett oktatásmódszertani megközelítés alkalmazása. Továbbá fontosnak érzetem, hogy olyan feladatokat tűzzek ki, amelyeket a csapatok tagjai csak együtt tudnak megoldani, hogy ezáltal fejlődjenek a kooperatív képességeik is. Természetesen az elvégzendő kísérleteknél szempont volt az is, hogy ne legyenek túlságosan bonyolultak, hiszen a csapatok tagjai általában nem rendelkeznek komoly kísérletezési rutinnal. A tervezésnél figyelembe kellett vennem a kémiaszertár eszköz- és vegyszerkészletét is. A program előkészítési fázisában az összes kísérletet többször is, különböző kiindulási anyagokkal elvégeztem. Az egyes feladatlapokat a következő tematikával készítettem el:

1. *A burgonyában található kataláz nevű enzim működésének vizsgálata*
2. *A tojássárgája és fehérje relatív sűrűségének meghatározása*
3. *Kísérletek a C-vitamin vizsgálatára*
4. *Kísérletek Na-alginnáttal*
5. *A tojás főzésével kapcsolatos kérdések*

4.4. A vetélkedő feladatlapjai

A feladatlapokat az egyszerűbb áttekintés érdekében nem függelékben, hanem a következő oldalakon mutatom be, tartalmuk elemzésével pedig a következő fejezetben foglalkozom. Minden feladatlaphoz készítettem megoldókulcsot is, s terjedelmi okokból e helyen csak ezeket közlöm (úgy, hogy minden kérdés után azonnal olvashatók a válaszok is). A feladatlapokon feltüntettem a rendelkezésre álló időt és a feladatok helyes megoldásaiért kapható összes pontszámot is.

I. feladatlap

A burgonyában található kataláz nevű enzim működésének vizsgálata

Az I. feladatlap megoldására rendelkezésre álló idő: **20 perc**

Szerezhető összes pontszám: **23 pont**

Rendelkezésre álló anyagok és eszközök: kockára vágott burgonya, reszelt burgonya, főtt burgonya, 5 db Petri-csésze, borszeszégő, gyújtópálca, tölcsér, 2 db főzőpohár, hidrogén-peroxid-oldat, $HgCl_2$-oldat, kanál

1. Öntsetek néhány cm^3 hidrogén-peroxid oldatot egy-egy Petri-csészébe, majd az egyikbe egy kocka alakúra vágott krumplidarabot tegyetek, a másikba pedig a reszelt krumplinak kb. a harmadát. Figyeljétek meg és *jegyezzétek fel* a tapasztalataitokat.

Válasz: Mindkét esetben **pezsgést / gázfejlődést** tapasztalunk, **(1 pont)** a **reszelt krumplinál ez intenzívebb**, mint a kockára vágottnál. **(1 pont)**

2. Most ismételjétek meg a reszelt krumplival végzett műveletet a következőképpen: az egyik csapattag gyújtsa meg a borszeszégő segítségével a gyújtópálcát, a másik csapattag ismét öntsön néhány cm^3 hidrogén-peroxid-oldatot egy Petri-csészébe, majd tegye bele a megmaradt reszelt krumpli felét. Közvetlenül a

reakció beindulása után a csapat harmadik tagja borítson gyorsan szájával lefelé fordítva egy kis tölcsért a Petri-csészére, majd a tölcsér szárán keresztül vezessétek be a parázsló gyújtópálcát! Ismét *jegyezzétek fel* a tapasztalataitokat!

Válasz: A bevezetett gyújtópálca **jobban izzik / felizzik. (1 pont)**

3. A kísérletsorozat harmadik részében öntsetek néhány cm^3 $HgCl_2$-oldatot egy kis főzőpohárba és tegyétek bele a maradék reszelt krumplit! Néhány percig áztassátok az oldatban a krumplit, majd öntsétek le egy főzőpohárba az oldatot a krumpliról és ismételjétek meg az ilyen módon kezelt burgonyával az 1.) pontban leírt reszelt krumplis kísérletet! Figyeljétek meg és *jegyezzétek fel* a tapasztalataitokat.

Válasz: Nem tapasztalunk pezsgést, vagy az 1.) pontban leírt kísérlethez képest **jóval kevésbé intenzív pezsgést** tapasztalunk. **(1 pont)**

4. Ebben a kísérletben pedig tegyetek összetört főtt krumplit a hidrogén-peroxid-oldatba és *jegyezzétek fel* a tapasztalataitokat.

Válasz: Nem tapasztalunk pezsgést, vagy az 1.) pontban leírt kísérlethez képest **jóval kevésbé intenzív pezsgést** tapasztalunk. **(1 pont)**

Kérdések-feladatok

1. Milyen gáz képződése okozta a pezsgést a kísérletben?

Válasz: Oxigén / O_2**. (1 pont)**

2. Írjátok fel az 1. és a 2. kísérlet során lejátszódott kémiai folyamat reakcióegyenletét!

Válasz: $2\ H_2O_2 = 2\ H_2O + O_2$ (**1 pont** a **helyes kiindulási anyagokért és termékekért**, **1 pont** az egyenlet helyes **rendezése**)

3. Milyen tényezők határozzák meg adott anyagi minőségű kiindulási anyagok esetén a kémiai reakció sebességét?

Válasz: A **hőmérséklet** és a **koncentráció. (2 pont)**

4. Mit nevezünk katalizátornak?

Válasz: A katalizátorok **kisebb aktiválási energiával** járó, **új reakcióutat** nyitnak meg. **(2 pont)**

5. Hogy nevezzük a sejtek biokatalizátorait?

Válasz: Enzimeknek. **(1 pont)**

6. Általában a szerves anyagok mely csoportjába tartoznak azok a vegyületek, amelyek a szervezet biokatalizátorait alkotják?

Válasz: Fehérjék **(1 pont)**

7. Magyarázzátok meg a kockára vágott és a reszelt krumplival végzett kísérletek közti különbség okát!

Válasz: A reszelt krumplinak nagyobb az összes felülete, így **nagyobb felületen érintkezik** a hidrogén-peroxiddal (heterogén katalízis) **(1 pont)**

8. Magyarázzátok meg, hogy miért okozott változást a kísérlet kimenetelében a $HgCl_2$-os kezelés, ill. a nyers helyett főtt krumpli alkalmazása!

Válasz: A higany(II)-klorid **és a megfőzéskor alkalmazott hőhatás egyaránt denaturálta** a hidrogén-peroxidot bontó **enzimet**. **(2 pont)**

9. Milyen más hatás alkalmazásával lehetne az utolsó kísérletnél tapasztaltakhoz hasonló eredményhez jutni?

Válasz: Például erős sav vagy más nehézfém alkalmazásával (legalább ezek közül egy megnevezése). **(1 pont)**

10. Miért van szüksége a burgonyának arra, hogy képes legyen elbontani a hidrogén-peroxidot?

Válasz: Az anyagcsere-folyamatok során keletkezik **hidrogén-peroxid, amely káros hatással** van a sejtekre, ezért a **sejt rendelkezik egy enzimmel** (amelyet kataláznak hívnak), **s ez katalizálja a hidrogén-peroxid bomlását**, így az nem tudja huzamosabb ideig kifejteni romboló hatását **(2 pont)**

11. Milyen konyhai eszköz segítségével lehet lecsökkenteni a krumpli megfőzéséhez szükséges időt és miért?

Válasz: **Kuktafazék**, mivel benne **magasabb nyomáson, magasabb hőmérsékleten** forr a víz, és ezért gyorsabban megfő minden étel. **(3 pont)**

II. feladatlap

A tojássárgája és fehérje relatív sűrűségének meghatározása

A II. feladatlap megoldására rendelkezésre álló idő: 20 perc

Szerezhető összes pontszám: 12 pont

A vetélkedő ezen részében az lesz a feladatotok, hogy tervezzetek egy kísérletet annak eldöntésére, hogy a tojás sárgájának vagy a fehérje részének nagyobb-e a sűrűsége! *Rendelkezésre álló anyagok és eszközök: 3 db tojás, 3 kis főzőpohár a tojások feltörésére és szétválasztására és egy nagyobb főzőpohár a mérésre.* Semmilyen más mérőeszköz nem használható! **A kísérlet megtervezésére és végrehajtására, valamint a feladatlap kitöltésére összesen 20 perc áll rendelkezésre!**

Írjátok le röviden a lap hátára a tervezett és végrehajtott kísérlet menetét, és a tapasztalataitokat, valamint ezek magyarázatát! A kíséreti elrendezésről és tapasztalatokról készítsetek rajzot (vázlatot)!

Válasz: A helyes kísérletre, ötletre, rajzra és a tényleges kivitelezésre maximálisan adható pontszám: **6 pont**

Kérdések-feladatok

1. Mit nevezünk sűrűségnek?

Válasz: Egy test **tömegének és térfogatának hányadosát**. **(1 pont)**

2. Mi a felhajtóerő?

Válasz: **A folyadékokba és gázokba merülő** testekre**, felfelé ható erő. (2 pont)**

3. Fogalmazzátok meg Arkhimédész törvényét!

Válasz: A **felhajtóerő nagysága megegyezik a kiszorított közeg súlyával. (1 pont)**

4. Adjatok magyarázatot arra, hogy ha kemény tojást főzünk, akkor miért tapasztaljuk gyakran azt, hogy a tojás sárgája nem a fehérje közepén helyezkedik el?

Válasz: Mivel a **sárgájának kisebb a sűrűsége, ezért „feljön" a tetejére**, ameddig csak lehet. **(1 pont)**

5. Kemény tojás készítésekor hogyan lehetne elérni azt, hogy a tojás sárgája középen maradjon?

Válasz: **Folyamatosan forgatni** kell a tojást **(1 pont)**

III. feladatlap

Kísérletek a C-vitamin vizsgálatára

A III. feladatlap megoldására rendelkezésre álló idő: 20 perc

Szerezhető összes pontszám: 17 pont

Rendelkezésre álló anyagok és eszközök: kémcsőben előre kimért mennyiségű C-vitamin, desztillált víz, hígított Lugol-oldat (KI-os jódoldat), gyümölcsszeletek

1. A kémcsőállványban található kémcsőben néhány gramm C-vitamint készítettünk ki. Néhány cm^3 desztillált víz hozzáadásával készítsetek belőle oldatot, majd óvatosan csepegtessetek hozzá cseppenként Lugol-oldatot! Figyeljétek meg és jegyezzétek fel a tapasztalataitokat!

Válasz: A Lugol-oldat barna színe eltűnik (1 pont)

2. A kísérlet második részében kikészített gyümölcsszeletekre cseppentsetek egy-egy cseppet a Lugol-oldatból!
Ismét figyeljétek meg és jegyezzétek fel a tapasztalataitokat!

Válasz: A különböző gyümölcsök esetében a **C-vitamin tartalmuktól függően különböző mértékben** tűnik el a barnás szín. (2 pont)

Kérdések-feladatok

1. Mi a szerepe az élő szervezetekben a C-vitaminnak?

Válasz: **Antioxidáns** hatású **(1 pont)**

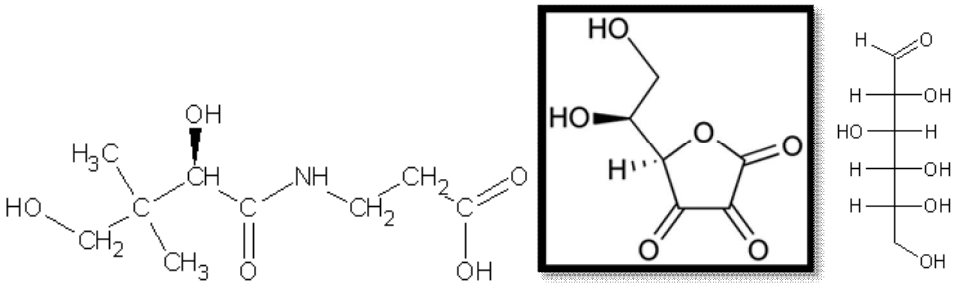
2. Mi a C-vitamin másik, közismert hagyományos neve?

Válasz: **Aszkorbinsav. (1 pont)**

3. Ki volt az a magyar tudós, aki a C-vitamin biológiai hatását tanulmányozta?

Válasz: **Szent-Györgyi Albert (1 pont)** – Csak a pontosan leírt névre adható pont!

4. Az alábbi képletek közül karikázzátok be a C-vitamin képletét! **(1 pont)**



5. Melyik másik vitamin tölt még be az 1. válaszban megadott szerepet az élő szervezetben?

Válasz: Az **E-vitamin** is antioxidáns. **(1 pont)**

6. Magyarázzátok meg, hogy a C-vitamin miért színteleníti el a jódoldatot?

Válasz: Mert **kémiai reakcióba lép** a jóddal, amelynek következtében **színtelen jodid ionok** képződnek belőle. **(2 pont)**

7. Milyen reakciótípusba sorolható részecskeátmenet szerint a kísérlet során végbement reakció?

Válasz: **Elektronátmenettel járó kémiai reakciók / redoxireakciók**. **(1 pont)**

8. Mi történt a jóddal? Válasz: **Redukálódott (1 pont)**

Reakcióegyenlet: $\mathbf{I_2 \rightarrow 2I^-}$ **(1 pont)**

9. Mi történt a C-vitaminnal? Válasz: **Oxidálódott. (1 pont)**

10. A **molekuláris gasztronómia** egyik alapelve, hogy inkább hosszabb ideig, de alacsonyabb hőmérsékleten kell elkészíteni az ételeket. Ennek miért van különösen nagy jelentősége a C-vitamin szempontjából?

Válasz: Mert magas hőmérsékleten főzve a nyersanyagok **C-vitamin tartalmának jelentős része lebomlik**. **(1 pont)**

11. A fentiek ismeretében próbáljátok meg megmagyarázni, hogy milyen kémiai folyamat során védi meg a C-vitamin az élő szervezetet a párosítatlan elektronokkal rendelkező, ezért nagyon reakcióképes és káros hatású szabad gyököktől! (Vagyis hogyan fejti ki a C-vitamin az e feladatlap 1. kérdésére adott válaszban említett hatását?)

Válasz: A C-vitamin **könnyen oxidálódik, azaz elektront ad át a szabad gyököknek**, s így azok **párosítatlan elektronjaiból elektronpárok lesznek**, amely miatt **megszűnik a nagy reakciókészségük,** s így már **nem tudják oxidálni a szervezet egyéb fontos molekuláit. /** A C-vitamin azért **antioxidáns,** mert **maga oxidálódik a szervezet más molekulái helyett. (2 pont)**

IV. feladatlap

Kísérletek Na-alginnáttal

A IV. feladatlap megoldására rendelkezésre álló idő: 20 perc

Szerezhető összes pontszám: 8 pont

Rendelkezésre álló anyagok és eszközök: Na-alginát-oldat, málnaszörp, cseppentő, $CaCl_2$-oldat, szűrőpapír, tölcsér, 3 db főzőpohár, kiskanalak, Petri-csésze, tölcsér, szűrőpapír, joghurt

1. Szferifikáció – málnakaviár készítése

Öntsétek kétfelé kb. fele-fele arányban a kikészített főzőpoharakba a Na-alginát-oldatot. Az egyiket tegyétek egyelőre félre, majd a 2. pontban leírt kísérlethez fogjuk használni. Az oldat másik részéhez öntsétek hozzá a kikészített tömény málnaszörpöt, és alaposan keverjétek össze az odakészített kanállal. Közben öntsetek ki a Petri-csészébe annyi $CaCl_2$ oldatot, hogy kb. 2 cm magasságban legyen az edényben. Ezt követően a cseppentővel óvatosan csepegtetessetek a málnaszörpös Na-alginát oldatból a $CaCl_2$-oldatba! Figyeljetek arra, hogy a keletkezett kis gömböket ellepje a $CaCl_2$-oldat, és hogy a cseppekbe ne kerüljön levegő! Készítsetek 30-40 gömböcskét! A kész gömböket tölcsér és szűrőpapír segítségével szűrjétek le, majd áztassátok néhány percig őket csapvízben (egy kisebb főzőpohárban). Végül a csapvíz leöntése után kiskanállal megkóstolhatjátok az elkészített málnaízű kaviárt! Az általatok végzett művelet a **molekuláris gasztronómia** egyik híres „fogása”.

2. Reverz szferifikáció – joghurt ravioli készítése

A nátrium-alginát oldat többi részébe tegyetek kiskanállal, óvatosan kb. 1 cm átmérőjű joghurt darabokat (ötöt-hatot)! Néhány perc múlva kiskanalaitokkal emeljétek ki a joghurtdarabokat és tegyétek tiszta vízbe, majd kóstoljátok meg őket!

Kérdések-feladatok

1. Milyen élőlényekből vonják ki a nátrium-alginátot?

Válasz: **Barna moszatból** (algából). **(1 pont)**

2. Fogalmazzátok meg, hogy mi történik a szferifikáció folyamata alatt! Milyen típusú kolloid rendszer jön így létre?

Válasz: A Ca^{2+}-tartalmú oldatba kerülő Na-alginát csepp külső felszínén **lecserélődnek a Na^{+}-ionok Ca^{2+}-ionokra**, amely **térhálósodást** indít el. Így a csepp belső része folyékony marad, melyet gömbszerűen körbevesz a kocsonyás / zselés állagú Ca-alginát, amely **makromolekulás** kolloid rendszert képez. **(3 pont)**

3. Fogalmazzátok meg, hogy mi történik a reverz szferifikáció folyamata alatt!

Válasz: Ilyenkor **Ca^{2+}-ion tartalmú anyagot (joghurt)** teszünk a Na-alginát oldatba, melynek felszínén kialakuló **térhálós Ca-alginát** „roppanóssá" teszi a joghurtot. **(2 pont)**

4. A kísérlet során használt Na-alginát oldat elkészítésekor nem használhattunk csapvizet. Vajon miért?

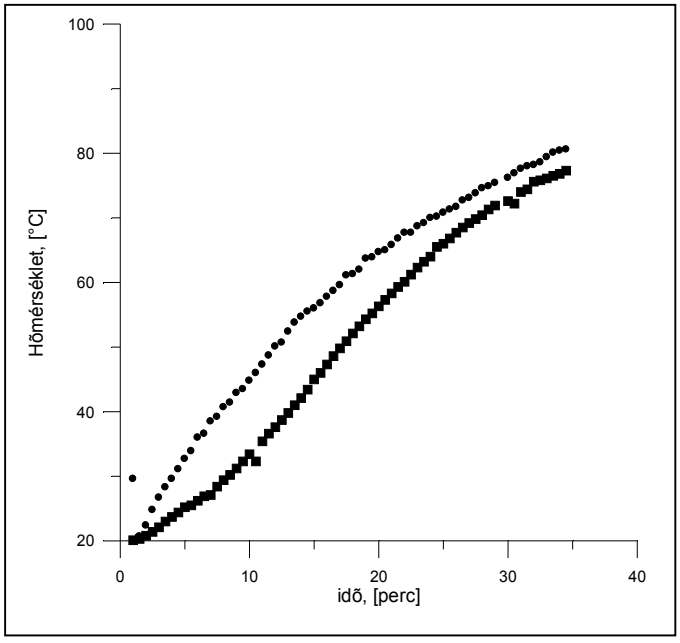
Válasz: Mert akkor már a **csapvízben** lévő **kalciumionokkal is reagálna** az alginát. **(2 pont)**

V. feladatlap

A tojás főzésével kapcsolatos kísérletek

Az V. feladatlap megoldására rendelkezésre álló idő: 10perc

Szerezhető összes pontszám: 10 pont



A most következő kísérlet eléggé hosszadalmas, ezért már előre elvégeztük biológia szakkörön. Nektek csak a kísérlet közben nyert adatokkal kell dolgozni.

A kísérlet során főtt tojást készítettünk egy főzőpohárban, miközben elektromos hőmérőkkel folyamatosan mértük a főző víz és a tojás belsejének hőmérsékletét.

A bal oldalon látható ábrán lévő grafikonon ábrázoltuk az eltelt idő függvényében a kétféle hőmérsékletet. Nem tüntettük fel, hogy a két görbe közül melyik jelöli a víz, és melyik a tojás belsejének hőmérsékletét, mert ezt nektek kell eldöntenetek.

Tanulmányozzátok a grafikont és válaszoljatok a kérdésekre!

1. Az elektromos hőmérő mérőtüskéjének tojás belsejébe vezetéséhez úgy kell kis lyukat készíteni a tojás felszínén, hogy a tojás ne repedjen meg és a tojás belseje ne folyjon ki. Milyen anyagot kellene a tojáshéjra csepegtetni, hogy az a cseppentés helyén feloldódjon?



Válasz: Híg sósavat /ecetsavat stb. **(1 pont)**

2. Írjátok le a végbement kémiai reakció egyenletét is!

Válasz: $CaCO_3 + HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$ **(1 pont)**

3. Olvassátok le a grafikonról, hogy 10, 20, 30 perc elteltével mennyi a főző víz és a tojás belsejének a hőmérséklete? **(6×0,5 pont)**

idő, [perc]	víz, [°C]	tojás, [°C]
10	45	33
20	65	56
30	76	72

4. Keressetek magyarázatot arra, hogy mi lehet a hőmérsékletelérés oka?

Válasz: A tojáshéj **hőszigetelő** hatása, a tojásfehérje viszonylag rossz **hővezető** képessége **(2 pont)**

5. 70°-os tojáshőmérséklet környékén a görbe emelkedése megváltozik. Mi lehet ennek az oka?

Válasz:A tojásfehérje ezen a hőmérsékleten **koagulál – megváltozik a fajhője**. **(2 pont)**

6. A fentiek ismeretében, és annak tudatában, hogy a szalmonella betegséget okozó baktériumok 59 °C-on pusztulnak el, kb. milyen maximális hőmérsékleten érdemes főzni a lágytojást, hogy a sárgája még folyós maradjon, de a szalmonella baktériumok már elpusztuljanak benne?

Válasz: Kb. **60-65 °C**-on. **(1 pont)**

4.5. Az értéklelés megtervezése

A tervezésnek fontos része volt a megfelelő értékelő stratégia kialakítása. Legelőször a plakátok értékelését kellett kidolgozni. Úgy döntöttem, hogy két kolléganőmet kérem meg arra, legyenek majd velem együtt a zsűri tagjai a plakátok értékelése során. Mivel négyféle szempontot tűztünk ki a verseny meghirdetésekor, ezért az értékelést úgy logikus és könnyű elvégezni, hogy minden bíráló, mind a négy szempont szerint 0 és 5 pont közötti pontszámokkal értékeli a plakátokat (egymástól függetlenül). Így egy csoport a plakátjára maximálisan 20 pontot kaphatott egy értékelőtől. A zsűri tagjaitól kapott pontoknak minden csoport esetében kiszámoltuk az átlagát, s így összességében egy-egy csapat a plakáttal maximum 20 pontot nyerhetett. A négy legmagasabb pontszámú csapat került be a program második részébe. A plakátok ill. a csapatok megkülönböztetését a következőképp terveztem meg: minden beérkező plakát kapott egy sorszámot, amit ráírtunk a plakátra. Így innentől kezdve mindig ezen a sorszámon hivatkoztunk (pl. a plakátok elbírálásánál) a beadott munkákra ill. a plakátot beadó csapatra. A vetélkedő feladatainak megoldása során maximálisan a feladatlapon feltüntetett pontokat szerezhették meg a csapatok. Viszont fontosnak tartottam, hogy értékeljem a feladatmegoldás gyorsaságát is. Ezért a vetélkedőt úgy terveztem meg, hogy minden csapat minden feladatlapjára annak kiadásakor és beadásakor is rá kell írni (percre pontosan) az időt. Ahány perccel hamarabb adja be a csapat a feladatlapot, annyi pluszpontot kap, ill. ahány perccel később, annyi pontlevonás jár a helyes megoldásokra kapott pontokból. Úgy gondoltam, hogy a végső eredményt a plakátokért kapott és a vetélkedőn szerzett pontok összege határozza majd meg.

4.6. A projekt meghirdetése

Az előkészületnek ugyancsak fontos része volt, hogy minél több diákhoz eljusson a program híre. Ezért igyekeztem minél több csatornát használni a projekt meghirdetésére. Egyrészt írtam egy rövid hirdetést a programról, hogy azt olvassák be az iskolarádióban. Ennek szövege a következő:

*„Az idei diáknapokon megszervezzük a „**Molekuláris gasztronómia – avagy kémia és fizika a konyhában”** című plakátkészítő versenyt és vetélkedőt. A verseny első részében 3 fős csapatoknak egy-egy plakátot kell készítenie. A feladat az, hogy a plakátokon a csapatok a molekuláris gasztronómia célkitűzéseit és legfőbb eredményeit, valamint ezek kémiai és fizikai alapjait érdekesen és esztétikusan mutassák be*

***A plakátok leadási határideje február 4. péntek.** A plakátokat 3 fős tanári zsűri értékeli és a színvonalas munkát készítő csapatok jutalom 5-ösben részesülnek. A legjobb négy csapat pedig bejut a diáknapokon rendezett vetélkedőbe. Itt a molekuláris gasztronómiával kapcsolatos kísérleteket kell majd elvégezni és feladatlapokat kitölteni. Elsősorban 11.-12. évfolyamos nagygimnazisták jelentkezését várjuk. Részletes információkat olvashattok iskolánk honlapján, illetve érdeklődhettek Moharos Sándor tanár úrnál a biológia tanáriban.”*

Másrészt készítettem egy figyelemfelkeltő plakátot is, amelyet a gimnáziumban öt frekventált helyen kifüggesztettem, továbbá a gimnázium honlapjára kitetettem egy részletes leírást is a versenyről. A következő oldalakon lévő ábrákon bemutatom a plakátot (**9. ábra**) és az internetes hirdetés szövegét (**10. és 11. ábra**). Mindezeken túl a program meghirdetésében nagy szerepet játszott a személyes megszólítás is: igyekeztem tanítványaim figyelmét felhívni erre a programra a tanóráim elején illetve más egyéb alkalmakkor (pl. folyosóügyelet közben).


A tudós szakács
A tökéletes ebéd
MOLEKULÁRIS GASZTRONÓMIA
avagy
kémia és fizika a konyhában
címmel plakátkészítő-versenyt és vetélkedőt hirdetünk az idei diáknapokon!
• A versenyen 3 fős csapatok vehetnek részt, elsősorban a 11. és 12. évfolyamról.
• Először egy A3-as méretű plakátot kell készíteni a csapatoknak, amelyen minél kreatívabban bemutatják a molekuláris gasztronómia legfontosabb eredményeit és azok kémiai, ill. fizikai alapjait.
• A plakátok leadásának határideje február 3. péntek, 12.00 óra.
• A plakátokat egy tanárokból álló, három fős zsűri értékeli és jutalmazza.
• A legjobb 4 csapat vehet részt a vetélkedőn, amelyet a diáknapok keretein belül, február 8-án, szerdán 15.00-16.30 közötttartunk a kémiai előadóban.
• Részletes információkat olvashattok iskolánk honlapján, illetve érdeklődhettek Moharos Sándor tanár úrnál a biológia tanáriban

9. ábra

A plakátkészítő-versenyt és a vetélkedőt meghirdető plakát

MOLEKULÁRIS GASZTRONÓMIA *avagy* kémia és fizika a konyhában

címmel plakátkészítő versenyt és kísérletes vetélkedőt hirdetünk az idei diáknapokon!

- A versenyen 3 fős csapatok vehetnek részt, elsősorban a 11. és 12. évfolyamról.
- A csapatok a következő két fordulóban mérik össze erejüket.

I. forduló: A molekuláris gasztronómiáról készített plakát

- Először egy A/3-as méretű plakátot kell készíteni a csapatoknak, amelyen minél kreatívabban bemutatják a molekuláris gasztronómia legfőbb célkitűzéseit és eredményeit, valamint ezek kémiai és fizikai alapjait.
- A plakát bármilyen technikával készülhet, tartalmazhat rajzokat, fotókat, szöveges részeket egyaránt, de a források pontos megjelölésével.
- **A plakátok leadásának határideje február 3. péntek 12.00 óra.**
- A plakátok **február 6-9. között ki lesznek függesztve** az iskolában, hogy minden érdeklődő megnézhesse őket.
- A plakátokat egy három, természettudományos tárgyakat tanító tanárból álló zsűri értékeli és pontozza, a következő szempontok szerint:
  1. Mennyire jeleníti meg a plakát a molekuláris gasztronómia célkitűzését és legfontosabb eredményeit?
  2. Mennyire segít megérteni a plakát a molekuláris gasztronómia eredményeinek kémiai és fizikai alapjait?
  3. Mennyire hasznosítható mások számára a plakáton látható információ?
  4. Mennyire figyelemfelkeltő és esztétikus a plakát?
- A zsűri dönt arról, hogy mely csapatok munkája volt kellően színvonalas ahhoz, hogy a csapattagok **jutalom 5**-öst kapjanak. Ezt abból a természettudományos tárgyból írja be a saját szaktanáruk, amelyiknek a tananyagából a legalaposabb tudásról tesz tanúbizonyságot a plakátjuk.
- A zsűri által legjobbnak minősített plakátokat készítő csapatok közül a **legtöbb pontszámot szerzett 4 csapat** vehet részt a **vetélkedőn**.

II. forduló: A kísérletes vetélkedő

- A vetélkedőt a diáknapok keretein belül, február 8.-án, szerdán 15.00-16.30 között tartjuk a kémiai előadóban. Itt érdekes, a molekuláris gasztronómiához is köthető kísérleteket kell majd elvégezni a csapatoknak, és az ezekekkel kapcsolatos egyéb feladatokat is meg kell oldaniuk.
- A vetélkedőre be nem jutott csapatokat is szeretettel várjuk (és más persze más érdeklődőket is), hiszen a feladatok ill. a versenyzők által készített ételek mások számára is érdekesek lehetnek, s persze szurkolni is lehet!

10. ábra

A plakátkészítő-verseny és vetélkedő internetes hirdetése (1. rész)

- A vetélkedő alkalmával a jó megoldások és az ügyesen végrehajtott kísérletek mellett a **gyorsaságot** is jutalmazzuk.
- A vetélkedő a végén a legjobb csapatok **meglepetés díjban** részesülnek, a közönség pedig elfogyaszthatja a csapatok, ill. saját maga által készített ételeket.
- A molekuláris gasztronómiáról szóló fénymásolt forrásanyag és további információk Moharos Sándor tanár úrtól kérhetőek.
- Az alábbiakban megadunk néhány internetes linket is, amelyek a plakátkészítés számára gondolat-ébresztőül szolgálhatnak. További forrásokat is kereshettek, de érdemes egy-egy információ helyességéről úgy is meggyőződni, hogy több, egymástól független forrást is használtok. Vessétek össze a különböző forrásokban (a fénymásolt anyagban, valamint az alábbi és az általatok talált weblinkeken) lévő információkat, s vitassátok meg, hogy milyen szempontok alapján és mennyire gondoljátok megbízhatónak ezeket! Gondolkozzatok el azon, hogy saját kémia-, fizika- és biológiatudásotok alapján van-e az egyes állításoknak valóságtartalma! Csak a mindnyájatok által igaznak gondolt, fontos és érdekes információk kerüljenek a plakátotokra!

  http://culinartist.blog.hu/2008/09/29/molekularis_gasztronomia

  http://www.youtube.com/watch?v=jqtvEoJzCvs&feature=related

  http://www.diningguide.hu/hirek/?article_hid=6959

  http://www.foodandwine.hu/2009/02/26/molekularis-fozes-reverz-szferifikacio-1-resz/

- A vetélkedőre való felkészülést természetesen a többi csapat plakátjainak tanulmányozása is segítheti.
- A vetélkedőre bejutott csapatok számára a következő témaköröket, s ezeken belül is főként az alábbi témákat javasoljuk átnézésre, az eredményes versenyzés érdekében:

  - *sűrűség: a különböző folyadékok sűrűségének összehasonlítása*
  - *halmazállapot-változások: a forráspont nyomásfüggése*
  - *az oldhatóság: a csapadék fogalma*
  - *a reakciósebesség: a reakciósebességet befolyásoló tényezők, katalízis*
  - *redoxireakciók: oxidáció és redukció*
  - *sav-bázis reakciók: savak és bázisok*
  - *a kolloid rendszerek: a kolloidok különleges tulajdonságai*
  - *a fehérjék: a fehérjék denaturálódását előidéző tényezők*
  - *enzimek: az enzimek működése*
  - *vitaminok: a C-vitamin szerkezete és szerepe.*

JÓ FELKÉSZÜLÉST ÉS EREDMÉNYES VERSENYZÉST KÍVÁNUNK!

11. ábra

5. A projekt végrehajtásával kapcsolatos tapasztalatok

5.1. A plakátkészítő verseny

A projekt végrehajtása a program meghirdetésével kezdődött 2012. január 23-án, hétfőn. Ezen a napon és még néhány további napon beolvasták az iskolarádióban a hirdetést. Ezen a napon kifüggesztettem a plakátokat, feltöltöttem a gimnázium honlapjára a részletes információkat, és megkezdtem a program személyes kapcsolatok útján való reklámozását is. Innentől kezdve szűk két hét állt a diákok rendelkezésre a csapatok megszervezésére és a plakátok elkészítésére. Néhány nap múlva elkezdődött az érdeklődés a program iránt, egyre többen szólítottak meg és tettek fel kérdéseket a projekt programjával kapcsolatban. Bár az internetes hirdetésben szerepelt, hogy a felkészüléshez – ha igény van rá – akkor nyomtatott, ill. fénymásolt irodalmat is adok, ezzel a lehetőséggel senki nem élt, így papír alapú irodalom kiadására nem került sor. Végül a kijelölt határidőig öt csapat adott be plakátot, viszont néhány csapat jelezte még részvételi szándékát, így nekik megengedtem, hogy munkájukat 2012. február 6-án, hétfőn reggel 8.00 óráig adják be. Ezzel a lehetőséggel még 3 csapat élt, így összesen 8 plakát készült el. A plakátokat a gimnázium egyik folyosóján, egy állandó biológiai kiállítást tartalmazó vitrin üvegére ragasztottuk ki 2012. február 6-án délelőtt. Így az összes versenyző tanulmányozhatta a többi csapat plakátját, használhatták egymás munkáit a vetélkedőre való felkészülésben. Továbbá ennek megvolt az a pedagógiai haszna is, hogy a gimnázium versenyben részt nem vevő, de a folyosón közlekedő tanulóinak a figyelmét is felkeltettük a molekuláris gasztronómia és ezen keresztül tágabb értelemben a természettudományok iránt.

A zsűri 2012. február 7-én délelőtt elvégezte a plakátok pontozását. A zsűriben egy biológia-kémia és egy fizika-kémia szakos kolléganőmmel együtt hárman dolgoztunk. A tervezettnek megfelelően a zsűritagok mindegyike mind a négy értékelési szempont szerint pontozta a plakátokat, majd a kapott pontoknak kiszámoltuk az átlagát. Az elért pontok alapján elkészítettem azt a táblázatot, amely tartalmazza, hogy az egyes

csapatok plakátjai a kitűzött értékelési szempontok szerint (1. Mennyire jeleníti meg a plakát a molekuláris gasztronómia célkitűzését és legfontosabb eredményeit? 2. Mennyire segít megérteni a plakát a molekuláris gasztronómia eredményeinek kémiai és fizikai alapjait? 3. Mennyire hasznosíthatók mások számára a plakáton látható információk? 4. Mennyire figyelemfelkeltő és esztétikus a plakát?) átlagosan hány pontot kaptak, (nem egész pontszám esetén a matematika szabályai szerint kerekítettem), valamint azt is, hogy így mennyi lett az adott csapat által kapott összpontszám (**1. táblázat**).

	1. csapat	**2. csapat**	**3. csapat**	**4. csapat**	5. csapat	6. csapat	7. csapat	**8. csapat**
1. szempont	5	**5**	**5**	**5**	4	4	0	**4**
2. szempont	3	**4**	**3**	**4**	1	4	4	**4**
3. szempont	3	**5**	**4**	**5**	5	4	4	**5**
4. szempont	3	**5**	**5**	**4**	4	3	3	**5**
összesen	14	**19**	**17**	**18**	14	15	11	**18**

1. táblázat: Az egyes csapatok plakátjaira adott részpontszámok, és azok összesítése (vastag betűvel kiemelve a vetélkedőbe bejutott csapatok száma és pontszámai)

Ebből látható, hogy a vetélkedőre a 2., 3., 4 és 8. csapat jutott be. Ezt az eredményt 2012. február 7-én délben nyilvánosságra hoztuk olyan formában, hogy ezen csapatok plakátjai mellé kikerült a „VETÉLKEDŐRE BEJUTOTT” felirat.

5.2. Az elkészült plakátok elemzése, tanulságok levonása

Mivel a plakátok értékelése a fenti négy szempont szerint történt, érdemes ezek szerint haladni az elemzésükben. A plakátokról készült fényképek a függelékben találhatóak. A pontozási táblázatból is látható, hogy a 7. csapat kivételével minden csapat plakátja – ugyan különböző mélységben – valamilyen formában megjelenítette a molekuláris gasztronómia célkitűzéseit. A plakátokon látszik, hogy a csapatok használták azokat a forrásokat, amelyeket megadtunk számukra. Sőt, arra is törekedtek, hogy a források helyét is megjelenítsék a plakátokon. Ezeken a munkákon olvasható a tudományág kialakulásának összefoglalása, a plakátok röviden bemutatják Kürti Miklós és Hervé This szerepét a molekuláris gasztronómia életrehívásában.

A második szempont, azaz a molekuláris gasztronómia jelenségei mögött lévő, és az ott használt megfontolások alapját képező kémiai és fizikai jelenségek, törvények felismerése bizonyult a legnehezebbnek a csapatok számára. Ezen szempont szerint egyik csapat sem kapott maximális pontszámot, azaz ez a szempont jelent meg a legkevésbé a plakátokon. Ennek oka valószínűleg a tapasztalatok és az elegendő tudás hiánya, ill. az, hogy a tanulók nincsenek kielégítő mértékben hozzászokva ahhoz, hogy a dolgok felszíne mögé nézzenek, gondolkozzanak, és bátran kapcsolják össze a hétköznapi jelenségeket a tanórákon elsajátított ismeretekkel még akkor is, ha ezek néha szokatlan társításokhoz vezetnek. Persze ebből a szempontból is különböznek a plakátok, van amelyiken a kémiai-fizikai folyamatokra való hivatkozás szinte teljes hiánya tapasztalható (pl. 5. csapat), de vannak olyanok is, ahol azért megjelennek utalások és érdekes példák (pl. 4. csapaté).

A harmadik szempont (ti., hogy mennyire hasznosítható mások számára a plakáton lévő információ) szerint szinte minden plakát magas pontszámot kapott. Ez alól az 1.-es csapat jelent kivételt, mivel az ő plakátjuk főként általánosságokat tartalmaz, a többi plakáton viszont mindenki találhat magának olyan ismeretet, amelyeket hasznosíthat vagy érdekesnek találhat. Egy-két példa: Az 5. plakáton egy konkrét étel („molekuláris" narancslekvár és fehércsokoládé hab) elkésztésének receptje olvasható ill. követhető nyomon. A 4. csapat munkáján több érdekes jelenség bemutatása történik (hámozatlan narancs úszik a vízben, meghámozva lesüllyed, sérült pattogatni való kukorica miért nem pattog ki). A 2. csapat plakátján egy perui hideg előétel, a *Tapadas Limeñas* készítéséről, a 8. csapat munkáján pedig Na-alginátos gömböcskék megalkotásáról olvashat az érdeklődő.

Összességében a figyelemfelkeltő, esztétikus megjelenés kívánalmának is jól megfeleltek a csapatok: a plakátok színesek, fényképeket, szövegrészleteket, rajzokat tartalmaznak. Az elbírálásban némi problémát jelentett, hogy volt két csapat (az 1. és a 4.számú), akik A/2 méretű plakátot adtak be. Ezekre a plakátokra nyilván több információ fér. Ezt ellensúlyozandó ezen negyedik szempont szerinti értékelés során ezeknél a plakátoknál levontunk egy-egy pontot.

Azt nehéz ellenőrizni, hogy mennyire volt csapatmunka a plakátok elkészítése. Biztos volt olyan csapat, ahol egy-egy csapattag magára vállalta ezt a feladatot. Bár az ellenkezőjére is van példa, amit saját magam láttam: a beadási határidő előtt néhány

nappal az egyik szünetben éppen plakátkészítő csapatba botlottam. Ez azért örömhír, mert éppen ez volt az egyik cél: olyan érdekes feladatot adni a diákoknak, amelynek a megoldásán szívesen együtt dolgoznak, miközben a természettudományos ismereteik is bővülnek, és látókörük is szélesedik.

5.3. A vetélkedő lebonyolítása

A vetélkedő időpontját 2012. február 8-án 15.00 órára tűztük ki. Ezzel kapcsolatban sajnos fellépett némi bizonytalanság a megmérettetés előtt néhány nappal. Ugyanis a diáknapok főszervezői szerették volna, ha később, csak 17.00-kor kezdjük a programot. Jómagam viszont ragaszkodtam az eredeti időponthoz, hiszen ezzel az időponttal hirdettük meg a versenyt és a zsűri tagjaival is azt az időpontot egyeztettem korábban. (Sajnos ez némi zavart keltett, és ennek következtében állandó közönség nélkül folyt le a vetélkedő, csak néhányan tértek be futólag érdeklődni. Ám ennek is megvolt az előnye: a verseny „tisztább" volt, nem kellett számolni a közönség részéről érkező esetleges segítséggel).

Ezen a napon 14.30-ig volt tanítás, és másnap délelőtt is csak rövidített órák voltak, valamint számonkérni ezen a két napon nem lehetett. Így elvárható volt a tanulók részvétele a diáknapok délutáni rendezvényein is. (Itt jegyzem meg, hogy aki ilyen vetélkedők szervezésére szánja rá magát, fel kell készülnie a lehető legváratlanabb problémák megoldására. Sajnos a vetélkedőt megelőző este derült ki számomra, hogy abban a teremben, ahonnan a padokat kölcsön szerettem volna venni a munkahelyek térbeli elválasztásához, a vetélkedővel egy időben egy bőrgyógyász doktornő fog előadást tartani. Érdekes, hogy csak néhány másodpercre alakult ki bennem a kétségbeesés, szinte rögtön kerestem és meg is találtam a megoldást: az előadáshoz csak a székek kellenek, a padok nem, tehát azokat nyugodtan elhozhatjuk… Az ilyen és ehhez hasonló szituációk nagymértékben hozzájárulnak egy fontos tanári kompetencia fejlesztéséhez, amelynek során a problémaorientáltságot felváltja a megoldás orientáltság).

A kijelölt időpontban megjelent mind a négy csapat, és az órák egyeztetése után elkezdődhetett a vetélkedő. Minden feladatlapra rávezettük a kezdési és a befejezési

időpontokat, hogy a feladatlapok javításakor a gyorsaságért járó pluszpontokat meg tudjuk adni ill. pontlevonásokat is meg tudjuk tenni. Ezzel a pontozással a vetélkedő alatt felmerült egy probléma, miszerint egy csapat – pl. ha nem tudja egyik kérdésre se a választ – akár jobban járhat, ha rögtön beadja a feladatlapot, mint az a csapat, aki többségükben tudja a helyes válaszokat, de időbe telik, míg azokat a csapattagok a lapra rávezetik. Sajnos ennek kivédésére nem gondoltunk a tervezéskor, így születtek olyan pontszámok, amelyek a korábbi beadás miatt nyert pluszpontok következtében nem egészen igazságosak (lásd a pontozást tartalmazó 2. táblázatban pl. a 3. csapat 4. feladatlapjának pontjait). A feladatlapokat mindig egyszerre osztottuk ki, és a következő feladatlapot mindig csak az előző beadása után kapták meg a csapatok, de általában be is várták egymást és így egyszerre, egymással párhuzamosan folyt ez egyes feladatok megoldása.

A vetélkedő alatt két kolléganőm (biológia-kémia és fizika-kémia szakosok) folyamatosan végezte a megoldókulcs alapján a beérkezett feladatlapok javítását és pontozását, míg én egy diáksegítővel a feladatlapok kiosztását és beszedését végeztem, ill. a csapatok munkája során esetlegesen felmerülő, csak a szervezők által megoldható problémák elhárításában segítettem (pl. kiborult C-vitamin-oldat pótlása).

A 2. táblázatban összefoglaltam, hogy a csapatok az egyes feladatlapok kitöltésekor hány pontot kaptak. Miden oszlop felső sorában zárójelben látható a maximálisan adható pontszám is. A 10 + 3 felírás azt jelenti, hogy a feladatokra 10 pontot kaptak, de mivel 3 perccel hamarabb fejezték be a munkát, kaptak még további 3 plusz pontot is.

A csapat száma	1. feladatlap (23 pont)	2. feladatlap (12 pont)	3. feladatlap (17 pont)	4. feladatlap (8 pont)	5. feladatlap (10 pont)	összesen (70 pont)	helyezés
2.	9,5 – 1	10 + 3	9,5 + 0	0 + 0	5 – 2	34	IV.
3.	8 – 1	8 + 3	4 + 3	0,5 + 7	5,5 +0	38	III.
4.	12 – 2	9 + 5	5,5 + 0	2,5 – 2	6 + 5	41	II.
8.	8 + 0	8 + 7	8,5 + 4	7,5 + 3	7 + 2	55	I.

2. táblázat: A vetélkedőn részt vevő csapatok által az egyes feladatok megoldása után kapott pontszámok, az összesített pontszámok és az elért helyezések

Eredetileg úgy terveztük, hogy a vetélkedőn kapott pontokhoz hozzáadjuk a plakátkészítés során szerzett pontokat is, és a végső eredményt így alakítjuk ki. Sajnos a vetélkedő végének forgatagában erről megfeledkeztünk, így az eredményhirdetés a vetélkedőn elért pontszámok alapján történt. Azonban ez a tévedés – mivel a vetélkedőre bejutott csapatok plakátjainak pontszámai között nem volt nagy eltérés – a csapatok végső helyezésének sorrendjét nem befolyásolta volna. Az eredményhirdetéskor természetesen átadtuk a jutalmakat is: minden résztvevő kapott egy Túró Rudit; a III. helyezett csapat tagjai 1-1 banánt, a II. helyezett csapat tagjai 1-1 narancsot, az I. helyezett csapat tagjai pedig fejenként 2-2 banánt kaptak. Az iskola költségvetése nem engedett volna meg ettől jelentősebb összegű jutalmakat, de ezzel a díjazással egyúttal az egészséges, kiegyensúlyozott táplálkozásra is szerettük volna felhívni a diákok figyelmét.

Talán meglepő, és egy kémiatanár szinte el sem meri hinni, de a tanítványaink szívesen vettek részt ebben a programban. Szemmel láthatóan élvezték, hogy ott lehetnek, hogy saját maguk kísérletezhetnek, hogy saját maguk végezhetnek közvetlen megfigyeléseket. A természettudományok irányába már nehezen orientálható, 11-12. évfolyamra járó diákok a versenyt komolyan véve küzdöttek a minél jobb helyezés eléréséért. Ez a tapasztalat mindenképpen megerősít abban, hogy fontos helye van a természettudományos oktatásban a tanulói kísérleteknek, méréseknek, és a motiváló jellegű, problémamegoldó, érdekes gyakorlati feladatoknak. A vetélkedő során készült fényképek a függelékben találhatóak.

5.4. A vetélkedő kísérleteinek és feladatainak elemzése a kipróbálás tapasztalatai alapján

A következőkben összefoglalom, hogy az egyes feladatlapokhoz tartozó kísérletek előkészítése és végrehajtása közben milyen tapasztalatokat szereztem. Továbbá minden feladatlap kapcsán elemzem, hogy mennyire váltak be az azon lévő egyes feladatok, valamint a tanulók által beadott megoldásokat.

I. feladatlap

Ehhez a feladatlaphoz a burgonyában található kataláz enzim működésének a vizsgálata tartozott. A kísérlet lényege az, hogy a burgonyát (először kockára vágva, aztán reszelve) 5 tömegszázalékos hidrogén-peroxid-oldatba tették, miközben különböző intenzitású pezsgést tapasztaltak. Mivel a reszelt krumplinak nagyobb az összfelülete, ezért itt nagyobb mértékű a pezsgés. A keletkezett oxigént parázsló gyújtópálcával úgy mutatták ki, hogy a pezsgő krumplireszelék fölé kis tölcsért tettek szájával lefelé borítva és a tölcsér szárába felülről vezették be a parázsló gyújtópálcát. Olyan nagymértékű felizzásra nem számíthattak, mintha MnO_2-al katalizálnánk a H_2O_2 bomlását, de az intenzívebb izzás szemmel látható. A kísérletsorozat második részében 0,1 mol/dm^3-es $HgCl_2$-oldatba áztatott krumpli reszelékkel ill. főtt krumplival ismételték meg a kísérletet. Ezekben az esetekben a krumpli kataláz enzimének aktivitása szemmel láthatóan csökkent. A $HgCl_2$ helyett használható más nehézfém-ion is, de akkor a pezsgés intenzitása kevésbé csökken [13]. A krumplit óraüvegen, ill. Petri-csészékben kapták a csapatok, a $HgCl_2$-os áztatást pedig egy főzőpohárban végezhették el.

Ez a kis kísérletsorozat szép példája annak, hogy egy egyszerű jelenségből kiindulva is számos különböző téma átismétlésére nyílik lehetőség. Így a kísérletek elvégeztetése után sokféle, szerteágazó kérdést tettünk fel a H_2O_2 bomlásának reakcióegyenletével kapcsolatban (Milyen gáz képződik? Írjátok fel a reakcióegyenletet!), a reakciósebesség, a katalízis és az enzimek fogalmával kapcsolatban (Milyen tényezők határozzák meg a reakciósebességet? Mi a katalizátor? Hogy nevezik a biokatalizátorokat? Milyen anyagból épülnek fel? Miért van szüksége a krumplinak arra, hogy el tudja bontani a hidrogén-peroxidot?), a fehérjék

denaturálásával kapcsolatban (Mi okozta az eltérést a $HgCl_2$-os kezelés és a főzés hatására? Milyen más kezeléssel lehetne hasonló hatást elérni?).

Az összes feladatlap közül ennek a megoldása sikerült a legrosszabbul a csapatoknak (átlagosan 8 pont a maximálisan elérhető 23 pontból, s ez csak 34%, miközben a legmagasabb, erre a feladatlapra kapott pontszám is csak 12-2=10 pont volt). Ennek sok magyarázata lehet. Az egyik az, hogy talán ez volt a legátfogóbb ismereteket igénylő feladatsor és ezért nem volt szerencsés ezt tenni az egész vetélkedő elejére. Másrészt már a feladatmegoldás közben világossá vált, hogy a tervezett 20 perces idő kevés. Ezt ugyan a feladat teljesítése közben megemelte a zsűri 25 percre, de talán még ez is kevés volt. A kísérleteket jól elvégezték a csapatok, a lejegyzett tapasztalatok is általában jók voltak. Kivételek azért voltak: a 8. csapatnak kialudt a gyújtópálcája (valószínűleg belenyomták a nedves krumpli reszelékbe), s ebből teljesen rossz következtetést vontak le: arra jutottak, hogy biztosan CO_2 fejlődött. A 2. csapat pedig a burgonya keményítőtartalmával hozta összefüggésbe a tapasztaltakat. Az elméleti kérdésekre adott válaszok viszont eléggé változatos képet mutattak: pl. túl nehéznek bizonyult az a kérdés, hogy miért van szüksége a krumplinak arra, hogy el tudja bontani a hidrogén-peroxidot. A válasz valóban nem tananyag biológiából, bár el szoktuk mondani, hogy az anyagcsere során keletkezik hidrogén-peroxid, amely a sejtek molekuláival reakcióba lépve azokat módosítja, ezáltal megváltoztatva azok szerkezetét, ami megakadályozza, hogy ezen anyagok ellássák biológiai funkcióikat. Viszont a tananyaghoz szorosabban illeszkedő kérdések jobban mentek (pl. az enzim, a katalizátor fogalma) és a hő ill. nehézfém okozta változás magyarázatára is zömében jó válaszok születtek.

II. feladatlap

A vetélkedő ezen részében az volt a csapatok feladata, hogy tervezzenek és hajtsanak végre egy kísérletet annak eldöntésére, hogy a tojás sárgájának vagy a fehérje részének nagyobb-e a sűrűsége úgy, hogy csak 3 tojás, 3 kis főzőpohár és egy nagy főzőpohár áll rendelkezésre. Itt azt vártuk a csapatoktól, hogy jöjjenek rá arra, hogy a két anyagnak nem az abszolút sűrűségét kérdezzük tőlük, hanem csak az egymáshoz viszonyított, relatív sűrűséget. Azaz nem kellett mást tenniük, mint a három tojás fehérje részét összeönteni, majd ebbe az egyik sárgáját beletenni, és abból, hogy a sárgája úszik a fehérje felszínén levonni azt a következtetést, hogy a sárgájának kisebb a

sűrűsége. Ez a gyakorlati feladat roppant egyszerű, de éppen ezért alkalmas arra, hogy a diákcsoportok saját maguk tervezzék meg a probléma megoldását. Hiszen a természettudományos vizsgálatok elvén alapuló feladatokat alkalmazó módszertani megközelítés hangsúlyozza, hogy sikerélményt ez csak megfelelő előzetes tudás birtokában biztosíthat [19]. A kísérlet kínálta a lehetőséget, hogy a feladathoz kapcsolódó kérdésekben rákérdezzünk a sűrűség és a felhajtóerő fogalmára, ill. Arkhimédész törvényét is leírassuk a csapatokkal. A továbbiakban pedig arra kértünk magyarázatot, hogy általában a kemény tojás készítésekor miért csúszik el középről a sárgája és ötletet kerestettünk ennek megakadályozására.

Ez a kísérlet nem igényel különösebb előkészítést. Eredetileg 5 tojással végeztük volna a kísérletet, de valójában elég 3 is, főleg ha elég keskeny átmérőjű főzőpoharat használunk.

A kísérlet megtervezésére és végrehajtására 20 perc állt rendelkezésre, ami ezúttal sok volt, hiszen minden csapat hamarabb rájött a megvalósításra és kitöltötte a feladatlapot. Itt már jobban teljesítettek a csapatok: többletpontok nélkül 9 pontot kaptak átlagosan a 12-ből (75%), többletpontokkal pedig 13-at a 12-ből (108%), ami irreális. Ezt a hibát úgy kísérelhettem volna meg elkerülni, ha a kísérlet kipróbálásakor mérem a kivitelezéséhez szükséges időt, és ehhez hozzáadom a gondolkozáshoz és a feladatlap kitöltéséhez szükséges becsült időt. Azonban az utóbbit jól közelíteni „elméletben”, azaz valódi diákokkal való kipróbálás nélkül nehéz. Ezért módszertani szempontból sokkal értékesebbek a több tanulócsoporttal is kipróbált feladatlapok. A vetélkedő tapasztalatai alapján elegendő lett volna kevesebb időt adni erre a feladatra a tervezésnél (a vetélkedő alatt csökkenteni a rendelkezésre álló időt nem lett volna szerencsés). A feladathoz tartozott az is, hogy a megtervezett és végrehajtott kísérletről készítsenek a diákok vázlatot. Sajnos erről a harmadik csapat megfeledkezett. Az első három elméleti és az utóbbi két gyakorlati kérdésre vegyesen jó és rossz válaszok is születtek (itt a fizika fakultációs csoport tagjai voltak előnyben).

III. feladatlap

Ebben a feladatcsoportban C-vitaminnal kapcsolatos vizsgálatokat kellett végezni, amelyek lényegében a jóddal való oxidálhatóságon alapultak. Először egy kémcsőben tömény C-vitamin-oldatot kellett a csapatoknak készíteniük, majd ebbe Lugol-oldatot csepegtetni, megfigyelni a változást, majd följegyezni a tapasztalataikat.

A kísérlet második részében a Lugol-oldatot különböző gyümölcsökre cseppentve meg kellett becsülni azok C-vitamin tartalmát. A kísérletek elvégzése után azokhoz kapcsolódó elméleti kérdéseket kaptak a csapatok: Mi a C-vitamin szerepe az élő szervezetekben? Mi a tudományos neve a C-vitaminnak? Ki volt az a híres magyar tudós, aki a C-vitamint izolálta? Ismerd fel a megadott képletek közül a C-vitaminét! Melyik másik vitamin szerepe hasonlít a C-vitamin szerepéhez? A kérdések másik részében pedig a lezajlott jelenségekkel volt kapcsolatos: Magyarázzátok meg, hogy a C-vitamin miért színteleníti el a jódoldatot! Milyen reakciótípusba sorolható részecskeátmenet szerint a kísérlet során végbement reakció? Mi történt a jóddal? (Itt reakcióegyenletet is kértünk a megoldás alátámasztására.) Mi történt a C-vitaminnal? A molekuláris gasztronómia egyik alapelve, hogy inkább hosszabb ideig, de alacsonyabb hőmérsékleten kell elkészíteni az ételeket. Ennek miért van különösen nagy jelentősége a C-vitamin szempontjából?

Ebben a feladatsorban sem szereztek túl sok pontot a csapatok: az átlagos pontszerzés 7 pont volt a 17-ből (41%), míg a legmagasabb, a feladatok megoldásával szerzett pontszám 9,5 pont volt. Két csapat abból szerzett pluszpontokat, hogy hamarabb beadta a feladatlapot. A kérdések nehézsége változatos volt: az aszkorbinsavat és Szent-Györgyit mindenki ismerte, s az 1 csapat kivételével mindenki felismerte a szerkezeti képletet. Sajnos itt elkövettem egy hibát: a feladatlapra már a C-vitamin oxidált alakjának képlete került. (Érdemes megjegyezni, hogy erre a figyelmemet a segítségemre beosztott diák hívta fel…) Elszomorító viszont, hogy minden csapatnak problémát okozott a jód elszíntelenedésének kémiai értelmezése (a jodidionokká való redukció miatt) és az egyenlet felírása.

A kísérlet első részéhez egy vegyszeres kanálnyi aszkorbinsavat készítettem ki kémcsőbe. Ezt a csapattagoknak desztillált víz segítségével csak fel kellett oldaniuk. A kísérlet tervezésének fázisában gondoltam arra is, hogy néhány perces melegítés, forralás hatására lebomlik benne a C-vitamin. Ezt viszont nem sikerült kísérletileg kimutatni (a Lugol-oldatot ugyanúgy elszíntelenítette), így a melegítés hatására bekövetkező C-vitamin bomlás kimaradt a feladatlap kísérletei közül. Alacsonyabb koncentráció esetén nyilván kimutatható lenne ez a hatás is, de ahhoz a diákoknak előre kimért tömegű C-vitaminból kellene adott térfogatú oldatot készíteniük. A feladat második részében banánt, narancsot és citromot használtunk. Ebben a sorrendben nő a

C-vitamin tartalmuk. Érdemes a citromra cseppentett Lugol-oldatot vegyszeres kanállal belenyomkodni a gyümölcsbe, így jobban látszik ez elszíntelenedés.

IV. feladatlap

Ez a feladatlap tartalmazta a Na-alginátos kísérleteket: a málnakaviár és az eperjoghurt ravioli készítését. Mivel ez volt a legérdekesebb kísérlet, ezért a két utolsó feladatlap kiosztását felcseréltük, így ez a két látványos kísérlet lett a vetélkedő utolsó programpontja. Sajnos a kísérletekhez kapcsolódó, szferifikációval, reverz szferfikációval kapcsolatos kérdésekre csak a 8. csapat tagjai tudtak válaszolni (7,5 pontot és még 3 pluszpontot kaptak a maximálisan elérhető 8 pontból). Ennek oka nyilván az volt, hogy az ő plakátjukon szerepeltek ezek a jelenségek. Ez viszont azt az örvendetes tényt igazolja, hogy a plakátkészítéskor nemcsak lemásolták a kiadott anyagokat, hanem meg is értették a plakátjukon megjelenített, e műveletekkel kapcsolatos információk kémiai alapjait.

Ennek a kísérletnek az előkészítése során fontos, hogy a Na-alginát-oldatot a felhasználás előtt egy nappal (vagy legalább 3-4 órával) el kell készíteni, mert nehezen oldódik fel. Csapatonként kb. 2 g Na-alginátot oldottam fel kb. 100 cm^3 desztillált vízben. Fontos, hogy ne csapvizet használjunk, hiszen az tartalmaz Ca^{2+}-ionokat! Lényeges az is, hogy a különböző csapatoknak készített Na-alginát-oldatokat öntsük össze egy nagyobb edénybe, majd újra osszuk négyfelé (ha nem eleve egy nagyobb edényben készítjük el egyszerre az összes szükséges Na-alginát oldatot). Ezzel ugyanis elkerülhető, hogy különböző töménységű oldatokat kapjanak a csapatok, és ezért különböző esélyük legyen a sikerre. Pontosan azonos koncentrációjú oldatokat használva – ügyes kísérletezés estén – minden csapatnak ugyanolyan gömböcskéi lesznek. Az elkészített Na-alginát-oldatot nem lehet tárolni, mert megromlik, mindig frissen készítjük. A $CaCl_2$ csapvizes leöblítését nem szabad kihagyni, ugyanis a $CaCl_2$ íze keserű! A reverz szferifikáció bemutatásához érdemes magas Ca^{2+}-tartalmú joghurtot használni (ez boltban kapható, és csontritkulásos betegeknek ajánlják). Sajnos a Na-alginát ára meglehetősen magas (9000 Ft / 500 g), viszont szerencsére nem kell belőle sok a kísérletekhez. A másik problémát a beszerzése jelenti, tapasztalataim szerint például Budapesten a Culinaris boltban „Algin” néven kapható (http://www.culinaris.hu).

A rendelkezésre álló idő itt 20 perc volt. A kísérletezés végén jól sikerült málnakaviárt és raviolit ehettünk: a csapattagok és az éppen ott lévő nézők megízlelhették a molekuláris gasztronómia egyik sikerfogását!

V. feladatlap

Ahogy az előbbiekben már jeleztem, a vetélkedőn ez a feladatsor megelőzte a 4.-es számút. Ehhez a feladatlaphoz nem tartozott elvégzendő kísérlet, csak meg kellett érteni a felvetett problémát és grafikon alapján válaszolni kellett a feltett kérdésekre.

Néhány héttel a vetélkedő előtt megmértem, hogy hogyan változik az idő függvényében egy „főzésben lévő" tojás belsejének, és ezzel párhuzamosan a főző víznek a hőmérséklete. A méréshez először a tojást szigetelő szalaggal egy főzőpohár belsejéhez rögzítettem, majd a felülre került csúcsán egy pontra kb. 10 tömegszázalékos sósavat csepegtettem. Egyszerre egy csepp sósavat szabad felvinni, hogy a tojás meszes héja csak ezen az egy helyen reagáljon a sósavval és csak itt vékonyodjon el. Körülbelül 5 perc alatt, ismételt csepegtetés mellett a héj már kellőképpen elreagált, s ekkor először egy bonctűvel óvatosan áttörtem a tojás héját, majd különböző keresztmetszetű szegekkel óvatosan tágítottam a nyílást, úgy, hogy a tojás héja ne repedjen meg. Végül bevezettem a digitális hőmérő mérőtüskéjét, egy másik digitális hőmérővel pedig a víz hőmérsékletét mértem. A két adatsort grafikonon ábrázoltam. A csapatok feladatai és kérdései zömében ezen adatok kiértékelésével voltak kapcsolatosak.

A csapatok átlagos teljesítménye itt 6 pont volt a maximálisan elérhető 10-ből (60%). Jól értelmezték az ábrát, tudtak róla adatokat leolvasni. Azonban a csapatok fele sajnos nem tudta felírni a sósav és $CaCO_3$-t reakciójának egyenletét.

6. A tapasztalatok alapján javított projektterv

A projekt végrehajtását követően összességében meg voltam elégedve annak sikerességével: a programban részt vevő tanulók komolyan vették mind a plakátkészítést, mind pedig a vetélkedőre való készülést, ill. az azon való részvételt. Ennek a sikerességnek a tanulói lelkesedés mellett talán az is oka volt, hogy a tervezés fázisában igyekeztem mindent alaposan végiggondolni és jól előkészíteni. Ennek ellenére (a fentiekben ismertetett tapasztalatok szerint) adódtak kisebb nehézségek és becsúsztak apróbb hibák is. Természetesen az „élesben történő" kipróbálás során szerzett élmények arra késztetnek, hogy ha újra megszervezem ezt a programot, akkor néhány dolgot másképp csináljak. Ebben a fejezetben ezeket a javításokat szeretném bemutatni és ezáltal egy kipróbált és bevált, más kollégák által is a siker reményében alkalmazható projekttervet közre adni.

A projekt szerkezetén nem kell változtatni: a plakátkészítés és a vetélkedő jól kiegészíti egymást és más-más készségeket fejleszt. A plakátkészítés felhívásában érdemes nyomatékosítani, hogy A/3 méretű plakátot várunk (nem kisebbet és nem nagyobbat). Ezzel kiküszöbölhetjük, hogy egyes csapatok nagyobb plakátot adjanak be, amelyeken több információ lesz, és ezért ezeket nehezebb összehasonlítani a többi munkával. A színvonalasabb plakátok születésének érdekében fel kell hívni a jelentkezők figyelmét arra, hogy nézzenek utána a plakátjukon megjelenített molekuláris gasztronómiai jelenségek kémiai és fizikai hátterének, gondolkozzanak el ezeken és jelenítsék is meg ezeket a munkájukban. Nem árt hangsúlyozni a felhívásban, hogy noha szabad a forrás megjelölésével (idézőjelben) kész szöveget átvenni és azt a plakáton megjeleníteni, mégis – az értékelés szempontjából is – értékesebb a munka akkor, ha saját szavaikkal fogalmazzák meg az általuk összegyűjtött információk lényegét és az abból szintetizált tudást. A versenyfelhívásban érdemes nyomtatott könyvet is ajánlani (pl. This „A tökéletes ebéd" című könyvét), hátha lesz néhány diák, aki beleolvas, s ez esetleg annyira felkelti az érdeklődésüket, hogy végig is olvassák azt.

A vetélkedő szervezésekor mindenképpen megnyugtató módot kell találni a feladatlap-kitöltés gyorsaságának díjazására. Ha nem szeretnénk lemondani a gyorsaság jutalmazásáról – ami nagy kár lenne, hiszen nagymértékben hozzájárul a jó hangulatú

verseny kialakításához – megoldás az lehetne, ha a szabályok között előre rögzítjük, hogy csak akkor adunk az idő előtti feladatlap beadásért plusz pontot, ha a feladatlapon szereplő összes kérdést megkísérelték megoldani – azaz minden feladatnál van valamilyen (értelmes) válasz. Egy másik lehetőség az, hogy plusz pontok csak akkor járnak, ha legalább az adott feladatlap esetében elérhető maximális pontszám felét megszerezte a csapat. Elképzelhető egy olyan megoldás is, hogy teljesítményarányosan adjuk a pluszpontokat: pl. 1 perccel gyorsabb beadás 5%-nyi pluszpontot jelenthetne. Így ha a feladatlapon 7 pontot szerzett a csapat és 4 perccel hamarabb adták be, akkor $7 + 4 \cdot (0{,}05 \cdot 7) = 8{,}4$ pontot kapnak.

A feladatlapokra célszerű egy olyan rovatot is nyomtatni, ahova a csapatok a csapatszámaikat írhatják.

Az I. feladatlap kapcsán az egyik legfontosabb változatás, hogy ne legyen ez a feladatlap az első, amivel foglalkoznak a csoportok, mert ez tartalmazza a legbonyolultabb kísérleteket és a legnehezebb kérdéseket. Ezért érdemes felcserélni pl. az I. és a II. feladatlap kitöltésének sorrendjét. Másrészt a feladatlap megoldására legalább 30 perc szükséges, és a 10. kérdést jobb kihagyni és inkább külön megbeszélni a vetélkedő végén a diákokkal. A II. feladatlap feladatain nem kell változtatni, viszont a munkaidőt le lehet csökkenteni 15 percre. A III. feladatlapon mindenképpen javítani kell a C-vitamin képletét: a redukált alaknak kell a feladatlapon szerepelnie. A IV. és V. feladatlapot már a kipróbáláskor is felcseréltük, hiszen a IV. tartalmazza a legérdekesebb kísérleteket, ezért érdemes ezzel zárni a programot. Mivel ennek témája egyáltalán nem tartozik közvetlenül a középiskolás tananyagba, ajánlatos lenne a vetélkedőre bejutott csoportok figyelmét külön is felhívni erre a molekuláris gasztronómiai kuriózumra. Így elkerülhetjük azt, hogy a tanítványaink hozzá se tudjanak szólni a szferifikációval és reverz szferifikációval kapcsolatos kérdésekhez. Az V. feladatlap feladatainak megoldásai jól sikerültek, így nem szükséges rajtuk változtatni. Egyébként érdemes beiktatni a vetélkedőn egy ilyen problémamegoldó részt is, ahol nem kell kísérletezni, csak feladatokat megoldani, így immár hivatalosan is utolsó előtti feladatsorként fontos szereppel bír.

A következő oldalakon a fentiek szerint módosított versenykiírást, azaz a javított internetes hirdetést mutatom be. A program rádiós és plakátos hirdetésén nem szükséges változtatni, hiszen azoknak elsősorban figyelemfelhívó szerepük van csak, ezeket pedig eredeti formájukban is be tudják tölteni. Ezt követően pedig újra közlöm a vetélkedő feladatlapjait, immár megfelelő sorrendben és a szükséges módosítások elvégzésével.

MOLEKULÁRIS GASZTRONÓMIA *avagy* kémia és fizika a konyhában

címmel plakátkészítő versenyt és kísérletes vetélkedőt hirdetünk az idei diáknapokon!

- A versenyen 3 fős csapatok vehetnek részt, elsősorban a 11. és 12. évfolyamról.
- A csapatok a következő két fordulóban mérik össze erejüket.

I. forduló: A molekuláris gasztronómiáról készített plakát

- Először egy **A/3-as** méretű plakátot kell készíteni a csapatoknak, amelyen minél kreatívabban bemutatják a molekuláris gasztronómia legfőbb célkitűzéseit és eredményeit, valamint ezek kémiai és fizikai alapjait.
- A plakát bármilyen technikával készülhet, tartalmazhat rajzokat, fotókat, szöveges részeket egyaránt, de a források pontos megjelölésével.
- **A plakátok leadásának határideje február 3. péntek 12.00 óra.**
- A plakátok **február 6-9. között ki lesznek függesztve** az iskolában, hogy minden érdeklődő megnézhesse őket.
- A plakátokat egy három, természettudományos tárgyakat tanító tanárból álló zsűri értékeli és pontozza, a következő szempontok szerint:
  1. Mennyire jeleníti meg a plakát a molekuláris gasztronómia célkitűzését és legfontosabb eredményeit?
  2. Mennyire segít megérteni a plakát a molekuláris gasztronómia eredményeinek kémiai és fizikai alapjait?
  3. Mennyire hasznosítható mások számára a plakáton látható információ?
  4. Mennyire figyelemfelkeltő és esztétikus a plakát?
- A zsűri dönt arról, hogy mely csapatok munkája volt kellően színvonalas ahhoz, hogy a csapattagok **jutalom 5**-öst kapjanak. Ezt abból a természettudományos tárgyból írja be a saját szaktanáruk, amelyiknek a tananyagából a legalaposabb tudásról tesz tanúbizonyságot a plakátjuk.
- A zsűri által legjobbnak minősített plakátokat készítő csapatok közül a **legtöbb pontszámot szerzett 4 csapat** vehet részt a **vetélkedőn**.

II. forduló: A kísérletes vetélkedő

- A vetélkedőt a diáknapok keretein belül, február 8-án, szerdán 15.00-16.30 között tartjuk a kémiai előadóban. Itt érdekes, a molekuláris gasztronómiához is köthető kísérleteket kell majd elvégezni a csapatoknak, és az ezekekkel kapcsolatos egyéb feladatokat is meg kell oldaniuk.
- A vetélkedőre be nem jutott csapatokat is szeretettel várjuk (és más érdeklődőket is), hiszen a feladatok ill. a versenyzők által késztett ételek mások számára is érdekesek lehetnek, s persze szurkolni is lehet!

12. **ábra**

A plakátkészítő-verseny és vetélkedő internetes hirdetése (1. rész)

- A vetélkedő alkalmával a jó megoldások és az ügyesen végrehajtott kísérletek mellett a **gyorsaságot** is jutalmazzuk.
- A vetélkedő a végén a legjobb csapatok **meglepetés díjban** részesülnek, a közönség pedig elfogyaszthatja a csapatok, ill. saját maga által készített ételeket.
- A molekuláris gasztronómiáról szóló fénymásolt forrásanyag és további információk Moharos Sándor tanár úrtól kérhetőek.
- Az alábbiakban megadunk néhány internetes linket is, amelyek a plakátkészítés számára gondolatébresztőül szolgálhatnak. További forrásokat is kereshettek, de érdemes egy-egy információ helyességéről úgy is meggyőződni, hogy több, egymástól független forrást is használtok. Vessétek össze a különböző forrásokban (a fénymásolt anyagban, valamint az alábbi és az általatok talált weblinkeken) lévő információkat, s vitassátok meg, hogy milyen szempontok alapján és mennyire gondoljátok megbízhatónak ezeket! Gondolkozzatok el azon, hogy saját kémia-, fizika- és biológiatudásotok alapján van-e az egyes állításoknak valóságtartalma! Csak a mindnyájatok által igaznak gondolt, fontos és érdekes információk kerüljenek a plakátotokra!

  http://culinartist.blog.hu/2008/09/29/molekularis_gasztronomia

  http://www.youtube.com/watch?v=jqtvEoJzCvs&feature=related

  http://www.diningguide.hu/hirek/?article_hid=6959

  http://www.foodandwine.hu/2009/02/26/molekularis-fozes-reverz-szferifikacio-1-resz/

- A vetélkedőre való felkészülést természetesen a többi csapat plakátjainak tanulmányozása is segítheti.
- A vetélkedőre bejutott csapatok számára a következő témaköröket, s ezeken belül is főként az alábbi témákat javasoljuk átnézésre, az eredményes versenyzés érdekében:
  - *sűrűség: a különböző folyadékok sűrűségének összehasonlítása*
  - *halmazállapot-változások: a forráspont nyomásfüggése*
  - *az oldhatóság: a csapadék fogalma*
  - *a reakciósebesség: a reakciósebességet befolyásoló tényezők, katalízis*
  - *redoxireakciók: oxidáció és redukció*
  - *sav-bázis reakciók: savak és bázisok*
  - *a kolloid rendszerek: a kolloidok különleges tulajdonságai*
  - *a fehérjék: a fehérjék denaturálódását előidéző tényezők*
  - *enzimek: az enzimek működése*
  - *vitaminok: a C-vitamin szerkezete és szerepe.*

JÓ FELKÉSZÜLÉST ÉS EREDMÉNYES VERSENYZÉST KÍVÁNUNK!

13. ábra

A plakátkészítő-verseny és vetélkedő internetes hirdetése (2. rész)

I. feladatlap

A tojássárgája és fehérje relatív sűrűségének meghatározása

Az I. feladatlap megoldására rendelkezésre álló idő: 15 perc

Szerezhető összes pontszám: 12 pont

A vetélkedő ezen részében az lesz a feladatotok, hogy tervezzetek egy kísérletet annak eldöntésére, hogy a tojás sárgájának vagy a fehérje részének nagyobb-e a sűrűsége! *Rendelkezésre álló anyagok és eszközök: 3 db tojás, 3 kis főzőpohár a tojások feltörésére és szétválasztására és egy nagyobb főzőpohár a mérésre.* Semmilyen más mérőeszköz nem használható! **A kísérlet megtervezésére és végrehajtására, valamint a feladatlap kitöltésére összesen 20 perc áll rendelkezésre!**

Írjátok le röviden a lap hátára a tervezett és végrehajtott kísérlet menetét, és a tapasztalataitokat, valamint ezek magyarázatát! A kíséreti elrendezésről és tapasztalatokról készítsetek rajzot (vázlatot)!

Válasz: A helyes kísérletre, ötletre, rajzra és a tényleges kivitelezés maximálisan adható pontszám: **6 pont**

Kérdések-feladatok

1. Mit nevezünk sűrűségnek?

Válasz: Egy test **tömegének és térfogatának hányadosát**. **(1 pont)**

2. Mi a felhajtóerő?

Válasz: **A folyadékokba és gázokba merülő** testekre**, felfelé ható erő. (2 pont)**

3. Fogalmazzátok meg Arkhimédész törvényét!

Válasz: A **felhajtóerő nagysága megegyezik a kiszorított közeg súlyával. (1 pont)**

4. Adjatok magyarázatot arra, hogy ha kemény tojást főzünk, akkor miért tapasztaljuk gyakran azt, hogy a tojás sárgája nem a fehérje közepén helyezkedik el?

Válasz: Mivel a **sárgájának kisebb a sűrűsége, ezért „feljön" a tetejére**, ameddig csak lehet. **(1 pont)**

5. Kemény tojás készítésekor hogyan lehetne elérni azt, hogy a tojás sárgája középen maradjon?

Válasz: **Folyamatosan forgatni** kell a tojást **(1 pont)**

II. feladatlap

A burgonyában található kataláz nevű enzim működésének vizsgálata

A II. feladatlap megoldására rendelkezésre álló idő: **30 perc**

Szerezhető összes pontszám: **23 pont**

Rendelkezésre álló anyagok és eszközök: kockára vágott burgonya, reszelt burgonya, főtt burgonya, 5 db Petri-csésze, borszeszégő, gyújtópálca, tölcsér, 2 db főzőpohár, hidrogén-peroxid-oldat, $HgCl_2$-oldat, kanál

1. Öntsetek néhány cm^3 hidrogén-peroxid oldatot egy-egy Petri-csészébe, majd az egyikbe egy kocka alakúra vágott krumplidarabot tegyetek, a másikba pedig a reszelt krumplinak kb. a harmadát. Figyeljétek meg és *jegyezzétek fel* a tapasztalataitokat.

Válasz: Mindkét esetben **pezsgést / gázfejlődést** tapasztalunk, **(1 pont)** a **reszelt krumplinál ez intenzívebb**, mint a kockára vágottnál. **(1 pont)**

2. Most ismételjétek meg a reszelt krumplival végzett műveletet a következőképpen: az egyik csapattag gyújtsa meg a borszeszégő segítségével a gyújtópálcát, a másik csapattag ismét öntsön néhány cm^3 hidrogén-peroxid-oldatot egy Petri-csészébe, majd tegye bele a megmaradt reszelt krumpli felét. Közvetlenül a reakció beindulása után a csapat harmadik tagja borítson gyorsan szájával lefelé fordítva egy kis tölcsért a Petri-csészére, majd a tölcsér szárán keresztül vezessétek be a parázsló gyújtópálcát! Ismét *jegyezzétek fel* a tapasztalataitokat!

Válasz: A bevezetett gyújtópálca **jobban izzik / felizzik. (1 pont)**

3. A kísérletsorozat harmadik részében öntsetek néhány cm^3 $HgCl_2$-oldatot egy kis főzőpohárba és tegyétek bele a maradék reszelt krumplit! Néhány percig áztassátok az oldatban a krumplit, majd öntsétek le egy főzőpohárba az oldatot a krumpliról és ismételjétek meg az ilyen módon kezelt burgonyával az 1.) pontban leírt reszelt krumplis kísérletet! Figyeljétek meg és *jegyezzétek fel* a tapasztalataitokat.

Válasz: Nem tapasztalunk pezsgést, vagy az 1.) pontban leírt kísérlethez képest **jóval kevésbé intenzív pezsgést** tapasztalunk. **(1 pont)**

4. Ebben a kísérletben pedig tegyetek összetört főtt krumplit a hidrogén-peroxid-oldatba és *jegyezzétek fel* a tapasztalataitokat.

Válasz: Nem tapasztalunk pezsgést, vagy az 1.) pontban leírt kísérlethez képest **jóval kevésbé intenzív pezsgést** tapasztalunk. **(1 pont)**

Kérdések-feladatok

1. Milyen gáz képződése okozta a pezsgést a kísérletben?

Válasz: Oxigén / O_2**. (1 pont)**

2. Írjátok fel az 1. és a 2. kísérlet során lejátszódott kémiai folyamat reakcióegyenletét!

Válasz: 2 H_2O_2 = 2 H_2O + O_2 (**1 pont** a **helyes kiindulási anyagokért és termékekért**, **1 pont** az egyenlet helyes **rendezése**)

3. Milyen tényezők határozzák meg adott anyagi minőségű kiindulási anyagok esetén a kémiai reakció sebességét?

Válasz: A **hőmérséklet** és a **koncentráció, katalizátor** jelenléte. **(3 pont)**

4. Mit nevezünk katalizátornak?

Válasz: A katalizátorok **kisebb aktiválási energiával** járó, **új reakcióutat** nyitnak meg. **(2 pont)**

5. Hogy nevezzük a sejtek biokatalizátorait?

Válasz: Enzimeknek. **(1 pont)**

6. Általában a természetes szerves anyagok mely csoportjába tartoznak azok a vegyületek, amelyek a szervezet biokatalizátorait alkotják?

Válasz: Fehérjék **(1 pont)**

7. Magyarázzátok meg a kockára vágott és a reszelt krumplival végzett kísérletek közti különbség okát!

Válasz: A reszelt krumplinak nagyobb az összes felülete, így **nagyobb felületen érintkezik** a hidrogén-peroxiddal (heterogén katalízis) **(2 pont)**

8. Magyarázzátok meg, hogy miért okozott változást a kísérlet kimenetelében a $HgCl_2$-os kezelés, ill. a nyers helyett főtt krumpli alkalmazása!

Válasz: A higany(II)-klorid **és a megfőzéskor alkalmazott hőhatás egyaránt denaturálta** a hidrogén-peroxidot bontó **enzimet**. **(2 pont)**

9. Milyen más hatás alkalmazásával lehetne az utolsó kísérletnél tapasztaltakhoz hasonló eredményhez jutni?
Válasz: Például erős sav vagy más nehézfém alkalmazásával (legalább ezek közül egy megnevezése). **(1 pont)**

10. Milyen konyhai eszköz segítségével lehet lecsökkenteni a krumpli megfőzéséhez szükséges időt és miért?

Válasz: **Kuktafazékkal**, mivel benne **magasabb nyomáson, magasabb hőmérsékleten** forr a víz, és ezért gyorsabban megfő minden étel. **(3 pont)**

III. feladatlap

Kísérletek a C-vitamin vizsgálatára

A III. feladatlap megoldására rendelkezésre álló idő: 20 perc

Szerezhető összes pontszám: 17 pont

Rendelkezésre álló anyagok és eszközök: kémcsőben előre kimért mennyiségű C-vitamin, desztillált víz, hígított Lugol-oldat (KI-os jódoldat), gyümölcsszeletek

1. A kémcsőállványban található kémcsőben néhány gramm C-vitamint készítettünk ki. Néhány cm^3 desztillált víz hozzáadásával készítsetek belőle oldatot, majd óvatosan csepegtessetek hozzá cseppenként Lugol-oldatot! Figyeljétek meg és jegyezzétek fel a tapasztalataitokat!

Válasz: A Lugol-oldat barna színe eltűnik (1 pont)

2. A kísérlet második részében kikészített gyümölcsszeletekre cseppentsetek egy-egy cseppet a Lugol-oldatból!
Ismét figyeljétek meg és jegyezzétek fel a tapasztalataitokat!

Válasz: A különböző gyümölcsök esetében a **C-vitamin tartalmuktól függően különböző mértékben** tűnik el a barnás szín. (2 pont)

Kérdések-feladatok

1. Mi a szerepe az élő szervezetekben a C-vitaminnak?

Válasz: **Antioxidáns** hatású **(1 pont)**

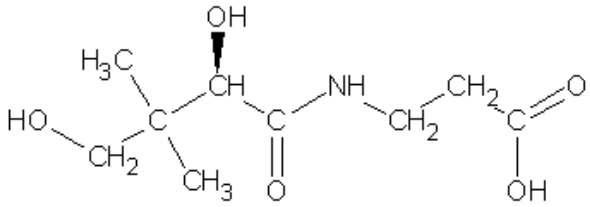
2. Mi a C-vitamin másik, közismert hagyományos neve?

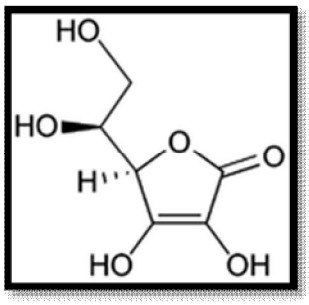
Válasz: **Aszkorbinsav. (1 pont)**

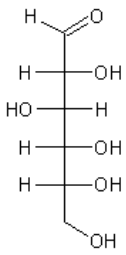
3. Ki volt az a magyar tudós, aki a C-vitamin biológiai hatását tanulmányozta?

Válasz: **Szent-Györgyi Albert (1 pont)** – Csak a pontosan leírt névre adható pont!

4. Az alábbi képletek közül karikázzátok be a C-vitamin képletét!







5. Melyik másik vitamin tölt még be az 1. válaszban megadott szerepet az élő szervezetben?

Válasz: Az **E-vitamin** is antioxidáns. **(1 pont)**

6. Magyarázzátok meg, hogy a C-vitamin miért színteleníti el a jódoldatot?

Válasz: Mert **kémiai reakcióba lép** a jóddal, aminek következtében **színtelen jodid ionok** képződnek belőle. **(2 pont)**

7. Milyen reakciótípusba sorolható részecskeátmenet szerint a kísérlet során végbement reakció?

Válasz: **Elektronátmenettel járó kémiai reakciók / redoxireakciók**. **(1 pont)**

8. Mi történt a jóddal? Válasz: **Redukálódott (1 pont)**
Reakcióegyenlet: $\mathbf{I_2 \rightarrow 2I^-}$ **(1 pont)**

9. Mi történt a C-vitaminnal? Válasz: **Oxidálódott. (1 pont)**

10. A **molekuláris gasztronómia** egyik alapelve, hogy inkább hosszabb ideig, de alacsonyabb hőmérsékleten kell elkészíteni az ételeket. Ennek miért van különösen nagy jelentősége a C-vitamin szempontjából?

Válasz: Mert magas hőmérsékleten főzve a nyersanyagok **C-vitamin tartalmának jelentős része lebomlik**. **(1 pont)**

11. A fentiek ismeretében próbáljátok meg megmagyarázni, hogy milyen kémiai folyamat során védi meg a C-vitamin az élő szervezetet a párosítatlan elektronokkal rendelkező, ezért nagyon reakcióképes és káros hatású szabad gyököktől! (Vagyis hogyan fejti ki a C-vitamin az e feladatlap 1. kérdésére adott válaszban említett hatását?)

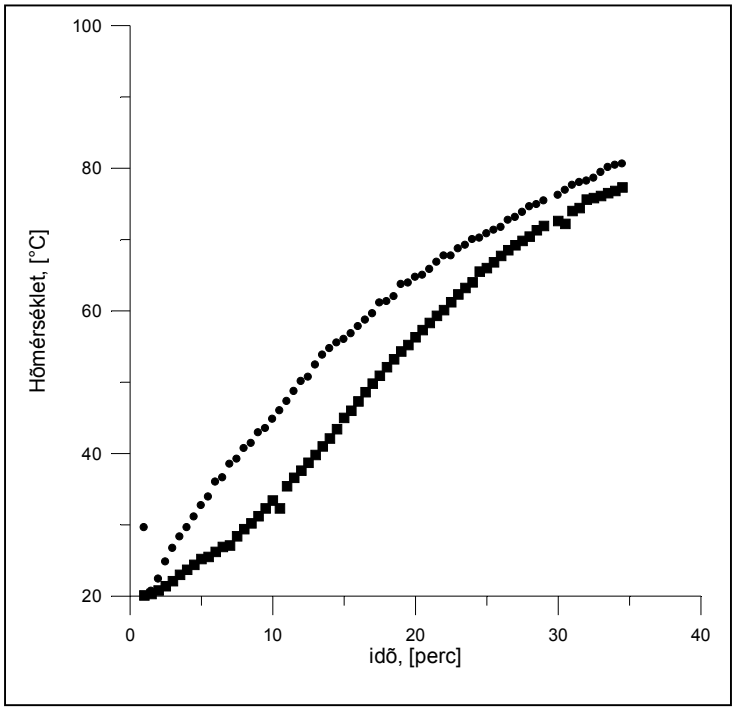
Válasz: A C-vitamin **könnyen oxidálódik, azaz elektront ad át a szabad gyököknek**, s így azok **párosítatlan elektronjaiból elektronpárok lesznek**, ami miatt **megszűnik a nagy reakciókészségük,** s így már **nem tudják oxidálni a szervezet egyéb fontos molekuláit. /** A C-vitamin azért **antioxidáns,** mert **maga oxidálódik a szervezet más molekulái helyett. (2 pont)**

IV. feladatlap

A tojás főzésével kapcsolatos kísérletek

A IV. feladatlap megoldására rendelkezésre álló idő: 10 perc

Szerezhető összes pontszám: 10 pont



A most következő kísérlet eléggé hosszadalmas, ezért már előre elvégeztük biológia szakkörön. Nektek csak a kísérletben nyert adatokkal kell dolgozni.

A kísérlet során főtt tojást készítettünk egy főzőpohárban, miközben elektromos hőmérőkkel folyamatosan mértük a főző víz és a tojás belsejének hőmérsékletét. A bal oldalon látható ábrán lévő grafikonon ábrázoltuk az eltelt idő függvényében a kétféle hőmérsékletet. Nem tüntettük fel, hogy a két görbe közül melyik jelöli a víz, és melyik a tojás belsejének hőmérsékletét, mert ezt nektek kell eldöntenetek.

Tanulmányozzátok a grafikont és válaszoljatok a kérdésekre!



1. Az elektromos hőmérő mérőtüskéjének tojás belsejébe vezetéséhez úgy kell kis lyukat készíteni a tojás felszínén, hogy a tojás ne repedjen meg és a tojás belseje ne folyjon ki. Milyen anyagot kellene a tojáshéjra csepegtetni, hogy az a cseppentés helyén feloldódjon?

Válasz: Híg sósavat /ecetsavat stb. **(1 pont)**

Írjátok le a végbement kémiai reakció egyenletét is!

Válasz: $CaCO_3 + HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$ **(1 pont)**

2. Olvassátok le a grafikonról, hogy 10, 20 ill. 30 perc elteltével mennyi a főző víz és a tojás belsejének a hőmérséklete! **(6×0,5 pont)**

idő, [perc]	víz, [°C]	tojás, [°C]
10	45	33
20	65	56
30	76	72

3. Keressetek magyarázatot arra, hogy mi lehet a hőmérsékletelérés oka!

Válasz: A tojáshéj **hőszigetelő** hatása, a tojásfehérje viszonylag rossz **hővezető** képessége **(2 pont)**

4. 70°-os tojáshőmérséklet környékén a görbe emelkedése megváltozik. Mi lehet ennek az oka?

Válasz: A tojásfehérje ezen a hőmérsékleten **koagulál – megváltozik a fajhője**. **(2 pont)**

5. A fentiek ismeretében, és annak tudatában, hogy a szalmonella betegséget okozó baktériumok 59 °C-on pusztulnak el, kb. milyen maximális hőmérsékleten érdemes főzni a lágy tojást, hogy a sárgája még folyós maradjon, de a szalmonella baktériumok már elpusztuljanak benne?

Kb. **60-65 °C**-on. **(1 pont)**

V. feladatlap

Kísérletek Na-alginátttal

Az V. feladatlap megoldására rendelkezésre álló idő: 20 perc

Szerezhető összes pontszám: 8 pont

Rendelkezésre álló anyagok és eszközök: Na-alginát-oldat, málnaszörp, cseppentő, $CaCl_2$-oldat, szűrőpapír, tölcsér, 3 db főzőpohár, kiskanalak, Petri-csésze, tölcsér, szűrőpapír, joghurt

1. Szferifikáció – málnakaviár készítése

Öntsétek kétfelé kb. fele-fele arányban a kikészített főzőpoharakba a Na-alginát-oldatot. Az egyiket tegyétek egyelőre félre, majd a 2. pontban leírt kísérlethez fogjuk használni. Az oldat másik részéhez öntsétek hozzá a kikészített tömény málnaszörpöt, és alaposan keverjétek össze az odakészített kanállal. Közben öntsetek ki a Petri-csészébe annyi $CaCl_2$ oldatot, hogy kb. 2 cm magasságban legyen az edényben. Ezt követően a cseppentővel óvatosan csepegtetessetek a málnaszörpös Na-alginát oldatból a $CaCl_2$-oldatba! Figyeljetek arra, hogy a keletkezett kis gömböket ellepje a $CaCl_2$-oldat, és hogy a cseppekbe ne kerüljön levegő! Készítsetek 30-40 gömböcskét! A kész gömböket tölcsér és szűrőpapír segítségével szűrjétek le, majd áztassátok néhány percig őket csapvízben (egy kisebb főzőpohárban). Végül a csapvíz leöntése után kiskanállal megkóstolhatjátok az elkészített málnaízű kaviárt! Az általatok végzett művelet a **molekuláris gasztronómia** egyik híres „fogása”.

2. Reverz szferifikáció – joghurt ravioli készítése

A nátrium-alginát oldat többi részébe tegyetek kiskanállal, óvatosan kb. 1 cm átmérőjű joghurt darabokat (ötöt-hatot)! Néhány perc múlva kiskanalaitokkal emeljétek ki a joghurtdarabokat és tegyétek tiszta vízbe, majd kóstoljátok meg őket!

Kérdések-feladatok

1. Milyen élőlényekből vonják ki a nátrium-alginátot?

Válasz: **Barna moszatból** (algából). **(1 pont)**

2. Fogalmazzátok meg, hogy mi történik a szferifikáció folyamata alatt! Milyen típusú kolloid rendszer jön így létre?

Válasz: A Ca^{2+}-tartalmú oldatba kerülő Na-alginát csepp külső felszínén **lecserélődnek a Na^+-ionok Ca^{2+}-ionokra**, amely **térhálósodást** indít el. Így a csepp belső része folyékony marad, melyet gömbszerűen körbevesz a kocsonyás / zselés állagú Ca-alginát, amely **makromolekulás** kolloid rendszert képez. **(3 pont)**

3. Fogalmazzátok meg, hogy mi történik a reverz szferifikáció folyamata alatt!

Válasz: Ilyenkor **Ca^{2+}-ion tartalmú anyagot (joghurt)** teszünk a Na-alginát oldatba, melynek felszínén kialakuló **térhálós Ca-alginát** „roppanóssá” teszi a joghurtot. **(2 pont)**

4. A kísérlet során használt Na-alginát oldat elkészítésekor nem használhattunk csapvizet. Vajon miért?

Válasz: Mert akkor már a **csapvízben** lévő **kalciumionokkal is reagálna** az alginát. **(2 pont)**

7. Összefoglalás

A szakdolgozatom első részében összefoglaltam, hogy mivel foglalkozik a molekuláris gasztronómia, hogyan alakult ki, kik és hogyan hozták létre. Kitértem arra, hogy melyek a molekuláris gasztronómia célkitűzései, (a konyhai folyamatok természettudományos vizsgálata, régi „praktikák" ellenőrzése, új receptek kémiai-fizikai ismeretek alapján történő kifejlesztése). Ennek folytatásaként bemutattam a molekuláris gasztronómia néhány olyan eredményét, amelyek felhasználhatók lehetnek a közoktatási kémia-, fizika- és biológiaórák színesebbé, élményszerűbbé tételéhez, hiszen a bemutatott jelenségek közvetlen példaként szolgálhatnak egy-egy tanórán ismertetett törvény alkalmazására, vagy rávilágíthatnak a tanórán megszerzett ismeret fontosságára, hasznára.

A munkám fő részét egy középiskolásoknak szánt, molekuláris gasztronómiával foglalkozó projekt teljes körű leírása képezi. Részletesen foglalkoztam a program megtervezésének leírásával, majd azt követően hasonló részletességgel gyűjtöttem össze a végrehajtásakor szerzett tapasztalataimat. Munkám értékét elsősorban az adja, hogy nemcsak elméleti síkon gondoltam át a projektet, hanem azt tanítványaim segítségével ki is próbáltam, így a tanulságokat levonva a szakdolgozat utolsó részében már az eredeti tervezet hibáit kiküszöbölve egy javított, kipróbált és ellenőrzött (az angol nyelvű szakirodalomban „*tried és tested"*) projekttervet adhatok közre. Ezt jó szívvel ajánlom kipróbálásra, használatra és esetleg továbbfejlesztésre a magyar kémiatanárok figyelmébe.

8. Köszönetnyilvánítás

Szakdolgozatom végén szeretném megköszönni témavezetőm, Dr. Szalay Luca egyetemi adjunktus segítségét, aki a szakdolgozat elkészítése során rengeteg tanácsot adott és a tapasztalatait megosztotta velem. Ezeket igyekeztem a végső szöveg kialakításakor felhasználni. Köszönöm neki azt a lelkesedést és törődést, amit éreztem, amikor velem, ill. a munkámmal foglalkozott, biztatása és az irántam tanúsított nagy türelme nélkül sosem készültem volna el ezzel a szakdolgozattal. Ugyancsak köszönöm Dr. Riedel Miklós tudományos főmunkatársnak a témafelvetést, a tőle kapott sokféle irodalmi forrást és értékes tanácsait.

Köszönöm közvetlen kolléganőimnek, dr. Kadocsa Istvánné, Rideg Gabriella és Takácsné Kovács Anikó tanárnőknek azt a sok segítséget, amelyet a projekt végrehajtásakor tőlük kaptam, és hogy bármikor fordulhatok hozzájuk tanácsért. Őszinte örömömre szolgál, hogy velük dolgozhatok egy munkaközösségben.

Köszönettel tartozom volt és jelenlegi tanítványaimnak is. Az ő lelkesedésük, tanulásvágyuk és szeretetük miatt vagyok a tanári pályán.

9. Felhasznált irodalom

1. Hervé. This, Marie-Odile. Monchicourt: A tökéletes ebéd, Budapest, Akadémiai Kiadó, 2002
2. Braun T.: Empíriától a tudományig, Magyar Kémikusok Lapja (2011/4) 114. o
3. http://culinartist.blog.hu/2008/09/29/molekularis_gasztronomia
4. Hervé. This-Benckhard: Kürti Miklós, a molekuláris gasztronómia megalapítója, Fizikai Szemle (1999/9) 344. o.
5. Rózsahegyi Márta – Wajand Judit: Kémia itt, kémia ott, kémia mindenhol, Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó, ELTE Eötvös Kiadó, 1995
6. H. This: Az atomoktól a sajttortáig avagy fizika és kémia konyhaszerető gyerekeknek, Budapest, Typotex Kiadó, 2000
7. Máriáss Márta: Mi fán terem a húspuhító?

http://www.hazipatika.com/taplalkozas/zoldseg_gyumolcs/cikkek/kivi_mi_fan_terem_a_huspuhito/20080110171521

8. Főző Attila: Katalízis ananásszal

http://www.sulinet.hu/tart/fncikk/Kidd/0/12551/ananasz.htm

9. http://culinartist.blog.hu/2008/03/07/mi_az_a_sous_vide
10. http://www.foodandwine.hu/2009/02/25/molekularis-gasztronomia-szferifikacio/
11. http://www.foodandwine.hu/2009/02/26/molekularis-fozes-reverz-szferifikacio-1-resz/
12. Miklós Dénes: Négy évszak a háztájiban, Dunaszerdahely, Nap Kiadó, 2002 http://mek.niif.hu/03900/03935/03935.pdf
13. Experiments des Monats, Oktober 1998, Quecksilber als Enzymgift http://www.axel-schunk.de/experiment/edm1098.html
14. Fandel Richárd: Kémiai kísérletek tudományos és módszertani elemzése (Antioxidáns élelmiszerek vizsgálata), BSc Szakdolgozat, ELTE TTK Kémiai Intézet, 2010.
15. Furka Árpád: Szerves kémia, Budapest, NTK, 1991
16. Ádám Veronika (szerk.): Orvosi biokémia, Budapest, Medicina, 2002

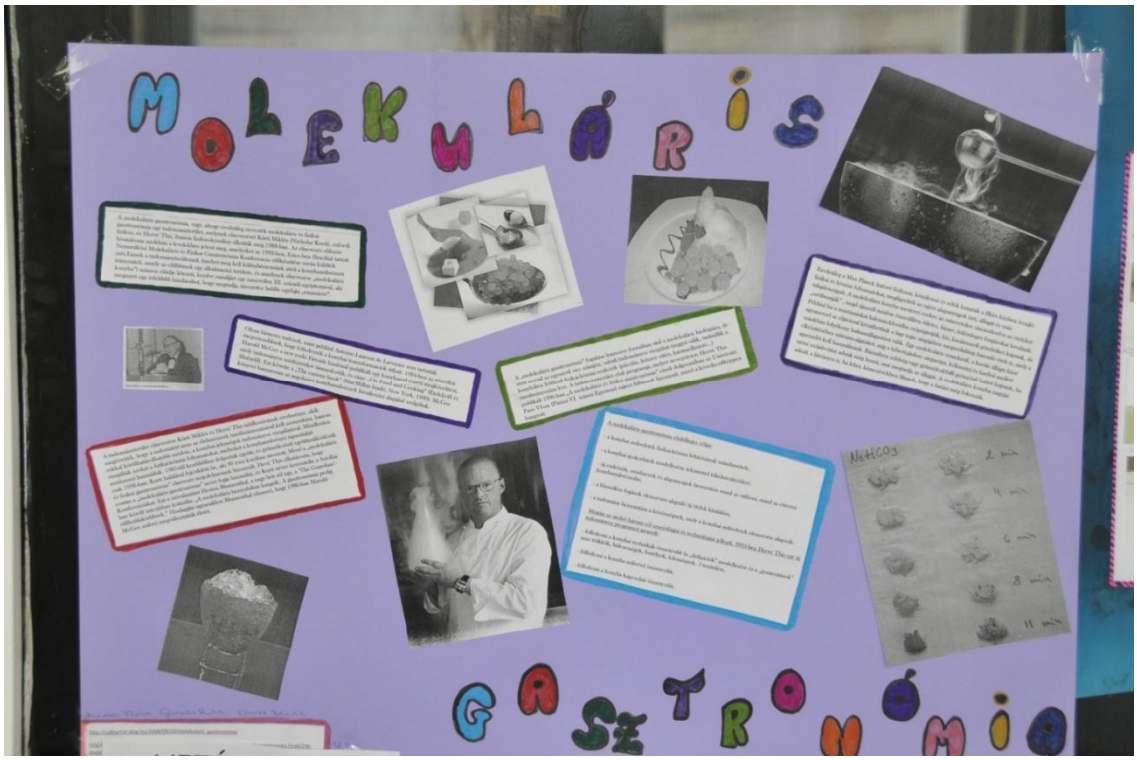
17. Robert. L. Wolke: A tudós szakács Budapest, Akadémiai Kiadó, 2002

18. Baloghné Pálfy Zsuzsanna, Borbás Réka dr., Magyar Csabáné, Nagy Réka, Dr. Szalay Luca: A korrózió vasfoga (IBST feladatsor – A fémek korróziója) http://www.chem.elte.hu/w/modszertani/fellap.html

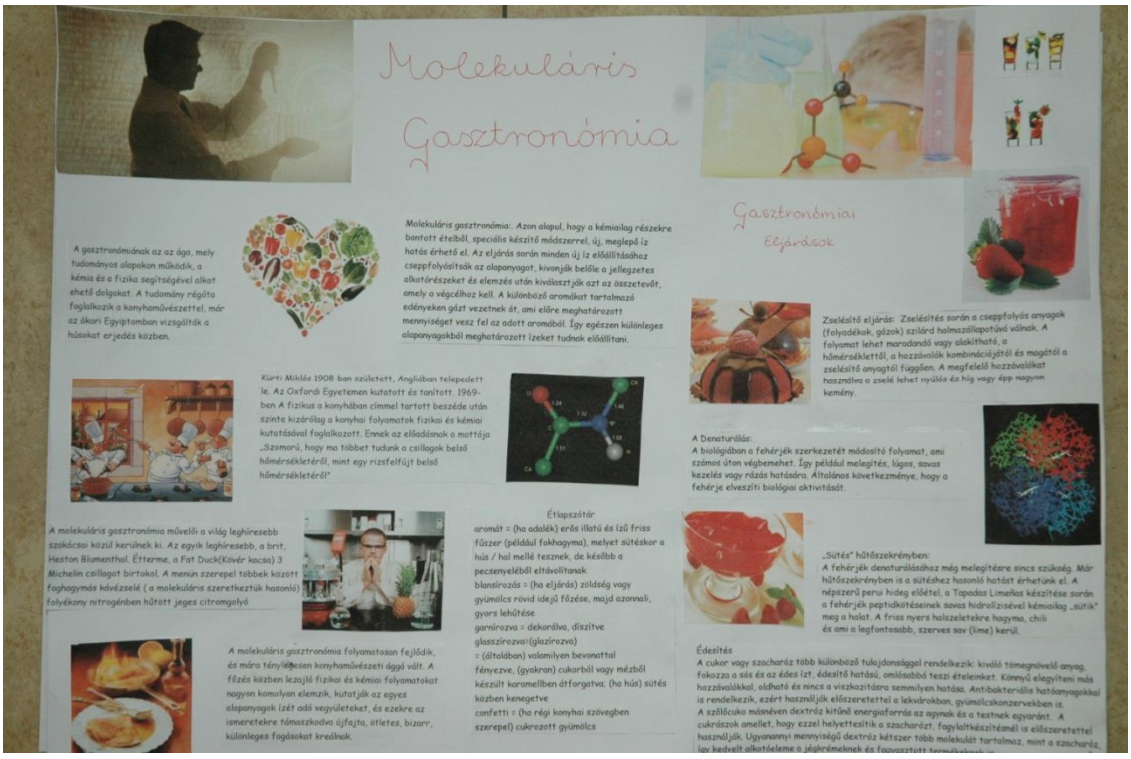
19. Rákóczi Melinda: A természettudományos vizsgálati módszerek elvén alapuló feladatok a kémiaoktatásban, szakdolgozat, ELTE TTK, Kémiai Intézet, Budapest, 2010)

Megjegyzés az internetes hivatkozásokhoz: az utolsó látogatás ideje minden esetben 2012. május 1.

10. Függelék



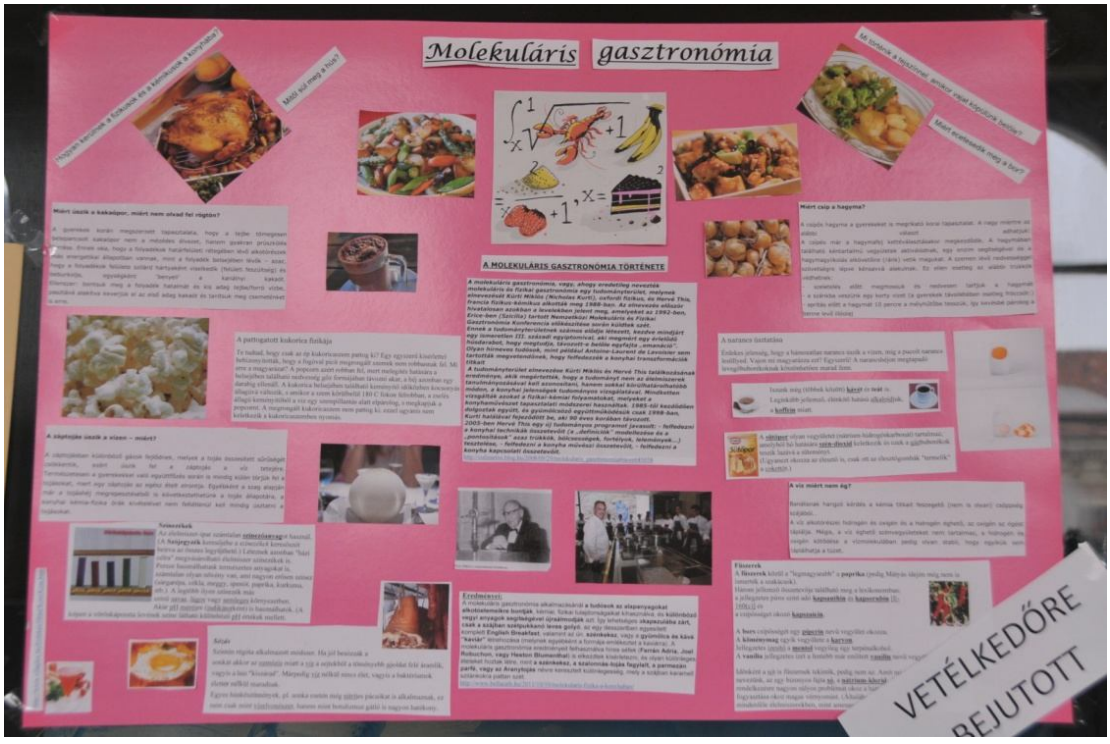
14. ábra Az 1. csapat plakátja



15. ábra A 2. csapat plakátja



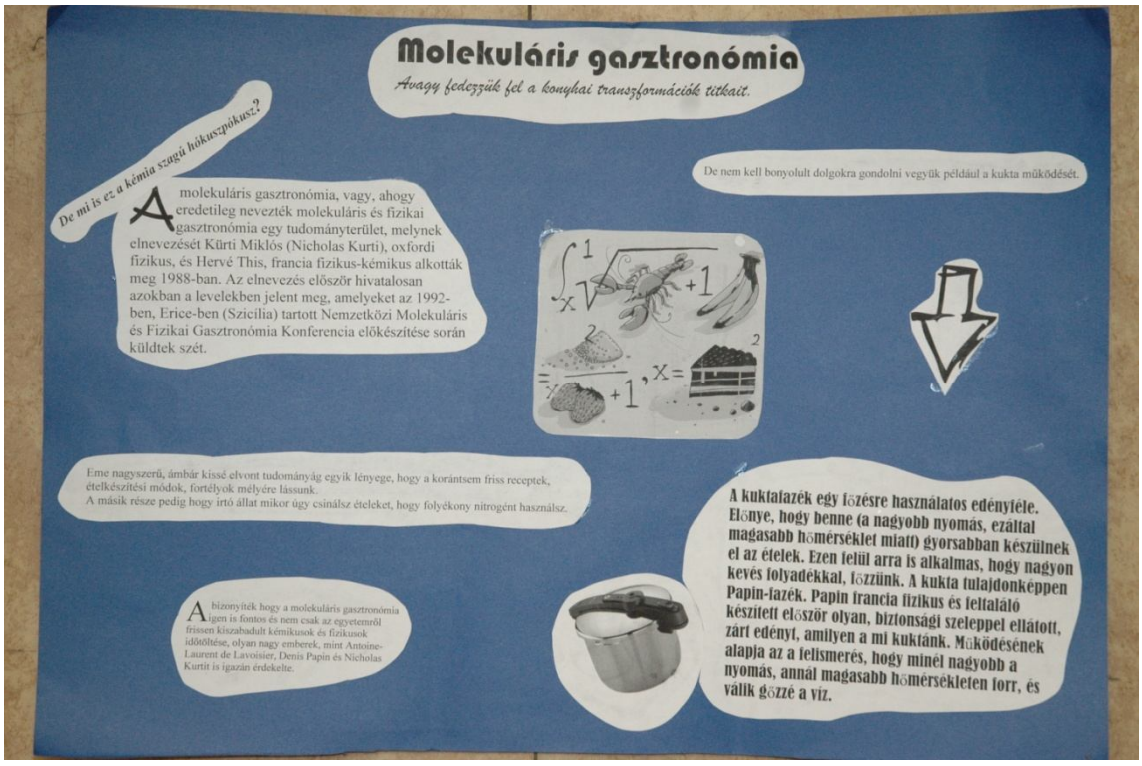
16. ábra A 3. csapat plakátja



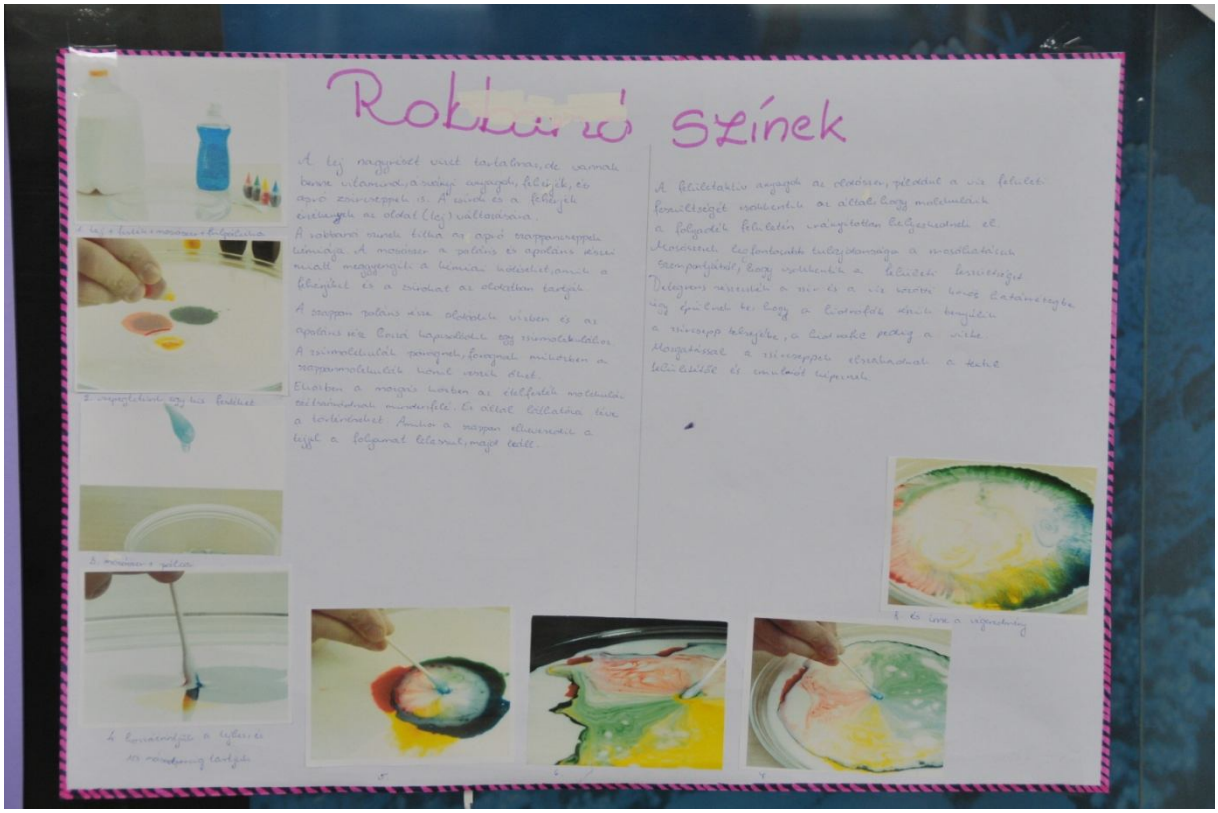
17. ábra A 4. csapat plakátja



18. ábra Az 5. csapat plakátja



19. ábra A 6. csapat plakátja



20. ábra A 7. csapat plakátja



21. ábra A 8. csapat plakátja



22. ábra A 8. csapat a C-vitaminos kísérletet végzi



23. ábra A 2. csapat a sűrűségmérést végzi



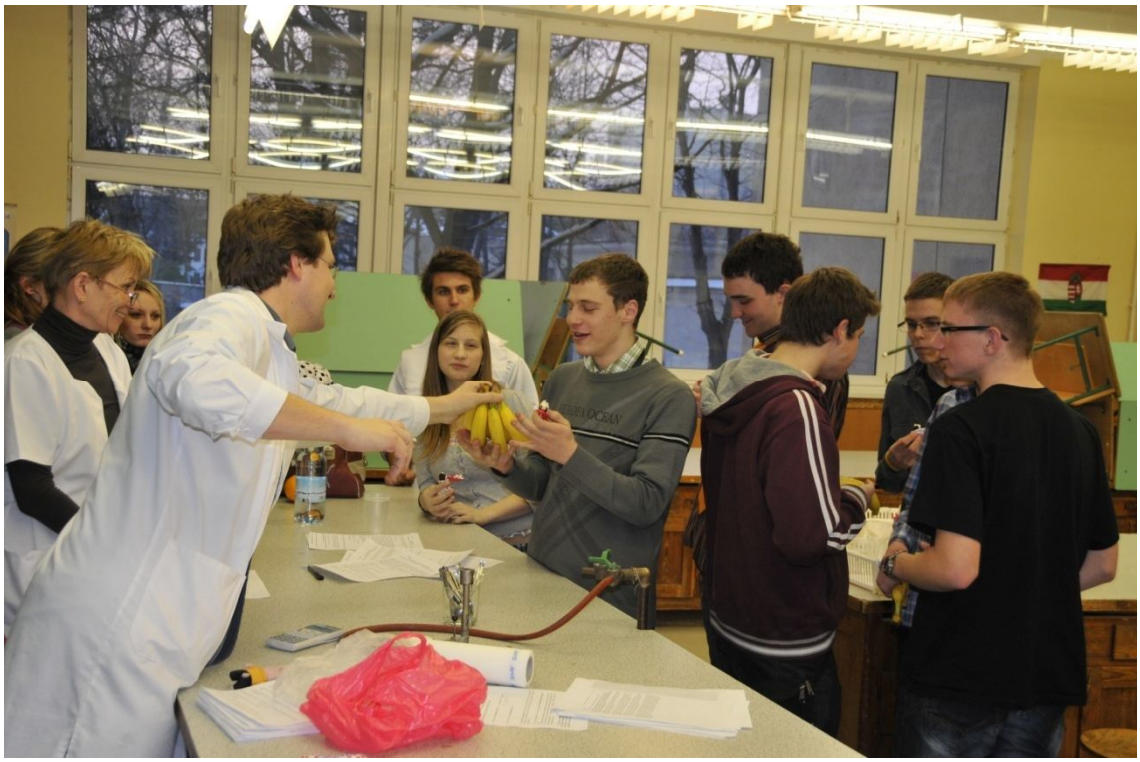
24. ábra A 3. csapat munka közben (a képen jól látszanak a szeparálásra használt padok)



25. ábra A 4. csapat éppen a sűrűségmérésekkel kapcsolatos feladatokat oldja meg



26. ábra Munkában a zsűri



27. ábra Eredményhirdetés: a nyertes 8. csapat képviselője átveszi a díjat