**24. feladatlap: Mérgek, máglyák, modellek…**

**Módszertani útmutató**

1. **Téma**: A fehérjék koagulációja, illetve denaturációja
2. **Felhasználás**: 10. osztály, 45 perces óra
3. **Szükséges előzetes ismeretek**:
   * Az aminosavak és fehérjék fogalma.
   * A fehérjék elsődleges, másodlagos, harmadlagos és negyedleges szerkezetének ismerete.
   * A fehérjék térszerkezetét stabilizáló első- és másodrendű kémiai kötések: kovalens kötés (peptidkötés, diszulfidhidak, datív jellegű koordinatív kötés), ionos kötés, hidrogénkötés, dipólus-dipólus és diszperziós kölcsönhatások.
4. **Célok**:
   * A tanulók érdeklődésének felkeltése az élő szervezetek felépítésében és működésében fontos szerepet játszó fehérjék iránt.
   * Annak megismerése, hogy hogyan lehet kémiai kísérletek segítségével egyszerűen modellezni az élő szervezetekben végbemenő folyamatokat.
   * Annak megtapasztalása, hogy a konyhasónak a fehérjék működésére gyakorolt hatása visszafordítható.
   * Annak megtapasztalása, hogy a magas hőmérsékletnek, a nehézfémsóknak, valamint az erős savaknak a fehérjék működésére gyakorolt hatása nem visszafordítható.
   * A balesetvédelmi előírások betartásának gyakorlása.
5. **Tananyag:**
   * **Ismeret** szint:
     + A fehérjék főleg kolloid oldat formájában vannak jelen az élő szervezetekben, körülöttük hidrátburok található.
     + A fehérjék koagulációját/denaturációját előidéző hatások: könnyűfémsók és alkohol (reverzibilis koaguláció), magas hőmérséklet, nehézfémsók, erős savak és lúgok (irreverzibilis koaguláció).
   * **Megértés** szint:
     + Annak megértése, hogy a reverzibilis kicsapódás fizikai folyamat, mert csupán a fehérje hidrátburkát bontjuk meg, távolítjuk el olyan anyagok hozzáadásával, amelyek maguk erősebben kötődnek a vízhez. További víz hozzáadásával a hidrátburok visszaalakul, a másodrendű kölcsönhatások visszarendeződnek.
     + Annak megértése, hogy az irreverzibilis kicsapódás kémiai folyamat, mert nem egyszerűen csak a hidrátburok bomlik meg, de az elsőrendű kötések is átrendeződnek. Ekkor víz hozzáadásával már nem tudjuk visszaalakítani a hidrátburkot.
   * **Alkalmazás** szint:
     + A 11. feladatlap (Nem ettünk meszet!) kapcsán a modellalkotásról tanultak alkalmazása.
     + A fehérjék szerkezetéről tanultak alkalmazása.
     + A kapcsolódó balesetvédelmi szabályok alkalmazása.
   * **Magasabb rendű műveletek**:
     + A 2. típusú feladatlapot megoldó tanulók esetében a kísérletek utólagos elemzése, azok lényegének feltárása a kísérlettervezés elveinek tisztázása során. A modellkísérletek lényegi elemeinek összekapcsolása a hétköznapi jelenségekkel.
     + A 3. típusú feladatlapot megoldó tanulók esetében a konkrét modellkísérlet segítségével önálló kísérlettervezés végrehajtása különböző hétköznapi jelenségek modellezésére.
6. **Módszertani megfontolások**:
   * A modellalkotásról és modellkísérletekről tanultakat tovább bővíthetjük. A tanulóknak olyan különböző szituációkat kell modellezniük, amikor a fehérjék szerkezetének változása a funkciójuk ideiglenes vagy végleges elvesztését okozza. Pl. sós ételek fogyasztása, nehézfémsó-mérgezés (és az utána való tejitatás), túl magas láz, ill. máglyahalál és rántottakészítés (hődenaturációk, „főtt tojásból nem lesz kiscsirke”…), savmarás.
   * A xantoproteinpróbát tanári demonstrációs kísérletként mutatjuk be, mivel a tömény salétromsav-oldattal való kísérletezés veszélyes. Az egyes csoportok esetén más célból hajtjuk végre. Az 1. és 2. típusú csoportoknak az erős savaknak a fehérje szerkezetére gyakorolt hatását mutatjuk be. A 2. típusú csoportoknak ezen túlmenően, a kísérlet segítségével összefoglalhatjuk az addig tanultakat, tehát a tanár a végén ezt is felhasználhatja a korábban alkalmazott kísérlettervezési elvek megtanítására. Ezen belül prioritást élvez a modellkísérlet fogalma. Tudatosítani kell a tanulókban, hogy minden egyes kísérlettel egy hétköznapi jelenséget modelleztünk, amelynek középpontjában a fehérjék viselkedése áll, különböző hatások esetén. Az emberi fehérjéket a tojásfehérjével modellezzük. A 3. típusú csoportok esetén a xantoproteinpróbával mint modellkísérlettel még a tervezés előtt megtanítjuk a szükséges fogalmakat, összefüggéseket (ld. korábban). Ezen kívül segítjük a továbbiak tervezését azzal, hogy bemutatjuk, hogyan érdemes elvégezni a kísérletet, kitérve a szükséges mennyiségekre is.
   * A kísérletek elvégzésekor az „egyszerre csak egy paramétert változtatunk” elvre nem tudunk következetesen kitérni, mert nehézkes állandó mennyiségű (anyagmennyiségű) reagenst adni minden esetben a tojásfehérje-oldathoz. Arra azonban föl lehet hívni a figyelmet, hogy minden egyes alkalommal a reagens anyagi minőségén változtatunk, és igyekszünk azt közel azonos mennyiségű (két ujjnyi) tojásfehérje-oldathoz adni, valamint mindig kétszeres mennyiségűre hígítani desztillált vízzel.
   * A reverzibilis, illetve irreverzibilis denaturáció magyarázatakor a koordinatív kötések kialakulására csak azon csoportok esetén térjünk ki, akik korábban már tanultak a komplexekről. A feladatlapon szándékosan egyszerűsítettük le ezt a másodrendű, illetve az elsőrendű kötések átrendeződésére, valamint egészítettük ki a fizikai, illetve a kémiai változás fogalmával, amelyet már korábban bevezettünk.
   * A konyhasó fehérjére gyakorolt hatását szemléltető kísérlet esetén azért került zárójelbe a só oldódásának ténye, mert ez is előfordulhat tapasztalatként, azonban a kísérlet lényegét nem befolyásolja. Tudni kell azonban, hogy ennél a kísérletnél a tapasztalatok nem lesznek egyértelműen meggyőzőek. Nagyon figyelni kell ahhoz, hogy a szálas csapadékot észrevegyük a kémcsőben. Azért végeztetjük el ezt is, mert ez egy klasszikus, a praktikumokban is szereplő tanulókísérlet.
   * Az erős savak hatását bemutató salétromsavas kísérlet során meg lehet említeni, hogy természetesen az erős oxidáló savak nem csak a fehérjék hidrolízisét segítik elő a savas közeg biztosításával, hanem oxidáló hatásukat is kifejtik.
   * A réz(II)-szulfát-oldat hozzáadásakor előfordulhat, hogy a tanulók a fehér helyett halványkék csapadékot észlelnek és írnak az oldat színe miatt. [Az 1. és 2. típusú csoportok 2.a), illetve a 3. típusú csoportok esetén a 3.a) kísérletben.]
7. **Technikai segédlet**:
   * **Anyagok és eszközök a tanulókísérletekhez csoportonként**:
     + kb. 20 cm3 tojásfehérje-oldat főzőpohárban (ld. előkészítés)
     + konyhasó (400 mg) feliratozott óraüvegen (vagy PET-palack kupakban) kiadva
     + réz(II)-szulfát (200 mg) feliratozott óraüvegen (vagy PET-palack kupakban) kiadva
     + 100 cm3 desztillált víz főzőpohárban vagy flaskában
     + 3 üres kémcső
     + 3 gumidugó
     + kémcsőállvány
     + kémcsőfogó
     + vegyszereskanál
     + borszeszégő
     + gyufa
     + kesztyű
     + védőszemüveg



* + **Anyagok és eszközök a tanári demonstrációs kísérlethez:**
    - tojásfehérje-oldat (2 ujjnyi, kémcsőben)
    - koncentrált salétromsavoldat
    - desztillált víz flaskában
    - Pasteur-pipetta
    - gumidugó
    - kémcsőállvány
    - kémcsőfogó
    - borszeszégő
    - gyufa



* + **Előkészítés**:
    - Természetesen a kísérleteket előre ki kell próbálni a rendelkezésre álló anyagokkal, eszközökkel és tojásfehérje-oldattal.
    - A tojásfehérje-oldatot a szokásos módon kell elkészíteni: a tojásfehérjét el kell választani a tojássárgájától, majd a tojásfehérjét kicsit fel kell verni és desztillált vízzel kb. kétszeres térfogatúra kell hígítani, és utána vattán átszűrni. Fagyasztószekrényben hónapokig eltartható.
  + **Balesetvédelem**:
    - A melegítésre (a nyílt láng használata miatt) nagyon vigyázni kell. A kémcsöveket csak kémcsőfogóval tartva melegíthetjük. A forró kémcső megfogása tilos. A hosszú hajakat össze kell fogatni. Melegítés közben gumikesztyűt nem használunk.
    - A kémcsövet a melegítés közben állandóan mozgatni kell, és a száját ne irányítsuk se magunk, se más személy felé.
    - A kémcső tartalmának összerázásakor tilos azt ujjal befogni, minden esetben az odakészített dugókat kell használni.
  + **Hulladékkezelés**:
    - A kísérletek maradékát a megfelelő gyűjtőedényekbe kell üríteni, a lefolyóba önteni tilos. A nehézfémsók a szervetlen gyűjtőbe kerüljenek.

**Mérgek, máglyák, modellek** (1. típus: receptszerű változat)

Néha, amikor beteg vagy előfordul, hogy a lázad felszökik, és akár a 40 ⁰C-ot is megközelíti. Ekkor a szüleid már nagyon aggódnak, és mindent megtesznek azért, hogy csökkentsék a lázadat. Vajon mi az alapja ennek az aggodalomnak? Ezt és ehhez hasonló jelenségeket fogunk most megmagyarázni. A mai órán ugyanis a fehérjék denaturációjával foglalkozunk, vagyis olyan folyamatokkal, amikor a testünk fehérjéinek a szerkezete valamilyen hatásra megváltozik, és a módosult fehérjék emiatt nem tudják tovább ellátni a feladataikat. Modellkísérletek segítségével utánozzuk és egyben megfigyeljük az élő szervezetekben végbemenő folyamatokat. A kísérletek során azt vizsgáljuk, hogy a fehérjék milyen külső hatásokra hogyan reagálnak.

A kísérletekben a testünkben lévő fehérjéket a tojásfehérje fogja helyettesíteni, **modellez**ni.

A kísérletek elvégzése után írjátok le a tapasztalatokat és a magyarázatokat a mondatok kiegészítésével és a **vastagon nyomtatott** szavak közül a **megfelelő aláhúzásával, vagy bekeretezésével, vagy a nem megfelelő ~~áthúzásával~~**!

**1. a) Kísérlet**: Öntsetek kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot és adjatok hozzá kevés konyhasót! A kémcsövet dugaszoljátok be és rázzátok össze! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: (A konyhasó **feloldódik/nem oldódik fel**.) **Áttetsző/Opálos** oldatot kapunk. Az oldatban fehér színű, szálas anyag **nem jelenik meg/jelenik meg**.

**Magyarázat**: A fehérjék az élő szervezetben ……………………..……….. oldat formájában vannak jelen. A konyhasó

megbontja a fehérje hidrátburkát, és elvonja tőle a ……….……..…………... Ennek következményeként a fehérje

………………………………….….., idegen szóval **koagulál**.

Általánosan is elmondható, hogy a fehérjék könnyűfémsók hatására ……………………………..…….

**1. b) Kísérlet:** Ezután hígítsátok kétszeresesére az 1. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, majd dugaszoljátok be a kémcsövet, és rázzátok össze újra! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: Az oldatból **eltűnik/nem tűnik el** a szálas csapadék.

**Magyarázat**: A fehérjék kicsapódása ebben az esetekben **visszafordítható/nem visszafordítható**, idegen szóval **reverzibilis/irreverzibilis**. Ez azt jelenti, hogy víz hozzáadásával a fehérje körül **újra kialakul/nem alakul ki** a hidrátburok, és **újra lehetővé válik/megszűnik** a fehérje megfelelő működése. Ezért vagyunk nagyon szomjasak, ha sok sós ételt eszünk.

A fehérjék ezen **reverzibilis/irreverzibilis** kicsapódása **fizikai/kémiai** változásnak tekinthető, mert **másodrendű/elsőrendű** kölcsönhatások rendeződtek át, új anyag **nem jött létre/jött létre**.

**2. a) Kísérlet:** Öntsetek kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot, és adjatok hozzá kevés réz(II)-szulfátot! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: A kémcsőben ……………………..………………… színű csapadék jelenik meg.

**Magyarázat**: A fehérje a réz(II)-szulfát hatására …………………………………….... Általánosan is elmondható, hogy a

fehérjék a **nehézfémsók hatására**……………………………………..….

**2. b) Kísérlet:** Ezután hígítsátok kétszeresesére a 2. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, majd dugaszoljátok be a kémcsövet, és rázzátok össze újra! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: A …………………………………….. színű csapadék **eltűnt/nem tűnt el** a kémcsőből.

**Magyarázat**: A fehérjék nehézfémsók hatására történő kicsapódása **visszafordítható/nem visszafordítható**, idegen szóval **reverzibilis/irreverzibilis**.

Ez azt jelenti, hogy a koagulálás után már hiába próbáljuk hígítani az oldatot, a fehérje térszerkezete végleg átalakult, **funkcióját nem tudja tovább betölteni**. Ilyenkor azt mondjuk, hogy a fehérje **denaturálódott**. A fehérjék ilyen módon való átalakulása **fizikai/kémiai** változás, mert **elsőrendű/másodrendű** kötőerők rendeződtek át. Ezért mérgezők a nehézfémsók. A mérgezés súlyossága csökkenthető, ha a nehézfémsó lenyelése után a lehető leghamarabb tejet itatunk az illetővel. Ugyanis ekkor a gyomorban lévő nehézfémsó elsősorban a tej fehérjéit csapja ki a szervezet fehérjéi helyett.

**3. a) Kísérlet**: Öntsetek kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot, és melegítsétek borszeszégő segítségével! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: A kémcsőben ……………………………………….…… színű csapadék jelenik meg.

**Magyarázat**: A fehérje melegítés hatására ……………………………………………...

**3. b) Kísérlet:** Ezután hígítsátok kétszeresesére a 3. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, majd dugaszoljátok be a kémcsövet, és rázzátok össze újra! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: A ………………….…………. színű csapadék **eltűnt/nem tűnt el** a kémcsőből.

**Magyarázat**: A fehérje melegítés hatására **reverzibilisen/irreverzibilisen** kicsapódik. **Fizikai**/K**émiai** változás történt, ami **visszafordítható/nem visszafordítható**. Ezért veszélyes a magas láz, és ezért okoz az égési sebek kialakulásakor roncsolódott fehérjék szerkezetváltozása **ideiglenes/végleges** funkcióvesztést. A főtt tojásból már nem lesz kiscsirke. A máglyahalál pedig az emberiség által kitalált legbarbárabb kivégzési módok közé tartozik.

**4. a) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot öntünk, majd kevés (4 csepp) tömény salétromsavoldatot csepegtetünk hozzá. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A salétromsavoldat hatására a kémcsőben …………………………………………. csapadék jelenik meg.

**Magyarázat:** A fehérje a salétromsavoldat hatására ………………………………………….……….

**4. b) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Ezután kétszeresesére hígítjuk a 4. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, bedugaszoljuk a kémcsövet, és összerázzuk. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A……………………………………..….. színű csapadék **eltűnt/nem tűnt el** a kémcsőből.

**Magyarázat:** A tömény salétromsavoldat hatására nem csak másodrendű, hanem elsőrendű kötések is átrendeződtek, azaz **fizikai/kémiai** folyamat ment végbe. Ezért ez a változás **reverzibilis/irreverzibilis**, víz hozzáadásával **visszafordítható/nem fordítható vissza**. A fehérje **reverzibilisen/irreverzibilisen** denaturálódott.

Általánosan is elmondható, hogy a fehérjék erős savak, illetve bázisok hatására olyan **szerkezetátalakuláson** esnek át, mely már nem visszafordítható. Ezek egyik hatása ugyanis az, hogy az elsőrendű peptidkötések felbomlanak (hidrolizálnak), s a fehérjék kisebb peptidekre, illetve aminosavakra esnek szét. A krimikben időnként szerepel is, hogy az áldozatot vagy annak holttestét savba dobják. A 2010-ben Ajkán történt vörösiszap-katasztrófa során pedig a szerencsétlenül járt emberek bőre és húsa erősen roncsolódott, szinte szétmállott a fehérjéik lúgos hidrolízise miatt.

**4. c) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Ezután a kémcső tartalmát borszeszégő segítségével melegítjük. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A kémcsőben lévő ……………………………………………….. csapadék ……………………………………………………..

**Magyarázat:** Melegítés során a fehérjében lévő aromás oldalláncok a salétromsav hatására nitrálódnak (vagyis az aromás gyűrűk egy vagy több hidrogénje helyére a sárga színt okozó -NO2 csoportok épülnek be), s ennek

köszönhető a …………………………………………………………........

Ezt a kísérletet a kémikus szakma „az ügyetlen vegyész kísérleteként” említi. Ugyanis, ha valaki nem figyel oda a balesetvédelmi előírások betartására a salétromsavoldattal végzett munka során, előfordulhat, hogy sárga foltokkal a kezén tér haza (mivel a folyamat testhőmérsékleten is végbemegy, csak lassabban, mint a melegítés hatására). Ezt az elszíneződést a bőrön a salétromsav okozza, és azonnal kiderül, hogy az illető nem viselt kesztyűt. Ennek a kísérletnek a hivatalos neve a „xantoproteinpróba”, mely a fehérjék egyik fontos kimutatási reakciója.

**Mérgek, máglyák, modellek** (2. típus: receptszerű változat + a kísérlettervezés elmélete)

Néha, amikor beteg vagy előfordul, hogy a lázad felszökik, és akár a 40 ⁰C-ot is megközelíti. Ekkor a szüleid már nagyon aggódnak, és mindent megtesznek azért, hogy csökkentsék a lázadat. Vajon mi az alapja ennek az aggodalomnak? Ezt és ehhez hasonló jelenségeket fogunk most megmagyarázni. A mai órán ugyanis a fehérjék denaturációjával foglalkozunk, vagyis olyan folyamatokkal, amikor a testünk fehérjéinek a szerkezete valamilyen hatásra megváltozik, és a módosult fehérjék emiatt nem tudják tovább ellátni a feladataikat. Modellkísérletek segítségével utánozzuk és egyben megfigyeljük az élő szervezetekben végbemenő folyamatokat. A kísérletek során azt vizsgáljuk, hogy a fehérjék milyen külső hatásokra hogyan reagálnak.

A kísérletekben a testünkben lévő fehérjéket a tojásfehérje fogja helyettesíteni, **modellez**ni.

A kísérletek elvégzése után írjátok le a tapasztalatokat és a magyarázatokat a mondatok kiegészítésével és a **vastagon nyomtatott** szavak közül a **megfelelő aláhúzásával, vagy bekeretezésével, vagy a nem megfelelő ~~áthúzásával~~**!

**1. a) Kísérlet**: Öntsetek kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot és adjatok hozzá kevés konyhasót! A kémcsövet dugaszoljátok be és rázzátok össze! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: (A konyhasó **feloldódik/nem oldódik fel**.) **Áttetsző/Opálos** oldatot kapunk. Az oldatban fehér színű, szálas anyag **nem jelenik meg/jelenik meg**.

**Magyarázat**: A fehérjék az élő szervezetben ……………………..……….. oldat formájában vannak jelen. A konyhasó

megbontja a fehérje hidrátburkát, és elvonja tőle a ……….……..…………... Ennek következményeként a fehérje

………………………………….….., idegen szóval **koagulál**.

Általánosan is elmondható, hogy a fehérjék könnyűfémsók hatására ……………………………..…….

**1. b) Kísérlet:** Ezután hígítsátok kétszeresesére az 1. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, majd dugaszoljátok be a kémcsövet, és rázzátok össze újra! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: Az oldatból **eltűnik/nem tűnik el** a szálas csapadék.

**Magyarázat**: A fehérjék kicsapódása ebben az esetekben **visszafordítható/nem visszafordítható**, idegen szóval **reverzibilis/irreverzibilis**. Ez azt jelenti, hogy víz hozzáadásával a fehérje körül **újra kialakul/nem alakul ki** a hidrátburok, és **újra lehetővé válik/megszűnik** a fehérje megfelelő működése. Ezért vagyunk nagyon szomjasak, ha sok sós ételt eszünk.

A fehérjék ezen **reverzibilis/irreverzibilis** kicsapódása **fizikai/kémiai** változásnak tekinthető, mert **másodrendű/elsőrendű** kölcsönhatások rendeződtek át, új anyag **nem jött létre/jött létre**.

**2. a) Kísérlet:** Öntsetek kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot, és adjatok hozzá kevés réz(II)-szulfátot! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: A kémcsőben ……………………..………………… színű csapadék jelenik meg.

**Magyarázat**: A fehérje a réz(II)-szulfát hatására …………………………………….... Általánosan is elmondható, hogy a

fehérjék a **nehézfémsók hatására**……………………………………..….

**2. b) Kísérlet:** Ezután hígítsátok kétszeresesére a 2. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, majd dugaszoljátok be a kémcsövet, és rázzátok össze újra! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: A …………………………………….. színű csapadék **eltűnt/nem tűnt el** a kémcsőből.

**Magyarázat**: A fehérjék nehézfémsók hatására történő kicsapódása **visszafordítható/nem visszafordítható**, idegen szóval **reverzibilis/irreverzibilis**.

Ez azt jelenti, hogy a koagulálás után már hiába próbáljuk hígítani az oldatot, a fehérje térszerkezete végleg átalakult, **funkcióját nem tudja tovább betölteni**. Ilyenkor azt mondjuk, hogy a fehérje **denaturálódott**. A fehérjék ilyen módon való átalakulása **fizikai/kémiai** változás, mert **elsőrendű/másodrendű** kötőerők rendeződtek át. Ezért mérgezők a nehézfémsók. A mérgezés súlyossága csökkenthető, ha a nehézfémsó lenyelése után a lehető leghamarabb tejet itatunk az illetővel. Ugyanis ekkor a gyomorban lévő nehézfémsó elsősorban a tej fehérjéit csapja ki a szervezet fehérjéi helyett.

**3. a) Kísérlet**: Öntsetek kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot, és melegítsétek borszeszégő segítségével! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: A kémcsőben ……………………………………….…… színű csapadék jelenik meg.

**Magyarázat**: A fehérje melegítés hatására ……………………………………………...

**3. b) Kísérlet:** Ezután hígítsátok kétszeresesére a 3. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, majd dugaszoljátok be a kémcsövet, és rázzátok össze újra! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: A ………………….…………. színű csapadék **eltűnt/nem tűnt el** a kémcsőből.

**Magyarázat**: A fehérje melegítés hatására **reverzibilisen/irreverzibilisen** kicsapódik. **Fizikai**/K**émiai** változás történt, ami **visszafordítható/nem visszafordítható**. Ezért veszélyes a magas láz, és ezért okoz az égési sebek kialakulásakor roncsolódott fehérjék szerkezetváltozása **ideiglenes/végleges** funkcióvesztést. A főtt tojásból már nem lesz kiscsirke. A máglyahalál pedig az emberiség által kitalált legbarbárabb kivégzési módok közé tartozik.

**4. a) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot öntünk, majd kevés (4 csepp) tömény salétromsavoldatot csepegtetünk hozzá. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A salétromsavoldat hatására a kémcsőben …………………………………………. csapadék jelenik meg.

**Magyarázat:** A fehérje a salétromsavoldat hatására ………………………………………….……….

**4. b) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Ezután kétszeresesére hígítjuk a 4. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, bedugaszoljuk a kémcsövet, és összerázzuk. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A……………………………………..….. színű csapadék **eltűnt/nem tűnt el** a kémcsőből.

**Magyarázat:** A tömény salétromsavoldat hatására nem csak másodrendű, hanem elsőrendű kötések is átrendeződtek, azaz **fizikai/kémiai** folyamat ment végbe. Ezért ez a változás **reverzibilis/irreverzibilis**, víz hozzáadásával **visszafordítható/nem fordítható vissza**. A fehérje **reverzibilisen/irreverzibilisen** denaturálódott.

Általánosan is elmondható, hogy a fehérjék erős savak, illetve bázisok hatására olyan **szerkezetátalakuláson** esnek át, mely már nem visszafordítható. Ezek egyik hatása ugyanis az, hogy az elsőrendű peptidkötések felbomlanak (hidrolizálnak), s a fehérjék kisebb peptidekre, illetve aminosavakra esnek szét. A krimikben időnként szerepel is, hogy az áldozatot vagy annak holttestét savba dobják. A 2010-ben Ajkán történt vörösiszap-katasztrófa során pedig a szerencsétlenül járt emberek bőre és húsa erősen roncsolódott, szinte szétmállott a fehérjéik lúgos hidrolízise miatt.

**4. c) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Ezután a kémcső tartalmát borszeszégő segítségével melegítjük. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A kémcsőben lévő ……………………………………………….. csapadék ……………………………………………………..

**Magyarázat:** Melegítés során a fehérjében lévő aromás oldalláncok a salétromsav hatására nitrálódnak (vagyis az aromás gyűrűk egy vagy több hidrogénje helyére a sárga színt okozó -NO2 csoportok épülnek be), s ennek

köszönhető a …………………………………………………………........

Ezt a kísérletet a kémikus szakma „az ügyetlen vegyész kísérleteként” említi. Ugyanis, ha valaki nem figyel oda a balesetvédelmi előírások betartására a salétromsavoldattal végzett munka során, előfordulhat, hogy sárga foltokkal a kezén tér haza (mivel a folyamat testhőmérsékleten is végbemegy, csak lassabban, mint a melegítés hatására). Ezt az elszíneződést a bőrön a salétromsav okozza, és azonnal kiderül, hogy az illető nem viselt kesztyűt. Ennek a kísérletnek a hivatalos neve a „xantoproteinpróba”, mely a fehérjék egyik fontos kimutatási reakciója.

A mai órán **modellkísérleteket** hajtottunk végre. Ezen kísérletek által jól ismert anyagok felhasználásával, leegyszerűsítve, a lényeg megragadásával **modelleztük az élő szervezetben lejátszódó folyamatokat**. A lényeg pedig az, hogy a fehérjék nagyon érzékenyek ezekre a környezeti hatásokra. Alapvetően kétféleképpen reagálhatnak. Vagy **reverzibilisen,** vagy **irreverzibilisen** kicsapódnak, azaz **koagulálnak**. Mindkét esetben sérül a **térszerkezetük**, ami miatt már **nem képesek ellátni eredeti feladatukat** (funkcióikat), azaz **denaturálódnak** (vagyis elveszítik a természetes szerkezetüket). Amennyiben a változás **visszafordítható fizikai** folyamat (tehát csak **másodlagos kötések** bomlanak föl, ill. alakulnak ki), vízzel való hígítással a fehérje szerkezete helyreállítható. Ilyen folyamat pl. a dehidratáció, azaz vízelvonás, a só vagy az alkoholfogyasztás esetében. Ezért szomjasak a sok sós ételt vagy a sok alkoholt fogyasztó (másnapos) emberek. Amennyiben azonban **nem visszafordítható** **kémia**i folyamat megy végbe, a fehérje véglegesen denaturálódik. Ilyen változásokat modelleztünk a réz(II)-szulfát, és a salétromsavoldat tojásfehérje-oldathoz való hozzáadásával, valamint a tojásfehérje-oldat melegítésével.

**Mérgek, máglyák, modellek** (3. típus: kísérlettervező változat)

Néha, amikor beteg vagy előfordul, hogy a lázad felszökik, és akár a 40 ⁰C-t is megközelíti. Ekkor a szüleid már nagyon aggódnak, és mindent megtesznek azért, hogy csökkentsék a lázadat. Vajon mi az alapja ennek az aggodalomnak? Ezt és ehhez hasonló jelenségeket fogunk most megmagyarázni.

A mai órán **modellkísérleteket** fogunk végrehajtani. Ezen kísérletek által jól ismert anyagok felhasználásával, leegyszerűsítve, a lényeg megragadásával **modellezzük az élő szervezetben lejátszódó folyamatokat**. A lényeg pedig az, hogy a fehérjék nagyon érzékenyek a különböző hatásokra. Alapvetően kétféleképpen reagálhatnak. Vagy **reverzibilisen** (visszafordíthatóan), vagy **irreverzibilisen** (nem visszafordíthatóan) kicsapódnak, azaz **koagulálnak**. Mindkét esetben a **térszerkezetük** sérül, ami miatt már **nem képesek ellátni eredeti feladatukat** (funkcióikat), azaz **denaturálódnak** (vagyis elveszítik a természetes szerkezetüket). Amennyiben a változás **visszafordítható fizikai** folyamat, vízzel való hígítással a fehérje szerkezete regenerálható. Ilyen folyamat pl. a dehidratáció, azaz vízelvonás, az alkoholfogyasztás esetében. Ezért szomjasak a másnapos emberek. Amennyiben azonban **nem visszafordítható kémiai** folyamat megy végbe, a fehérje véglegesen denaturálódik.

**A kísérletekhez a testünkben lévő fehérjék modellezésére a tojásfehérjét választottuk.** Egyszerre csak egyféle hatást vizsgálunk A fehérje kicsapódása után minden esetben megnézzük azt is, hogy a változás vízzel való hígítással visszafordítható-e.

**A feladatlap kitöltése során húzzátok alá vagy keretezzétek be a helyes, vagy húzzátok át a hibás szövegrészt.**

A következő tanári demonstrációs kísérlet segítségével figyeljétek meg, hogy az adott anyagokból mennyit érdemes használni és milyen módon az egyes kísérletek elvégzésekor. Ez sokat segíthet a későbbi tervezésben.

**1. a) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot öntünk, majd kevés (4 csepp) tömény salétromsav-oldatot csepegtetünk hozzá. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A salétromsavoldat hatására a kémcsőben ……………………………………..…… csapadék jelenik meg.

**Magyarázat:** A fehérje a salétromsavoldat hatására ……………………………….……………...

**1. b) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Ezután kétszeresesére hígítjuk az oldat tartalmát desztillált vízzel, bedugaszoljuk a kémcsövet, és összerázzuk! Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A……………………………………………………… színű csapadék **eltűnt/nem tűnt el** a kémcsőből.

**Magyarázat:** A salétromsavoldat hatására nem csak másodrendű, hanem elsőrendű kötések is átrendeződtek, azaz **fizikai/kémiai** folyamat ment végbe. Ezért ez a változás **reverzibilis/irreverzibilis**, víz hozzáadásával **visszafordítható/nem fordítható vissza**. A fehérje **reverzibilisen/irreverzibilisen** denaturálódott.

Általánosan is elmondható, hogy a fehérjék erős savak, illetve bázisok hatására olyan **szerkezetátalakuláson** esnek át, mely már nem visszafordítható. Ezek egyik hatása ugyanis az, hogy az elsőrendű peptidkötések felbomlanak (hidrolizálnak), s a fehérjék kisebb peptidekre, illetve aminosavakra esnek szét. A krimikben időnként szerepel is, hogy az áldozatot vagy annak holttestét savba dobják. A 2010-ben Ajkán történt vörösiszap-katasztrófa során pedig a szerencsétlenül járt emberek bőre és húsa erősen roncsolódott, szinte szétmállott a fehérjéik lúgos hidrolízise miatt.

**1. c) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Ezután a kémcső tartalmát borszeszégő segítségével melegítjük. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A kémcsőben lévő fehér csapadék ……………….……………………………...

**Magyarázat:** Melegítés során a fehérjében lévő aromás oldalláncok a salétromsav hatására nitrálódnak (vagyis az aromás gyűrűk egy vagy több hidrogénje helyére a sárga színt okozó -NO2 csoportok épülnek be), s ennek

köszönhető a ………………………………………………………………………

Ezt a kísérletet a kémikus szakma „az ügyetlen vegyész kísérleteként” említi. Ugyanis, ha valaki nem figyel oda a balesetvédelmi előírások betartására a salétromsavoldattal végzett munka során, előfordulhat, hogy sárga foltokkal a kezén tér haza (mivel a folyamat testhőmérsékleten is végbemegy, csak lassabban, mint a melegítés hatására). Ezt az elszíneződést a bőrön a salétromsav okozza, és azonnal kiderül, hogy az illető nem viselt kesztyűt. Ennek a kísérletnek a hivatalos neve a „xantoproteinpróba”, mely a fehérjék egyik fontos kimutatási reakciója.

A tálcátokon lévő anyagok és eszközök felhasználásával tervezzetek olyan kísérleteket, melyek segítségével **modellezhetitek az alábbi 2., 3. és 4. pontban** leírt helyzeteket! Végezzétek el a megtervezett kísérleteket! Az 1. Kísérlethez hasonló módon vizsgáljátok meg, hogy a tojásfehérje-oldatban bekövetkezett változások vízzel való hígítás során vajon **visszafordíthatók-e**.

**2. Sok sós rágcsálnivalót eszünk, és utána nagyon szomjasak vagyunk.**

**Kísérlet terve:** ……………………………………………………………………………………………………………………………………………….……

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….………..

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….…….

**Tapasztalat:** …………………………………………………………………………………………………………………………………………………..……

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………..……..

**Magyarázat:** A fehérjék az élő szervezetben …………………….. oldat formájában vannak jelen. A ……………………………

megbontja a fehérje hidrátburkát, és elvonja tőle a ……………... Ennek következményeként a fehérje …………………..,

idegen szóval **koagulál**. Általánosan is elmondható, hogy a fehérjék könnyűfémsók hatására …………………………….

A fehérjék ezen **reverzibilis/irreverzibilis** kicsapódása **fizikai/kémiai** változásnak tekinthető, mert **másodrendű/elsőrendű** kölcsönhatások rendeződtek át, új anyag **nem jött létre/jött létre**.

**3. Nehézfémsó-mérgezés történik, mert pl. ecetes ételt hagytunk állni rézedényben.**

**Kísérlet terve:** ……………………………………………………………………………………………………………………………………….……………

…………………………………………………………….……………………………………………………………………………………..……….……………..

……………………………………………………………..……………………………………………………………………………………..…….……………….

**Tapasztalat:** ………………………………………………………………………………………………………………………………………….…………….

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………...…………….

**Magyarázat:** A …………………………………………………..…. hatására a fehérje **térszerkezete oly mértékig átalakult**, hogy **funkcióját nem tudja tovább betölteni**. Ilyenkor azt mondjuk, hogy a fehérje **denaturálódott**.

A fehérjék ezen **reverzibilis/irreverzibilis** kicsapódása **fizikai/kémiai** változásnak tekinthető, mert **másodrendű/elsőrendű** kölcsönhatások rendeződtek át, új anyag **nem jött létre/jött létre**.

Miért itatnak vajon a lehető leghamarabb tejet a beteggel a nehézfémsó-mérgezés után?

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**4. Keménytojást főzünk a szendvicsünkbe.**

**Kísérlet terve:** …………………………………………………………………………………………………………………..………………………………

…………………………………………………………………………………………….……………………………………….…………………………………..

………………………………………………………………………………………….….…………………………………….…………………………………….

**Tapasztalat:** ……………………………………………………………………….…………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Magyarázat:** A ………………………………………………………. hatására a fehérje **térszerkezete oly mértékig átalakult**, hogy **funkcióját nem tudja tovább betölteni**. Ilyenkor azt mondjuk, hogy a fehérje **denaturálódott**.

A fehérjék ezen **reverzibilis/irreverzibilis** kicsapódása **fizikai/kémiai** változásnak tekinthető, mert **másodrendű/elsőrendű**kölcsönhatások rendeződtek át, új anyag **nem jött létre/jött létre**.

Ezért veszélyes a magas láz, és ezért okoz az égési sebek kialakulásakor roncsolódott fehérjék szerkezetváltozása **ideiglenes/végleges** funkcióvesztést. A főtt tojásból már nem lesz kiscsirke. A máglyahalál pedig az emberiség által kitalált legbarbárabb kivégzési módok közé tartozik.

**Mérgek, máglyák, modellek** (tanári változat)

[Csak az 1. és 2. típusú csoportoknak!]

Néha, amikor beteg vagy előfordul, hogy a lázad felszökik, és akár a 40 ⁰C-ot is megközelíti. Ekkor a szüleid már nagyon aggódnak, és mindent megtesznek azért, hogy csökkentsék a lázadat. Vajon mi az alapja ennek az aggodalomnak? Ezt és ehhez hasonló jelenségeket fogunk most megmagyarázni. A mai órán ugyanis a fehérjék denaturációjával foglalkozunk, vagyis olyan folyamatokkal, amikor a testünk fehérjéinek a szerkezete valamilyen hatásra megváltozik, és a módosult fehérjék emiatt nem tudják tovább ellátni a feladataikat. Modellkísérletek segítségével utánozzuk és egyben megfigyeljük az élő szervezetekben végbemenő folyamatokat. A kísérletek során azt vizsgáljuk, hogy a fehérjék milyen külső hatásokra hogyan reagálnak.

A kísérletekhez a testünkben lévő fehérjéket a tojásfehérje fogja helyettesíteni, **modellez**ni.

A kísérletek elvégzése után írjátok le a tapasztalatokat és a magyarázatokat a mondatok kiegészítésével és a **vastagon nyomtatott** szavak közül a **megfelelő aláhúzásával, vagy bekeretezésével, vagy a nem megfelelő ~~áthúzásával~~**!

**1. a) Kísérlet**: Öntsetek kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot és adjatok hozzá kevés konyhasót! A kémcsövet dugaszoljátok be és rázzátok össze! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: (A konyhasó **feloldódik/~~nem oldódik fel~~**.) **~~Áttetsző~~/Opálos** oldatot kapunk. Az oldatban fehér színű, szálas anyag **~~nem jelenik meg~~/jelenik meg**.

**Magyarázat**: A fehérjék az élő szervezetben **kolloid** oldat formájában vannak jelen. A konyhasó megbontja a fehérje hidrátburkát, és elvonja tőle a **vizet**. Ennek következményeként a fehérje **kicsapódik**, idegen szóval **koagulál**. Általánosan is elmondható, hogy a fehérjék könnyűfémsók hatására **kicsapódnak**.

**1. b) Kísérlet:** Ezután hígítsátok kétszeresesére az 1. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, majd dugaszoljátok be a kémcsövet, és rázzátok össze újra! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: Az oldatból **eltűnik/~~nem tűnik el~~** a szálas csapadék.

**Magyarázat**: A fehérjék kicsapódása bizonyos esetekben **visszafordítható/~~nem visszafordítható~~**, idegen szóval **reverzibilis/~~irreverzibilis~~**. Ez azt jelenti, hogy víz hozzáadásával a fehérje körül **újra kialakul/~~nem alakul ki~~** a hidrátburok, és **újra lehetővé válik/~~megszűnik~~** a fehérje megfelelő működése. Ezért vagyunk nagyon szomjasak, ha sok sós ételt eszünk.

A fehérjék ezen **reverzibilis/~~irreverzibilis~~** kicsapódása **fizikai/~~kémiai~~** változásnak tekinthető, mert **másodrendű/~~elsőrendű~~** kölcsönhatások rendeződtek át, új anyag **nem jött létre/~~jött létre~~**.

**2. a) Kísérlet:** Öntsetek kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot, és adjatok hozzá kevés réz(II)-szulfátot! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: A kémcsőben **fehér** színű csapadék jelenik meg.

**Magyarázat**: A fehérje a réz(II)-szulfát hatására **kicsapódott.** Általánosan is elmondható, hogy a

fehérjék a **nehézfémsók hatására kicsapódnak**.

**2. b) Kísérlet:** Ezután hígítsátok kétszeresesére a 2. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, majd dugaszoljátok be a kémcsövet, és rázzátok össze újra! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: A **fehér** színű csapadék **~~eltűnt~~/nem tűnt el** a kémcsőből.

**Magyarázat**: A fehérjék nehézfémsók hatására történő kicsapódása **~~visszafordítható~~/nem visszafordítható**, idegen szóval **~~reverzibilis~~/irreverzibilis**.

Ez azt jelenti, hogy a koagulálás után már hiába próbáljuk hígítani az oldatot, a fehérje térszerkezete végleg átalakult, **funkcióját nem tudja tovább betölteni**. Ilyenkor azt mondjuk, hogy a fehérje **denaturálódott**. A fehérjék ilyen módon való átalakulása **fizikai/kémiai** változás, mert **elsőrendű/másodrendű** kötőerők rendeződtek át. Ezért mérgezők a nehézfémsók. A mérgezés súlyossága csökkenthető, ha a nehézfémsó lenyelése után a lehető leghamarabb tejet itatunk az illetővel. Ugyanis ekkor a gyomorban lévő nehézfémsó elsősorban a tej fehérjéit csapja ki a szervezet fehérjéi helyett.

**3. a) Kísérlet**: Öntsetek kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot, és melegítsétek borszeszégő segítségével! Mit tapasztaltok?

**Tapasztalat**: A kémcsőben **fehér** színű csapadék jelenik meg.

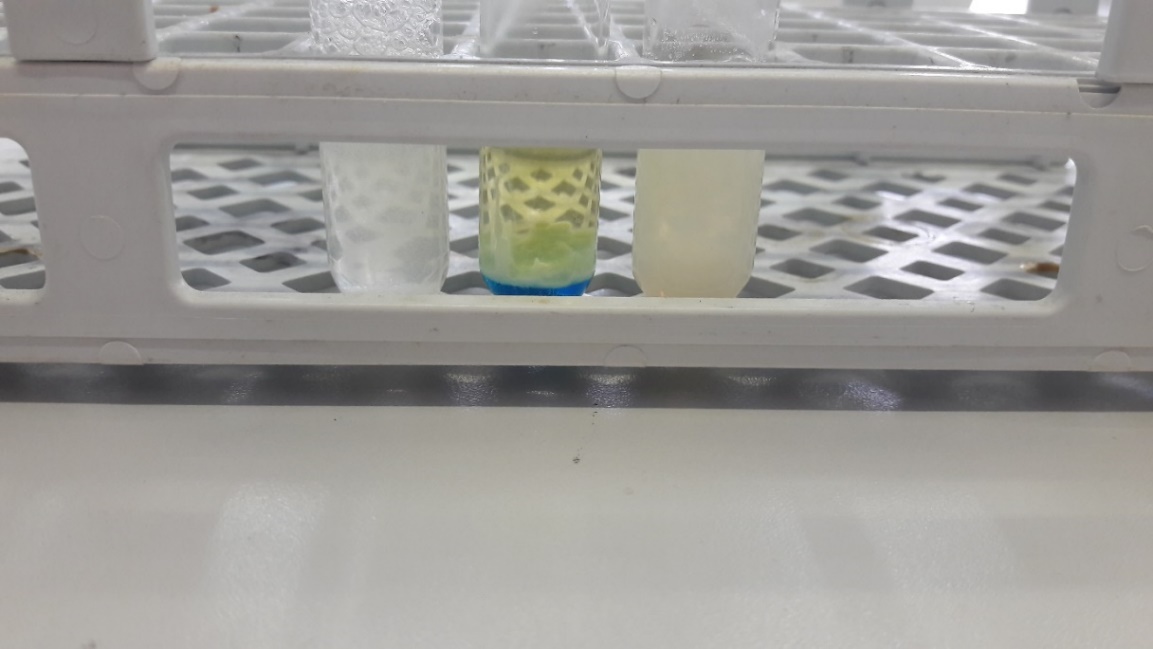
**Magyarázat**: A fehérje melegítés hatására **kicsapódott**.

**3. b) Kísérlet:** Ezután hígítsátok kétszeresesére a 3. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, majd dugaszoljátok be a kémcsövet, és rázzátok össze újra! Mit tapasztaltok?

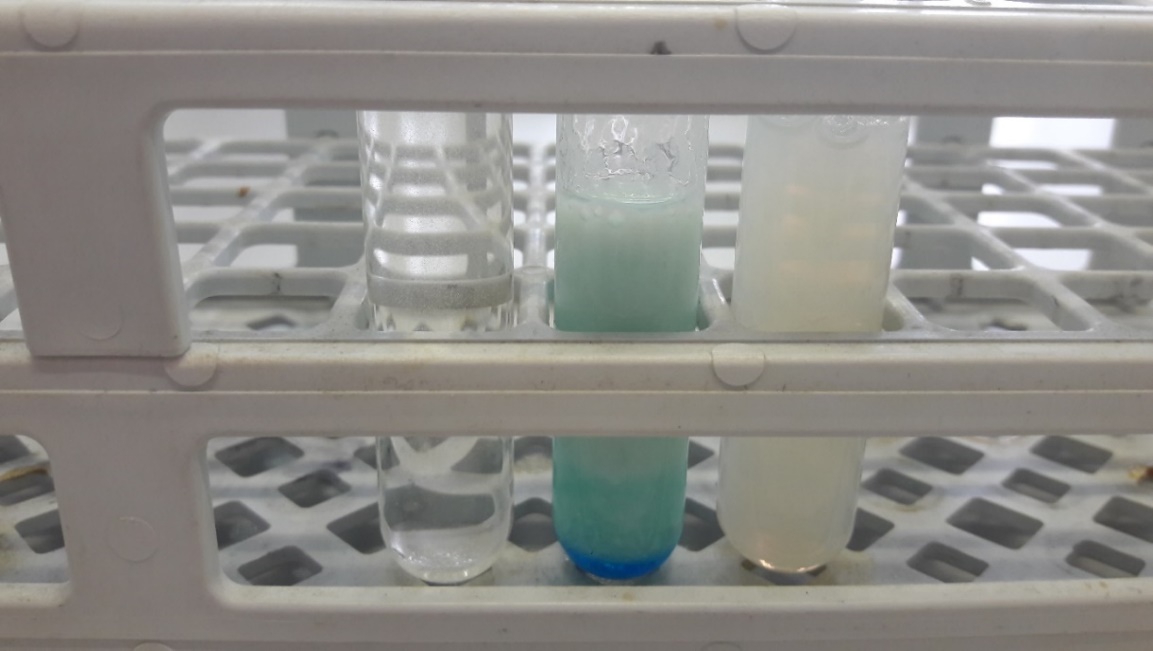
**Tapasztalat**: A **fehér** színű csapadék **~~eltűnt~~/nem tűnt el** a kémcsőből.

**Magyarázat**: A fehérje melegítés hatására **~~reverzibilisen~~/irreverzibilisen** kicsapódik. **~~Fizikai~~**/K**émiai** változás történt, ami **~~visszafordítható~~/nem visszafordítható**. Ezért veszélyes a magas láz, és ezért okoz az égési sebek kialakulásakor roncsolódott fehérjék szerkezetváltozása **~~ideiglenes~~/végleges** funkcióvesztést. A főtt tojásból már nem lesz kiscsirke. A máglyahalál pedig az emberiség által kitalált legbarbárabb kivégzési módok közé tartozik.

*Megjegyzés: A kísérletek a) részének elvégzése után az alábbi fényképen látható eredményre lehet számítani. A kémcsövek az elvégzés sorrendjében szerepelnek egymás után a képen. Sajnos a konyhasó hozzáadásával nem mindig lehet jól látni a képződött csapadékot. Inkább enyhén opálos lesz az oldat.*



*Megjegyzés: A kísérletek b) részének elvégzése után pedig az alábbi fényképen látható a tapasztalat. Az első (konyhasó tartalmú) kémcsőben lévő oldat szépen kitisztul az előzőekben tapasztaltakhoz képest.*

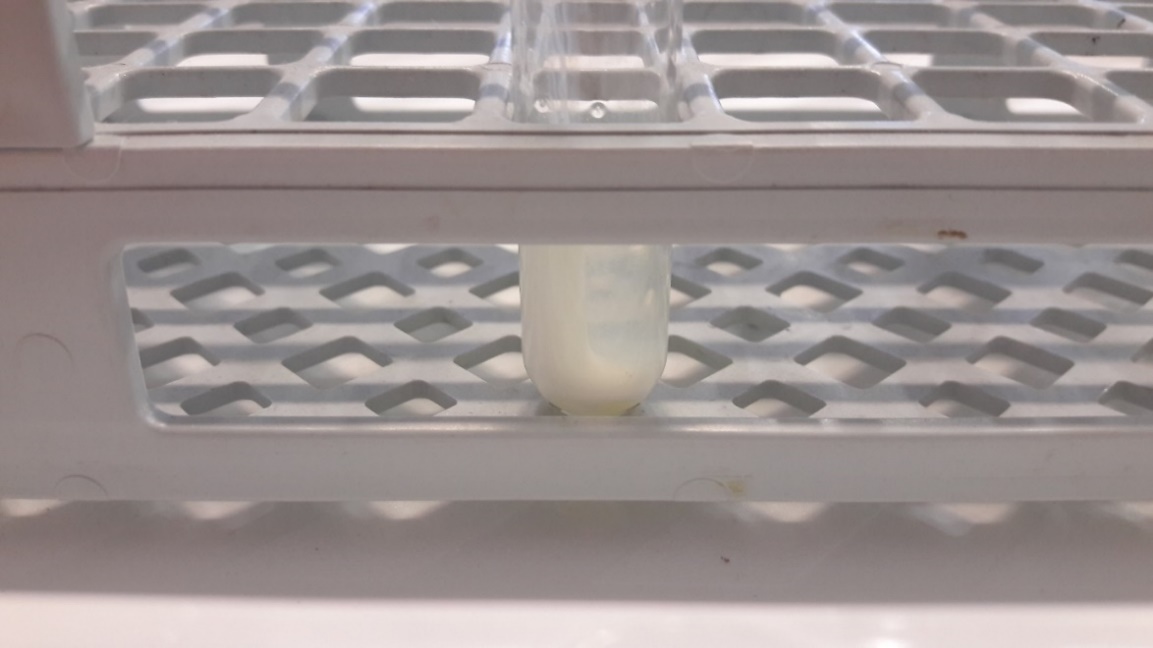


**4. a) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot öntünk, majd kevés (4 csepp) tömény salétromsavoldatot csepegtetünk hozzá. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A salétromsavoldat hatására a kémcsőben **fehér** csapadék jelenik meg.

**Magyarázat:** A fehérje a salétromsavoldat hatására **kicsapódott**.

*Megjegyzés: A fenti kísérlet elvégzése után az alábbi fényképen látható a tapasztalat.*



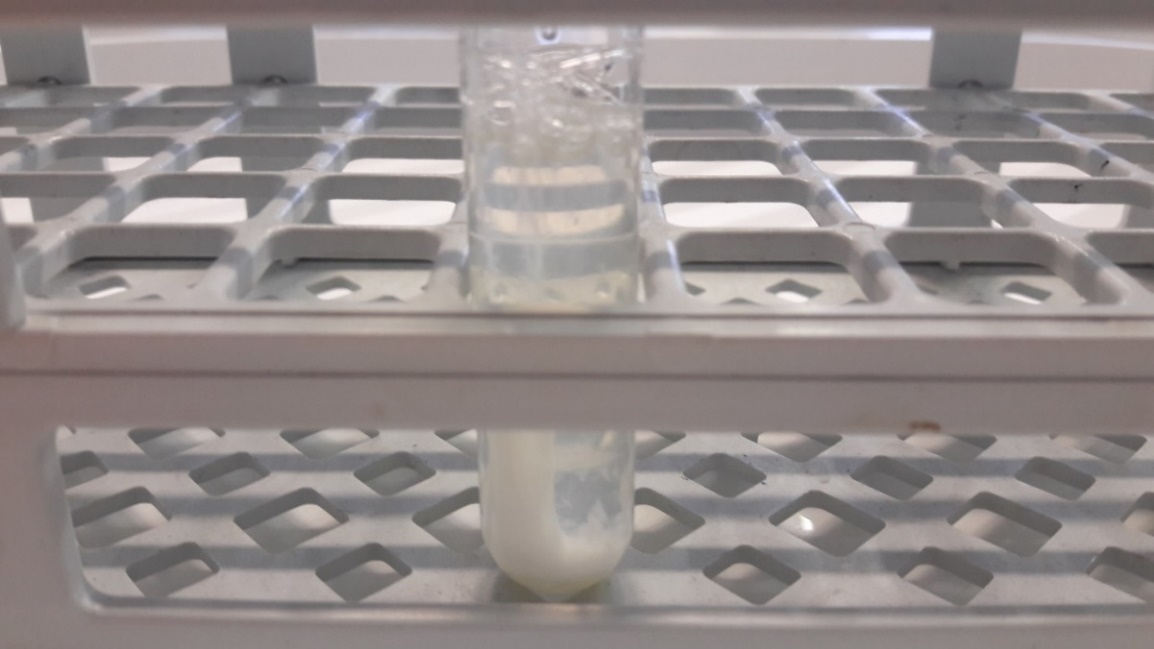
**4. b) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Ezután kétszeresesére hígítjuk a 4. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, bedugaszoljuk a kémcsövet, és összerázzuk. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A **fehér** színű csapadék **~~eltűnt~~/nem tűnt el** a kémcsőből.

**Magyarázat:** A tömény salétromsavoldat hatására nem csak másodrendű, hanem elsőrendű kötések is átrendeződtek, azaz **~~fizikai~~/kémiai** folyamat ment végbe. Ezért ez a változás **~~reverzibilis~~/irreverzibilis**, víz hozzáadásával **~~visszafordítható~~/nem fordítható vissza**. A fehérje **~~reverzibilisen~~/irreverzibilisen** denaturálódott.

Általánosan is elmondható, hogy a fehérjék erős savak, illetve bázisok hatására olyan **szerkezetátalakuláson** esnek át, mely már nem visszafordítható. Ezek egyik hatása ugyanis az, hogy az elsőrendű peptidkötések felbomlanak (hidrolizálnak), s a fehérjék kisebb peptidekre, illetve aminosavakra esnek szét. A krimikben időnként szerepel is, hogy az áldozatot vagy annak holttestét savba dobják. A 2010-ben Ajkán történt vörösiszap-katasztrófa során pedig a szerencsétlenül járt emberek bőre és húsa erősen roncsolódott, szinte szétmállott a fehérjéik lúgos hidrolízise miatt.

*Megjegyzés: A fenti kísérlet elvégzése után az alábbi fényképen látható a tapasztalat.*



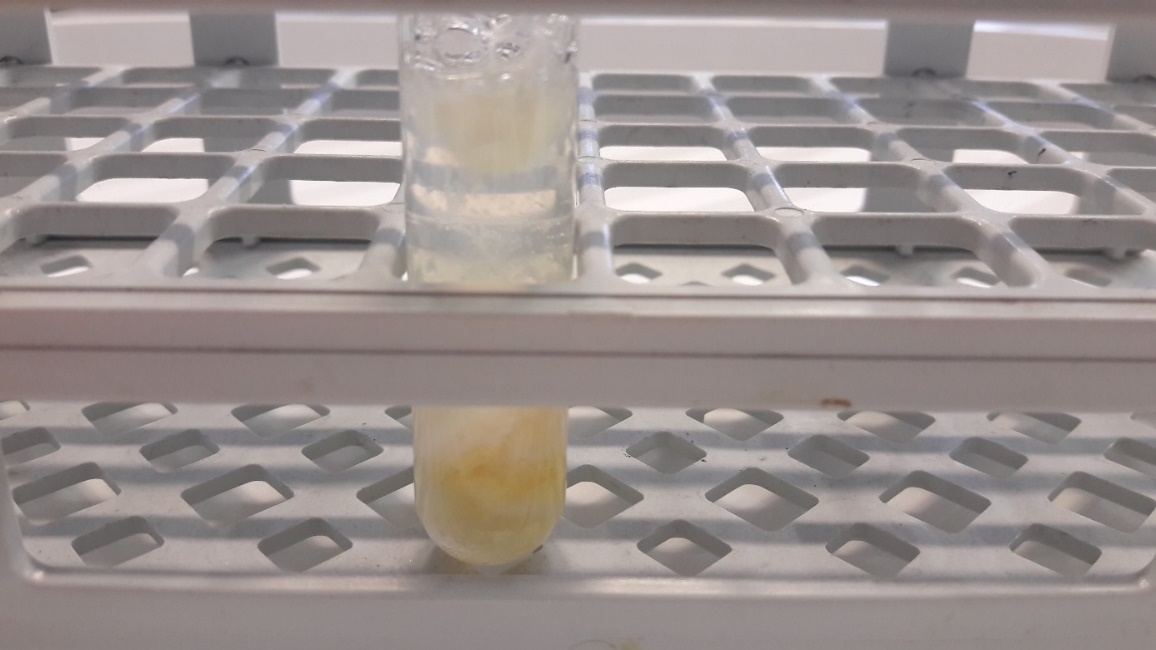
**4. c) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Ezután a kémcső tartalmát borszeszégő segítségével melegítjük. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A kémcsőben lévő **fehér színű**csapadék **megsárgult**.

**Magyarázat:** Melegítés során a fehérjében lévő aromás oldalláncok a salétromsav hatására nitrálódnak (vagyis az aromás gyűrűk egy vagy több hidrogénje helyére a sárga színt okozó -NO2 csoportok épülnek be), s ennek köszönhető a **sárga szín megjelenése**.

Ezt a kísérletet a kémikus szakma „az ügyetlen vegyész kísérleteként” említi. Ugyanis, ha valaki nem figyel oda a balesetvédelmi előírások betartására a salétromsavoldattal végzett munka során, előfordulhat, hogy sárga foltokkal a kezén tér haza (mivel a folyamat testhőmérsékleten is végbemegy, csak lassabban, mint a melegítés hatására). Ezt az elszíneződést a bőrön a salétromsav okozza, és azonnal kiderül, hogy az illető nem viselt kesztyűt. Ennek a kísérletnek a hivatalos neve a „xantoproteinpróba”, mely a fehérjék egyik fontos kimutatási reakciója.

*Megjegyzés: A fenti kísérlet elvégzése után az alábbi fényképen látható a tapasztalat.*



[Csak a 2. típusú csoportoknak!]

A mai órán **modellkísérleteket** hajtottunk végre. Ezen kísérletek által jól ismert anyagok felhasználásával, leegyszerűsítve, a lényeg megragadásával **modelleztük az élő szervezetben lejátszódó folyamatokat**. A lényeg pedig az, hogy a fehérjék nagyon érzékenyek ezekre a környezeti hatásokra. Alapvetően kétféleképpen reagálhatnak. Vagy **reverzibilisen,** vagy **irreverzibilisen** kicsapódnak, azaz **koagulálnak**. Mindkét esetben sérül a **térszerkezetük**, ami miatt már **nem képesek ellátni eredeti feladatukat** (funkcióikat), azaz **denaturálódnak** (vagyis elveszítik a természetes szerkezetüket). Amennyiben a változás **visszafordítható fizikai** folyamat (tehát csak **másodlagos kötések** bomlanak föl, ill. alakulnak ki), vízzel való hígítással a fehérje szerkezete helyreállítható. Ilyen folyamat pl. a dehidratáció, azaz vízelvonás, a só vagy az alkoholfogyasztás esetében. Ezért szomjasak a sok sós ételt vagy a sok alkoholt fogyasztó (másnapos) emberek. Amennyiben azonban **nem visszafordítható** **kémia**i folyamat megy végbe, a fehérje véglegesen denaturálódik. Ilyen változásokat modelleztünk a réz(II)-szulfát, és a salétromsavoldat tojásfehérje-oldathoz való hozzáadásával, valamint a tojásfehérje-oldat melegítésével.

[Csak a 3. típusú csoportoknak!]

Néha, amikor beteg vagy előfordul, hogy a lázad felszökik, és akár a 40 ⁰C-t is megközelíti. Ekkor a szüleid már nagyon aggódnak, és mindent megtesznek azért, hogy csökkentsék a lázadat. Vajon mi az alapja ennek az aggodalomnak? Ezt és ehhez hasonló jelenségeket fogunk most megmagyarázni.

A mai órán **modellkísérleteket** fogunk végrehajtani. Ezen kísérletek által jól ismert anyagok felhasználásával, leegyszerűsítve, a lényeg megragadásával **modellezzük az élő szervezetben lejátszódó folyamatokat**. A lényeg pedig az, hogy a fehérjék nagyon érzékenyek a különböző hatásokra. Alapvetően kétféleképpen reagálhatnak. Vagy **reverzibilisen** (visszafordíthatóan), vagy **irreverzibilisen** (nem visszafordíthatóan) kicsapódnak, azaz **koagulálnak**. Mindkét esetben a **térszerkezetük** sérül, ami miatt már **nem képesek ellátni eredeti feladatukat** (funkcióikat), azaz **denaturálódnak** (vagyis elveszítik a természetes szerkezetüket). Amennyiben a változás **visszafordítható fizikai** folyamat, vízzel való hígítással a fehérje szerkezete regenerálható. Ilyen folyamat pl. a dehidratáció, azaz vízelvonás, az alkoholfogyasztás esetében. Ezért szomjasak a másnapos emberek. Amennyiben azonban **nem visszafordítható kémiai** folyamat megy végbe, a fehérje véglegesen denaturálódik.

**A kísérletekhez a testünkben lévő fehérjék modellezésére a tojásfehérjét választottuk.** Egyszerre csak egyféle hatást vizsgálunk A fehérje kicsapódása után minden esetben megnézzük azt is, hogy a változás vízzel való hígítással visszafordítható-e.

**A feladatlap kitöltése során húzzátok alá vagy keretezzétek be a helyes, vagy húzzátok át a hibás szövegrészt.**

A következő tanári demonstrációs kísérlet segítségével figyeljétek meg, hogy az adott anyagokból mennyit érdemes használni és milyen módon az egyes kísérletek elvégzésekor. Ez sokat segíthet a későbbi tervezésben.

**1. a) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot öntünk, majd kevés (4 csepp) tömény salétromsavoldatot csepegtetünk hozzá. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A salétromsavoldat hatására a kémcsőben **fehér színű** csapadék jelenik meg.

**Magyarázat:** A fehérje a salétromsavoldat hatására **kicsapódott**.

**1. b) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Ezután kétszeresesére hígítjuk az 1. a) kísérletben használt kémcső tartalmát desztillált vízzel, bedugaszoljuk a kémcsövet, és összerázzuk! Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A **fehér** színű csapadék **~~eltűnt~~/nem tűnt el** a kémcsőből.

**Magyarázat:** A salétromsavoldat hatására nem csak másodrendű, hanem elsőrendű kötések is átrendeződtek, azaz **~~fizikai~~/kémiai** folyamat ment végbe. Ezért ez a változás **~~reverzibilis~~/irreverzibilis**, víz hozzáadásával **~~visszafordítható~~/nem fordítható vissza**. A fehérje **~~reverzibilisen~~/irreverzibilisen** denaturálódott.

Általánosan is elmondható, hogy a fehérjék erős savak, illetve bázisok hatására olyan **szerkezetátalakuláson** esnek át, mely már nem visszafordítható. Ezek egyik hatása ugyanis az, hogy az elsőrendű peptidkötések felbomlanak (hidrolizálnak), s a fehérjék kisebb peptidekre, illetve aminosavakra esnek szét. A krimikben időnként szerepel is, hogy az áldozatot vagy annak holttestét savba dobják. A 2010-ben Ajkán történt vörösiszap-katasztrófa során pedig a szerencsétlenül járt emberek bőre és húsa erősen roncsolódott, szinte szétmállott a fehérjéik lúgos hidrolízise miatt.

**1. c) Kísérlet (tanári demonstrációs kísérlet):** Ezután a kémcső tartalmát borszeszégő segítségével melegítjük. Mit tapasztalunk?

**Tapasztalat:** A kémcsőben lévő fehér csapadék **megsárgult**.

**Magyarázat:** Melegítés során a fehérjében lévő aromás oldalláncok a salétromsav hatására nitrálódnak (vagyis az aromás gyűrűk egy vagy több hidrogénje helyére a sárga színt okozó -NO2 csoportok épülnek be), s ennek köszönhető a **sárga szín megjelenése**.

Ezt a kísérletet a kémikus szakma „az ügyetlen vegyész kísérleteként” említi. Ugyanis, ha valaki nem figyel oda a balesetvédelmi előírások betartására a salétromsavoldattal végzett munka során, előfordulhat, hogy sárga foltokkal a kezén tér haza (mivel a folyamat testhőmérsékleten is végbemegy, csak lassabban, mint a melegítés hatására). Ezt az elszíneződést a bőrön a salétromsav okozza, és azonnal kiderül, hogy az illető nem viselt kesztyűt. Ennek a kísérletnek a hivatalos neve a „xantoproteinpróba”, mely a fehérjék egyik fontos kimutatási reakciója.

A tálcátokon lévő anyagok és eszközök felhasználásával tervezzetek olyan kísérleteket, melyek segítségével **modellezhetitek az alábbi 2., 3. és 4. pontban** leírt helyzeteket! Végezzétek el a megtervezett kísérleteket! Az 1. Kísérlethez hasonló módon vizsgáljátok meg, hogy a tojásfehérje-oldatban bekövetkezett változások vízzel való hígítás során vajon **visszafordíthatók-e**.

**2. Sok sós rágcsálnivalót eszünk, és utána nagyon szomjasak vagyunk.**

**Kísérlet terve: Kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot öntünk, majd kevés konyhasót adunk hozzá. A kémcsövet bedugaszoljuk és összerázzuk. Megfigyeljük, hogy mi történik. Utána desztillált vízzel meghígítjuk a kémcső tartalmát, újra összerázzuk, és megfigyeljük a jelenséget.**

**Tapasztalat: Zavaros oldatot kapunk. Az oldatban fehér színű, szálas anyag úszkál. Hígítás után az oldatból eltűnik a szálas csapadék.**

**Magyarázat:** A fehérjék az élő szervezetben **kolloid** oldat formájában vannak jelen. A **konyhasó** megbontja a fehérje hidrátburkát, és elvonja tőle a **vizet.** Ennek következményeként a fehérje **kicsapódott**, idegen szóval **koagulál**. Általánosan is elmondható, hogy a fehérjék könnyűfémsók hatására **kicsapódnak**.

A fehérjék ezen **reverzibilis/~~irreverzibilis~~** kicsapódása **fizikai/~~kémiai~~** változásnak tekinthető, mert részecske szinten **másodrendű/~~elsőrendű~~**kölcsönhatások rendeződtek át, makroszinten új anyag **nem jött létre/~~jött létre~~**.

**3. Nehézfémsó-mérgezés történik, mert pl. ecetes ételt hagytunk állni rézedényben.**

**Kísérlet terve: Kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot öntünk, majd kevés réz(II)-szulfátot adunk hozzá. Megfigyeljük, hogy mi történik. Utána desztillált vízzel meghígítjuk a kémcső tartalmát és megfigyeljük a jelenséget.**

**Tapasztalat: A kémcsőben fehér színű csapadék jelenik meg, mely hígítás után sem tűnik el.**

**Magyarázat:** A **réz(II)-szulfát** hatására a fehérje **térszerkezete oly mértékig átalakult**, hogy **funkcióját nem tudja tovább betölteni**. Ilyenkor azt mondjuk, hogy a fehérje **denaturálódott**.

A fehérjék ezen **~~reverzibilis~~/irreverzibilis** kicsapódása **~~fizikai~~/kémiai** változásnak tekinthető, mert részecske szinten **~~másodrendű~~/elsőrendű** kölcsönhatások rendeződtek át, makroszinten új anyag **~~nem jött létre~~/jött létre**.

Miért itatnak vajon a lehető leghamarabb tejet a beteggel a nehézfémsó-mérgezés után?

**A mérgezés súlyossága csökkenthető, ha a nehézfémsó lenyelése után a lehető leghamarabb tejet itatunk az illetővel. Ugyanis ekkor a gyomorban lévő nehézfémsó elsősorban a tej fehérjéit csapja ki a szervezet fehérjéi helyett.**

**4. Keménytojást főzünk a szendvicsünkbe.**

**4. Kísérlet terve: Kémcsőbe 2 ujjnyi tojásfehérje-oldatot öntünk, majd borszeszégő segítségével melegítjük, megfigyeljük a jelenséget. Utána meghígítjuk a kémcső tartalmát desztillált vízzel, és megfigyeljük, hogy mi történik.**

**Tapasztalat: Melegítés hatására fehér csapadék jelent meg a kémcsőben, mely hígítás hatására sem tűnt el.**

**Magyarázat:** A **hőmérséklet emelkedésének** hatására a fehérje **térszerkezete oly mértékig átalakult**, hogy **funkcióját nem tudja tovább betölteni**. Ilyenkor azt mondjuk, hogy a fehérje **denaturálódott**.

A fehérjék ezen **~~reverzibilis~~/irreverzibilis** kicsapódása **~~fizikai~~/kémiai** változásnak tekinthető, mert részecske szinten **~~másodrendű~~/elsőrendű** kölcsönhatások rendeződtek át, makroszinten új anyag **~~nem jött létre~~/jött létre**.

Ezért veszélyes a magas láz és ezért okoz az égési sebek kialakulásakor roncsolódott fehérjék szerkezetváltozása **~~ideiglenes~~/végleges** funkcióvesztést. A főtt tojásból már nem lesz kiscsirke. A máglyahalál pedig az emberiség által kitalált legbarbárabb kivégzési módok közé tartozik.