

Chemiluminescencja z kuchni

Reakcja dla każdego

Marek Ples

Chemia skrywa wiele fascynujących tajemnic, a niektóre z nich możemy odkryć nawet w naszej kuchni. Nauka chemii nie musi być trudna ani nudna – wręcz przeciwnie, może dostarczać niesamowitych wrażeń i satysfakcji. Eksperymentowanie pozwala lepiej zrozumieć otaczający nas świat i rozwijać umiejętność logicznego myślenia. Dzięki prostym doświadczeniom możemy na własne oczy zobaczyć, jak działają procesy chemiczne, które na co dzień pozostają ukryte.

Jednym z najbardziej niezwykłych zjawisk chemicznych jest chemiluminescencja, czyli proces, w którym substancje emitują światło bez konieczności ogrzewania. Możemy ją zaobserwować w przyrodzie, np. u chrząszczy z rodzaju świetlików *Lampyris* lub niektórych organizmów morskich [1]. Chemiluminescencja od wieków fascynowała ludzi – dawniej w formie naturalnej bioluminescencji, a następnie już za pomocą sztucznie wytworzonych układów reakcyjnych, z których niektóre całkiem łatwo jest odtworzyć w naszej pracowni [2][3]. Dziś znajduje zastosowanie m.in. w medycynie, kryminalistyce oraz przemyśle rozrywkowym.

Chemiluminescencja to jedno z niewielu zjawisk, które pozwala zamienić energię innego rodzaju bezpośrednio w światło, bez udziału ciepła. Oznacza to, że reakcje tego typu mogą być wykorzystane w miejscach, gdzie tradycyjne źródła światła nie są łatwe do zastosowania, np. w speleologii.

Niestety, wiele reakcji chemiluminescencyjnych wymaga do ich przeprowadzenia stosunkowo drogich, mało dostępnych, a czasem też i toksycznych substancji. Na szczęście istnieją też takie procesy, do których składniki będziemy mogli skompletować z łatwością, niewielkim kosztem i bez zagrożenia życia. Jeden z nich chciałbym zaproponować właśnie dziś moim Szanownym Czytelnikom, ponieważ jest to doskonała okazja do lepszego zrozumienia przemian energetycznych zachodzących podczas reakcji chemicznych.

Czego potrzebujemy?

Na trop doświadczenia trafiłem szukając inspiracji w dawnych numerach czasopisma *Journal of Chemical Education*, gdzie Johnson opisuje swoje doświadczenia z chemiluminescencją wyciągów roślinnych [4]. Ponieważ temat wydał mi się tak interesujący, jak i cokolwiek zapomniany, postanowiłem poczynić własne doświadcze-

nia w tym kierunku, zastępując wykorzystywaną w oryginalnej pracy fasolę półksiężycowatą *Phaseolus lunatus* łatwiej, czy raczej nawet powszechnie dostępnymi u nas nasionami grochu zwyczajnego *Pisum sativum*, będącego gatunkiem rośliny strączkowej jednorocznej z rodziny bobowatych *Fabaceae*. Groch pochodzi z zachodniej Azji i Kaukazu, wschodniej i południowej Europy oraz Afryki Północnej, a dziś jest uprawiany w wielu rejonach świata [5]. Do doświadczenia nadają się w szczególności suszone, łuskane nasiona grochu (Fot. 1). Są one wykorzystywane w sztuce gastronomicznej, możemy je więc kupić w sklepie spożywczym.

Poza nasionami grochu do przeprowadzenia doświadczenia niezbędne będą też następujące substancje chemiczne:

- nadtlenek wodoru H_2O_2 (3%)
- wodorotlenek potasu KOH lub sodu NaOH
- chloran(I) sodu NaClO
- alkohol etylowy C_2H_5OH (min. 70%)

Nadtlenek wodoru, znany jako woda utleniona, w stężeniu 3% jest powszechnie stosowany jako środek dezynfekujący do przemywania ran oraz do wybielania włosów lub tkanin. Jest względnie bezpieczny w tym stężeniu, ale może podrażniać skórę lub błony śluzowe przy dłuższym kontakcie. W przypadku połknięcia większych ilości może powodować nudności oraz bóle brzucha.



Fot. 1 - Nasiona grochu wykorzystane w doświadczeniu

Wodorotlenek potasu lub sodu jako mocne zasady są używane m.in. w produkcji mydeł, środków czyszczących lub w przemyśle chemicznym. Są silnie żrące i mogą powodować poważne oparzenia skóry, uszkodzenia oczu, a wdychanie ich oparów podrażnia drogi oddechowe. Podczas ich rozpuszczania w wodzie wydzielają duże ilości ciepła, co zwiększa ryzyko oparzeń.

Chloran(I) sodu, znany też jako podchloryn sodu, stanowi główny składnik wielu wybielaczy do tkanin. Działa też bakteriobójczo. Jest silnie żrący, może uszkadzać skórę, oczy i drogi oddechowe. Staje się groźny w połączeniu z kwasami (np. octem) lub amoniakiem, gdyż uwalnia toksyczne gazy (chlor lub chloraminę). Do doświadczenia można wykorzystać roztwór chloranu(I) w postaci zawierającego go wybielacza, najlepiej z gatunku tych tańszych, ponieważ posiadają one mniej dodatkowych składników.

Alkohol etylowy o stężeniu 70% i wyższym jest skutecznym środkiem dezynfekującym (niszczy błony komórkowe bakterii i wirusów). Jest łatwopalny – opary mogą zapłonąć w obecności źródła ognia. Spożyty w dużych ilościach działa toksycznie na układ nerwowy i wątrobę, co jednak nie przeszkadza, aby był jedną z najpowszechniejszych używek.

W tym doświadczeniu największe ryzyko jest związane z wykorzystaniem roztworów mocnych zasad i chloranu(I) sodu ze względu na właściwości żrące i reaktywność tych substancji. Pamiętajmy więc, żeby zawsze stosować odpowiednie środki ochrony osobistej.

Dodatkowo będziemy potrzebować drobnego sprzętu laboratoryjnego i naczyń.

Przygotowania

Pierwszym krokiem, jaki musimy zrobić w drodze do upragnionego efektu jest przygotowanie ekstraktu z grochu. Do zlewki wsypanymy około 20 g suszonego grochu, zalewamy go 50 cm³ wody i ogrzewamy do wrzenia. Po około 15 minutach gotowania należy odfiltrować stałe pozostałości i zebrać wodny ekstrakt, który może być nieco mętny, o żółtawym zabarwieniu (Fot. 2).

Ekstrakt jest nietrwały i warto go wykorzystać bezpośrednio po ostudzeniu, ewentualnie można go przechowywać niezbyt długo w lodówce.

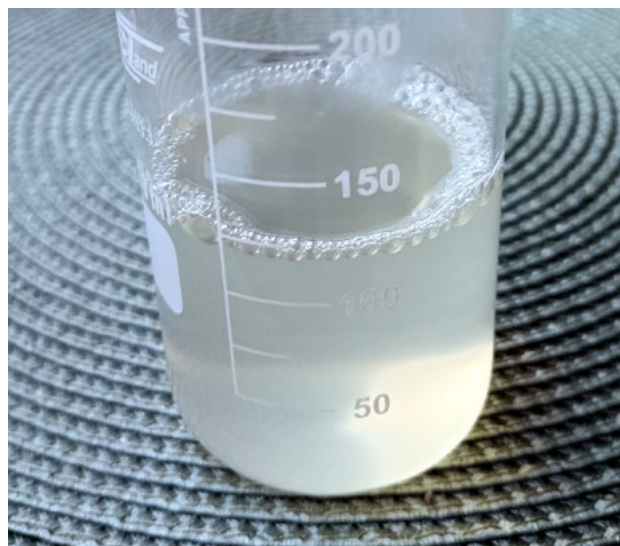
Następnie przygotowujemy kolejne roztwory:

- A) 10 cm³ wody utlenionej w 90 cm³ alkoholu etylowego,
- B) 5 g wodorotlenku potasu w 75 cm³ wody z dodatkiem 25 cm³ alkoholu etylowego,
- C) 10 cm³ roztworu podchlorynu sodu (wybielacza) w 90 cm³ wody destylowanej.

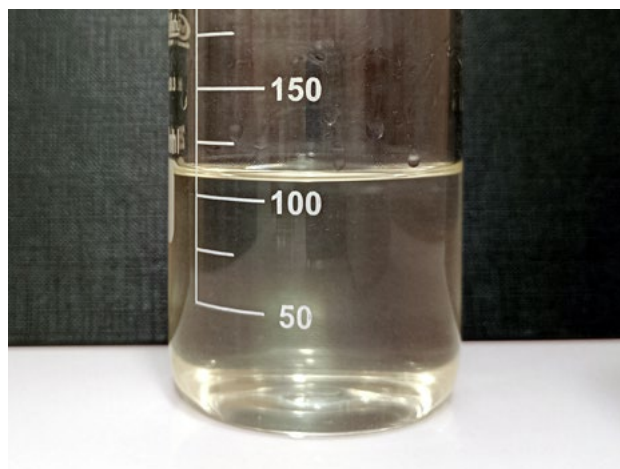
Pokaz!

Aby przeprowadzić doświadczenie, w zlewce umieszczamy po 5 cm³ ekstraktu z grochu oraz roztworów A i B (Fot. 3).

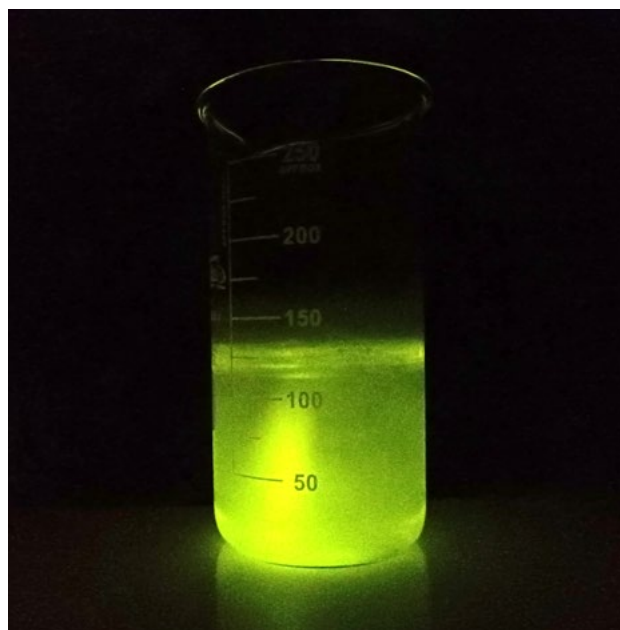
Po zaciemnieniu pomieszczenia i przynajmniej kilkunastosekundowym przyzwyczajeniu oczu do ciemności



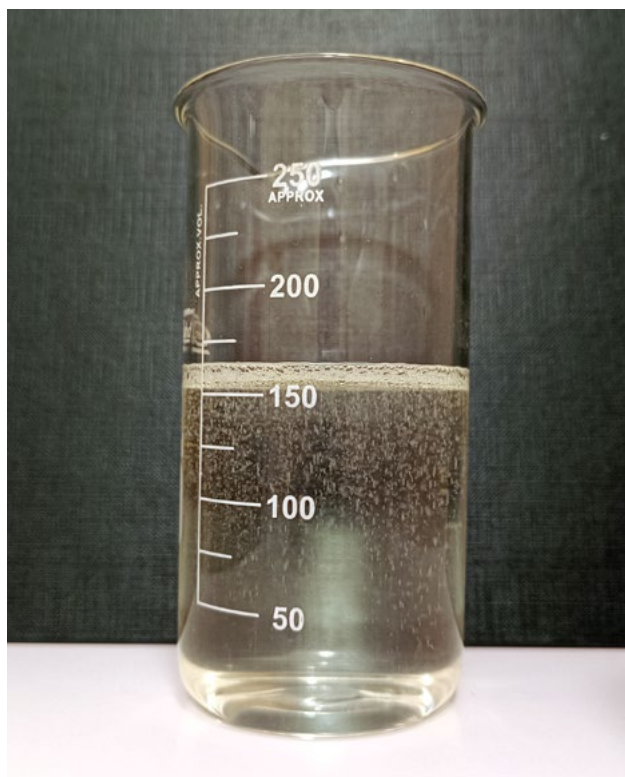
Fot. 2 – wyciąg z grochu



Fot. 3 - Gotowy roztwór



Fot. 4 - Widoczna chemiluminescencja (czas naświetlania: 3s)



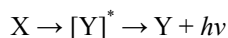
Fot. 5 - Pozostałość po reakcji

wlewamy do uprzednio przygotowanej mieszaniny powolnym strumieniem około 12 cm³ roztworu C. Mieszaniu się cieczy towarzyszy niezbyt intensywne, ale doskonale widoczna emisja światła, co łatwo uchwycić na fotografii o kilkusekundowym czasie ekspozycji (Fot. 4).

Roztwór po reakcji pozostaje bezbarwny (Fot. 5) i można go po rozcieńczeniu wylać do zlewu, po czym spłukać większą ilością wody.

Wyjaśnienie

Światło powstające w wyniku reakcji to efekt utleniania substancji obecnych w grochu. W tym przypadku trudno wskazać konkretne indywiduum chemiczne odpowiedzialne za chemiluminescencję, ponieważ nie zostało to jeszcze zbadane. W każdym razie reakcja ta powinna zachodzić według schematu wspólnego dla innych, lepiej poznanych reakcji chemiluminescencyjnych:



W wyniku reakcji substratu (a raczej substratów) X powstaje produkt przejściowy $[Y]^*$ występujący w stanie

wzbudzonym o wysokiej energii. Jest to jednak sytuacja nietrwała i przekształca się on do produktu ostatecznego Y istniejącego w stanie podstawowym, o niższej energii. Zgodnie z zasadą zachowania różnica energii między stanem wzbudzonym a podstawowym zostaje oddana do środowiska. W przypadku chemiluminescencji proces ten zachodzi na drodze emisji promieniowania elektromagnetycznego.

Warto zauważyć, że zamiast grochu można tu wykorzystać inny surowiec pochodzenia roślinnego – testowałem owoce orzeczy podziemnej *Arachis hypogaea* (szerzej znane jako orzeszki ziemne) i także udało mi się zaobserwować wyraźne świecenie.

Interesujące, że wzmiankę o tej reakcji można spotkać w uważanej za jedno z najlepszych kompendiów wiedzy praktycznej dla wykładowców chemii książce Shakhshiri'ego „*Chemical Demonstrations: A Handbook for Teachers of Chemistry*”. Może zaskoczyć jednak fakt, że uznał on jej wykorzystanie na zajęciach za niecelowe i wprost stwierdził, że jej nie poleca w tym kierunku [6]. Ośmieliłem się jednak nie zgodzić w tej kwestii z owym – skądinąd bardzo przeze mnie szanowanym – autorem. Moim zdaniem fakt, że w opisanym doświadczeniu możemy zaobserwować chemiluminescencję stosując tak tanie, łatwe do zdobycia i stosunkowo bezpieczne substancje z nawiązką rekompensuje nieco mniej widowiskowy efekt niż w przypadku bardziej znanych chemiluminoforów. Dzięki temu każdy, kto tylko zechce, może samodzielnie przekonać się o pięknie opisanych tu zjawisk.

Mgr Marek Ples

Katedra Biomechatroniki
Wydział Inżynierii Biomedycznej
Politechnika Śląska
marek.ples@o2.pl
www.weirdscience.eu

Wszystkie fotografie zostały wykonane przez autora

Literatura:

- [1] Ples M., *Iskrzyk – żywa latarnia*, Biologia w Szkole, 4 (2021), Forum Media Polska Sp. z o.o., str. 52-56
- [2] Ples M., *Calkiem niezwykła herbatka*, Chemia w Szkole, 4 (2015), Agencja AS Józef Szewczyk, str. 6-9
- [3] Ples M., *Czerwono i niebiesko - dwubarwna chemiluminescencja*, Chemia w Szkole, 3 (2024), Agencja AS Józef Szewczyk, str. 30-33
- [4] Johnson L. D., *Chemiluminescence or cold light investigations*, Journal of Chemical Education, 17(6), 1940, str. 295-296
- [5] Borecki Z., Solenberg M., *Polskie nazwy chorób roślin uprawnych*, Polskie Towarzystwo Fitopatologiczne, Poznań, 2017
- [6] Shakhshiri B. Z., *Chemical Demonstrations, Volume 2: A Handbook for Teachers of Chemistry*, The University of Wisconsin Press, 1983, str. 201

W następnym wydaniu polecamy m.in.:

- Jon wodorowy w dydaktyce chemii
- Zadania z 71. Krajowej Olimpiady Chemicznej. Etap III