Acta Juvenum vol. 9: s. 39-44, 2024
I Ogólnokształcące Liceum Akademickie
im. Janiny Kossakowskiej-Dębickiej
w Kielcach

REAKCJA ZEGAROWA JODU NA PRZYKŁADZIE MIESZANINY PŁYNU LUGOLA I KWASU ASKORBINOWEGO

IODINE CLOCK REACTION ON EXAMPLE OF A MIXTURE OF LUGOL'S IODINE AND ASCORBIC ACID

Maja Jakubczyk, Maciej Wittych

ABSTRACT
Iodine belongs to group 17 - halogens. It is a non-metal and has strong acidic properties. Under standard conditions, it occurs in the form of a dark blue crystalline substance. It is sparingly soluble in water, but easily soluble in Lugol's iodine.
Lugol's iodine is a brown aqueous solution of iodine in potassium iodide. It has an antiseptic properties.
Starch is a polysaccharide composed solely of glucose molecules. It consists of: amylose (approx. 20% of starch) and amylopectin (the main component of starch). It is a solid, white, odorless substance, it dissolves poorly in cold water, but swells in hot water. It undergoes hydrolysis; it is digested by humans. Ascorbic acid (vitamin C) is an unsaturated polyhydric alcohol. It is a key element in the functioning of organisms.
The iodine clock reaction raises the issue of chemical kinetics (the rate at which the reaction occurs). It exists in several varieties, each of which includes iodine varieties (iodine anion I-, molecular iodine I2) and substrates that slow down the reaction in the presence of starch and hydrogen peroxide H2O2. Two colorless solutions are mixed and initially there are no visible signs of reaction. After a short time, the mixture suddenly turns dark blue. Depending on the proportions and temperature at which the solutions are prepared, the reaction rate (kinetics) changes.
The aim of the experiment is to investigate the kinetics of the iodine redox reaction and to examine the properties of ascorbic acid C6H8O6 as an oxidant and hydrogen peroxide H2O2 as a reducer/initiator for this reaction.
Two solutions (A and B) were used in this work. Ascorbic acid, distilled water and a 5% solution of Lugol's iodine were used to prepare solution A. Corn flour, distilled water and hydrogen peroxide were used to prepare solution B. Adding solutions A and B to each other shows no symptoms of reaction, but after a short time the mixture changes color from transparent to navy blue.
Hydrogen peroxide H2O2 initiates the reaction of producing iodine I2. Ascorbic acid reverses the reaction of iodine I2 formation. After exhaustion of ascorbic acid, a reaction occurs in which iodine molecules I2 and iodine anions I- form I3- ions, as indicated by the color of the solution in navy blue. A larger amount of hydrogen peroxide speeds up the reaction, a larger amount of vitamin C (ascorbic acid) slows down the reaction, and a higher temperature speeds up the reaction.

Słowa kluczowe: reakcja zegarowa jodu, kwas askorbinowy, woda utleniona, skrobia kukurydziana
Key words: *iodine clock reaction, ascorbic acid, hydrogen peroxide, corn starch*

Maja Jakubczyk kl. IV, majajakubczyk85@gmail.com
Maciej Wittych kl. III, mmwitt@wp.pl,
I Ogólnokształcące Liceum Akademickie im. Janiny Kossakowskiej-Dębickiej w Kielcach

Opiekun merytoryczny / *Guardian substantive:* Joanna Nowak-Jagusińska

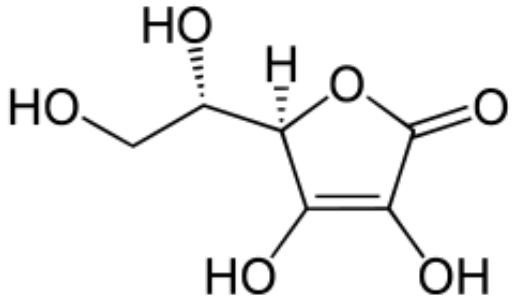
WPROWADZENIE

Jod został odkryty w 1812 r. przez Bernarda Courtois. Pierwiastek ten należy do 17 grupy – fluorowców. Jest niemetalem, posiada właściwości silnie kwasowe. W warunkach standardowych występuje w postaci stałej, granatowej substancji krystalicznej. W formie ciekłej ma kolor czarny. Łatwo ulega sublimacji i resublimacji; postać gazowa osiąga kolor brązowofioletowy w powietrzu, a niebieski w próżni. Występuje w postaci cząsteczkowej I_2. Jod jest trudno rozpuszczalny w wodzie, natomiast łatwo rozpuszczalny w płynie Lugola.

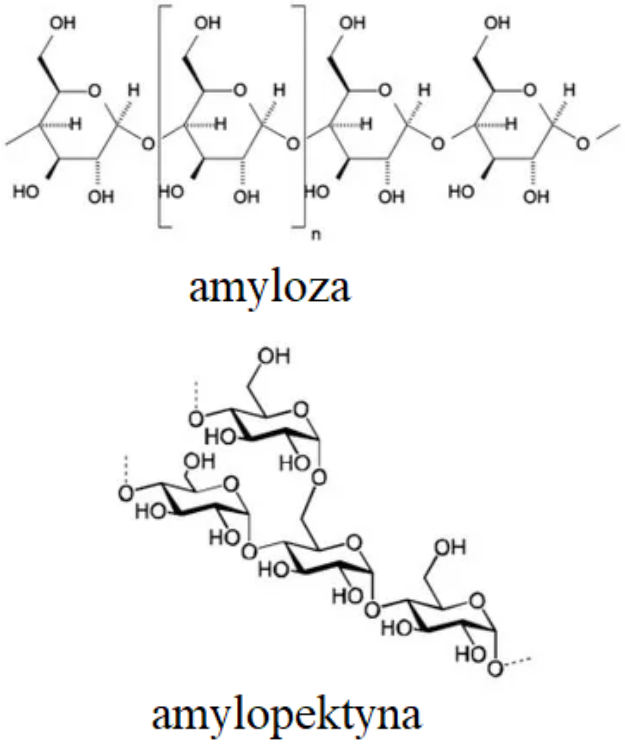
Płyn Lugola jest wodnym roztworem jodu w jodku potasu. Ma brunatny lub ciemnożółty kolor. Został opracowany w 1829 r. przez Jeana Lugola. Ma działanie antyseptyczne, przemywając skórę i drobne rany. Podany doustnie, nierozcieńczony według przepisu na opakowaniu, jest szkodliwy i może mieć negatywny wpływ na zdrowie.

Skrobia jest polisacharydem złożonym wyłącznie z cząsteczek glukozy. Tworzą ją dwa polisacharydy: amyloza (ok. 20% skrobi) i amylopektyna (główny składnik skrobi). Amyloza tworzy spiralnie zwinięty łańcuch, a amylopektyna tworzy odgałęzienia boczne. Łańcuch skrobi nie jest jednakowej długości i nie ma tej samej liczby budujących ją cząsteczek. Jest substancją stałą, białą, bezwonną, słabo rozpuszcza się w wodzie zimnej, natomiast w gorącej pęcznieje. Ulega hydrolizie; jest trawiona przez człowieka. Wielkość cząsteczek skrobi wynosi od kilku do kilkudziesięciu mikrometrów. Wyróżniamy różne rodzaje skrobi: kukurydziana, ziemniaczana, jęczmienna, owsiana, pszenna, żytnia, ryżowa...

Kwas askorbinowy (witamina C) jest nienasyconym alkoholem polihydroksylowym. Stanowi kluczowy element funkcjonowania organizmów. Dla ludzi jest on witaminą, a to oznacza, że musi być dostarczany do organizmu. Odgrywa ważną rolę, np. wzmacnia dziąsła i zęby, wzmacnia odporność na infekcje, przyspiesza gojenie się ran, zwiększa wchłanianie żelaza. Jest również przeciwutleniaczem, czyli spowalnia proces utlenienia danej substancji.



Ryc. 1. Wzór strukturalny kwasu askorbinowego
Fig. 1. Structural formula of ascorbic acid
Źródło/Source: https://pl.wikipedia.org/wiki/Kwas_askorbinowy



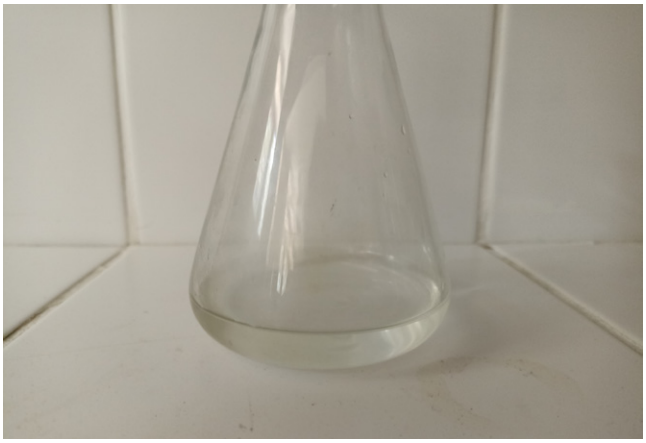
Ryc. 2. Wzory strukturalne amylozy i amylopektyny zawartych w skrobi kukurydzianej
Fig. 2. Structural formulas of amylose and amylopectin contained in corn starch
Źródło/Source: https://pl.wikipedia.org/wiki/Skrobia

Celem doświadczenia jest zbadanie kinetyki reakcji redoks jodu oraz zbadanie właściwości kwasu askorbinowego $C_6H_8O_6$ jako utleniacza i wody utlenionej H_2O_2 jako reduktora/inicjatora wobec tej reakcji.

REAKCJA ZEGAROWA JODU

Reakcja zegarowa jodu została odkryta przez Hansa Heinricha Landolta w 1886 roku. Porusza kwestię kinetyki chemicznej, czyli szybkości zajścia reakcji. Reakcja zegarowa jodu istnieje w kilku odmianach, z których każda obejmuje odmiany jodu (anion jodu I^-, jod cząsteczkowy I_2) i substraty spowalniające reakcję (np. kwas askorbinowy (witamina C), kwas siarkowy i tiosiarczan sodu, chloran sodu i kwas nadchlorowy) w obecności skrobi i wody utlenionej H_2O_2. Dwa bezbarwne roztwory są mieszane i początkowo

Fot. 1. Przesączony roztwor witaminy C z płynem Lugola niewymieszany (Fot. M. Jakubczyk, M. Wittych)
Photo 1. Unmixed filtered solution of vitamin C with Lugol's iodine (Fot. M. Jakubczyk, M. Wittych)



Fot. 2. Przesączony roztwor witaminy C z płynem Lugola wymieszany (Fot. M. Jakubczyk, M. Wittych)
Photo 2. Mixed filtered solution of vitamin C with Lugol's iodine (Fot. M. Jakubczyk, M. Wittych)

nie ma widocznych objawów reakcji. Po krótkim czasie mieszanina nagle zmienia zabarwienie na granatowe. W niektórych przypadkach roztwór będzie kilka razy zmieniał zabarwienie z bezbarwnego na granatowy i z granatowego na bezbarwny do wyczerpania się odczynników.

Dla roztworu A, w którego skład wchodzi kwas askorbinowy, płyn Lugola i woda destylowana oraz dla roztworu B, w którego skład wchodzi skrobia kukurydziana, woda utleniona i woda destylowana, równania reakcji redoks przedstawiają się następująco:

$$2H^+(aq) + 2I^-(aq) + H_2O_2(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2H_2O(aq) \text{ (reakcja 1.)}$$

$$I_2(aq) + C_6H_8O_6(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + 2I^-(aq) + C_6H_6O_6(aq) \text{ (reakcja 2.)}$$

W reakcji utlenienia (reakcja 1.) powstaje jod cząsteczkowy I_2, który natychmiastowo reaguje z kwasem askorbinowym $C_6H_8O_6$ (reakcja 2. - reakcja redukcji). Powstają wówczas ponownie aniony jodu I-. Reakcja 2. będzie zachodzić dopóki nie wyczerpie się kwas askorbinowy. Gdy tak się stanie, zajdzie następująca reakcja w obecności skrobi:

$$I_2(aq) + I^-(aq) \rightarrow I_3^-(aq) \text{ (reakcja 3.)}$$

Jony I_3^- przybierają zabarwienie granatowe.

W zależności od proporcji w jakich wykona się roztwory A i B zmienia się czas zajścia reakcji:

- im więcej znajduje się wody utlenionej, tym reakcja zachodzi szybciej
- im więcej znajduje się witaminy C (kwasu askorbinowego), tym reakcja zachodzi wolniej

W zależności od temperatury roztworów zmienia się czas zajścia reakcji:

- reakcja zachodzi szybciej, gdy temperatura roztworów jest wyższa
- reakcja zachodzi wolniej, gdy temperatura roztworów jest niższa

CHARAKTERYSTYKA ODCZYNNIKÓW

W pracy wykorzystano dwa roztwory (A i B). Do przygotowania roztworu A wykorzystano kwas askorbinowy zawarty w tabletkach witaminy C (1000 mg), wodę destylowaną oraz 5-procentowy płyn Lugola. Do przygotowania roztworu B wykorzystano mąkę kukurydzianą, wodę destylowaną oraz wodę utlenioną H_2O_2.

Ostrzeżenie

Płyn Lugola nierozcieńczony według zaleceń podany doustnie jest szkodliwy i może mieć negatywny wpływ na zdrowie. Może barwić odzież lub skórę. Należy unikać kontaktu z oczami.

Należy unikać kontaktu wody utlenionej z oczami.

Używać specjalistycznego sprzętu oraz odpowiednich środków ochrony osobistej.

METODA BADAŃ

Do przygotowania roztworu A użyto dwie tabletki witaminy C (1000 mg zawartości witaminy C w ta-

bletce o wadze 1030 mg), które rozkruszono w moździerzu. Powstały proszek przesypano do kolby i dodano 50 ml wody destylowanej. Roztwór przesączono w celu usunięcia substancji wypełniających i dodano 25 ml płynu Lugola. Roztwór zabarwił się na kolor brunatny, jednak po wymieszaniu roztwór odbarwił się. Dodano wody destylowanej, aby objętość całego roztworu wyniosła 500 ml.

Do przygotowania roztworu B użyto 1 g mąki kukurydzianej. Mąkę zalano 350 ml wrzącej wody destylowanej i przesączono. Roztwór odłożono do wystygnięcia. Następnie dodano 150 ml wody utlenionej H_2O_2.

Przygotowano cztery próby:

1) Do dwóch zlewek należy przelać kolejno 25 ml roztworu A i 25 ml roztworu B (stosunek 1:1). Zlewkę z roztworem A przelać do zlewki z roztworem B.
2) Do dwóch zlewek należy przelać kolejno 17 ml roztworu A i 33 ml roztworu B (stosunek 1:2). Zlewkę z roztworem A przelać do zlewki z roztworem B.
3) Do dwóch zlewek należy przelać kolejno 33 ml roztworu A i 17 ml roztworu B (stosunek 2:1). Zlewkę z roztworem A przelać do zlewki z roztworem B.
4) Do dwóch zlewek należy przelać kolejno 25 ml roztworu A i 25 ml roztworu B (stosunek 1:1) i obie zlewki podgrzać. Zlewkę z roztworem A przelać do zlewki z roztworem B.

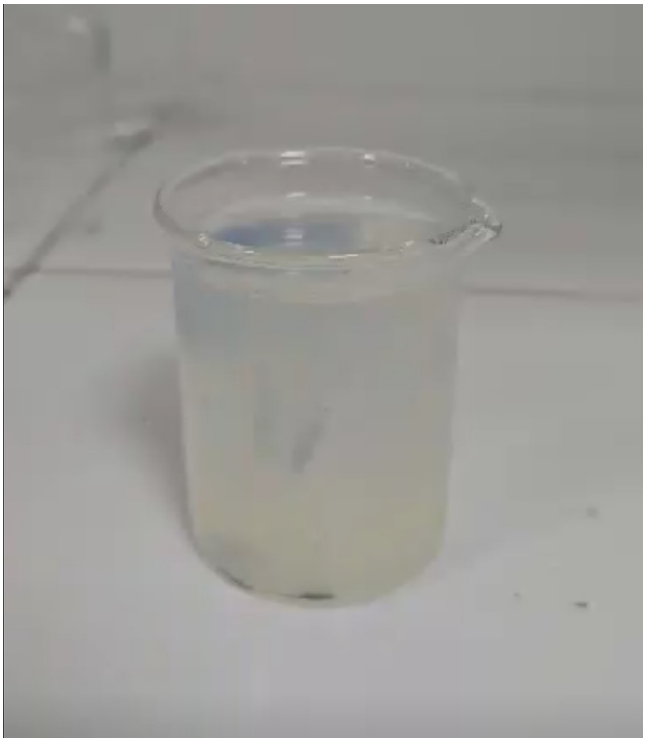
OBSERWACJE I WYNIKI

Po dolaniu zawartości zlewki A do zlewki B nie zauważono żadnych widocznych objawów reakcji w każdej z prób. Natomiast w próbie:

1) po 90 sekundach mieszanina natychmiast zmieniła zabarwienie z przezroczystego do granatowego.
2) po 50 sekundach mieszanina natychmiast zmieniła zabarwienie z przezroczystego do granatowego.
3) po 180 sekundach mieszanina natychmiast zmieniła zabarwienie z przezroczystego do granatowego.
4) po 30 sekundach mieszanina natychmiast zmieniła zabarwienie z przezroczystego do granatowego.

Granatowe zabarwienie mieszanin w każdej z prób wskazuje na obecność jonów I_3^-.

Po czasie kilku godzin w każdej z prób wydzielił się granatowy osad (jony I_3^- oraz mąka kukurydziana). Roztwór nad osadem jest bezbarwny.



Fot. 3. Mieszanina roztworów A i B (M. Jakubczyk, M. Wittych)
Photo 3. The mixture of solutions A and B (M. Jakubczyk, M. Wittych)

Fot. 4. Proces zmiany koloru mieszaniny na granatowo (Fot. M. Jakubczyk, M. Wittych)
Photo 4. The process of changing the mixture's colour to navy blue (M. Jakubczyk, M. Wittych)

Fot. 5. Mieszanina roztworów A i B po zabarwieniu na granatowo (M. Jakubczyk, M. Wittych)
Photo 5. The mixture of solutions A and B after changing its colour to navy blue (M. Jakubczyk, M. Wittych)

WNIOSKI

1. Dodanie do siebie roztworów A i B nie wykazuje natychmiastowych objawów reakcji.
2. Woda utleniona H_2O_2 inicjuje reakcję powstawania jodu I_2, natomiast kwas askorbinowy odwraca reakcję powstawania cząsteczek jodu I_2, co powoduje brak objawów reakcji.
3. W mieszaninie po czasie powstają jony I_3-, na co wskazuje zabarwienie roztworu na granatowo.
4. Większa ilość wody utlenionej przyspiesza reakcję.
5. Większa ilość witaminy C (kwasu askorbinowego) spowalnia reakcję.
6. Wyższa temperatura przyspiesza reakcję.

LITERATURA

Litwin M., Styka-Wlazło Sz., Szymońska J., 2021. To jest chemia 2. Zakres rozszerzony., Nowa Era

Reaction Kinetics: The Iodine Clock Reaction, Bellevue College | Chemistry 162 Lab Manua https://www.bellevuecollege.edu/wp-content/uploads/sites/140/2014/06/Kinetics_Iodine_Clock_Rxn_Reportsheets.pdf

Wright, Stephen W. The Vitamin C Clock Reaction; J. Chem. Educ. 2002, 79, 41-43 https://diverdi.colostate.edu/$C_4$31/experiments/simultaneous%20spectroscopy%20and%20electrochemistry/references/j_chem_ed_2002_v79_p40a.pdf

NETOGRAFIA

https://pl.wikipedia.org/wiki/Jod
https://pl.wikipedia.org/wiki/P%C_5%82yn_Lugola
https://pl.wikipedia.org/wiki/Kwas_askorbinowy
https://en.wikipedia.org/wiki/Iodine_clock_reaction
https://www.youtube.com/watch?v=0PoqIyh9FG_4

STRESZCZENIE

Jod należy do 17 grupy – fluorowców. Jest niemetalem, posiada właściwości silnie kwasowe. W warunkach standardowych występuje w postaci granatowej substancji krystalicznej. Jest trudno rozpuszczalny w wodzie, natomiast łatwo rozpuszczalny w płynie Lugola. Płyn Lugola jest wodnym roztworem jodu w jodku potasu o brunatnym kolorze. Ma działanie antyseptyczne. Skrobia jest polisacharydem złożonym wyłącznie z cząsteczek glukozy. Tworzą ją: amyloza (ok. 20% skrobi) i amylopektyna (główny składnik skrobi). To substancja stała, biała, bezwonna, słabo rozpuszcza się w wodzie zimnej, natomiast w gorącej pęcznieje. Ulega hydrolizie; jest trawiona przez człowieka. Kwas askorbinowy (witamina C) jest nienasyconym alkoholem polihydroksylowym. Stanowi kluczowy element funkcjonowania organizmów.

Reakcja zegarowa jodu porusza kwestię kinetyki chemicznej (szybkości zajścia reakcji). Istnieje w kilku odmianach, z których każda obejmuje odmiany jodu (anion jodu I-, jod cząsteczkowy I_2) i substraty spowalniające reakcję w obecności skrobi i wody utlenionej H_2O_2. Dwa bezbarwne roztwory są mieszane i początkowo nie ma widocznych objawów reakcji. Po krótkim czasie mieszanina nagle zmienia zabarwienie na granatowe. W zależności od proporcji oraz temperatury w jakich wykona się roztwory zmienia się szybkość zajścia (kinetyka) reakcji.

Celem doświadczenia jest zbadanie kinetyki reakcji redoks jodu oraz zbadanie właściwości kwasu askorbinowego $C_6H_8O_6$ jako utleniacza i wody utlenionej H_2O_2 jako reduktora/inicjatora wobec tej reakcji.

W pracy wykorzystano dwa roztwory (A i B). Do przygotowania roztworu A wykorzystano kwas askorbinowy, wodę destylowaną oraz 5-procentowy roztwór płynu Lugola. Do przygotowania roztworu B wykorzystano mąkę kukurydzianą, wodę destylowaną

oraz wodę utlenioną. Dodanie do siebie roztworów A i B nie wykazuje objawów reakcji, jednak po krótkim czasie mieszanina zmienia zabarwienie z przezroczystego do granatowego.

Woda utleniona H_2O_2 inicjuje reakcję powstawania jodu I_2. Kwas askorbinowy odwraca reakcję powstawania jodu I_2. Po wyczerpaniu kwasu askorbinowego dochodzi do reakcji, w której cząsteczki jodu I_2 oraz aniony jodu I- tworzą jony I_3-, na co wskazuje zabarwienie roztworu na granatowo. Większa ilość wody utlenionej przyspiesza reakcję, większa ilość witaminy C (kwasu askorbinowego) spowalnia reakcję, wyższa temperatura przyspiesza reakcję.