

## Wakuola. Magazyn i kompostownik komórki roślinnej

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium \(WL-I\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Wakuola. Magazyn i kompostownik komórki roślinnej

Wakuola wypełniona jest sokiem komórkowym. Od cytoplazmy oddziela ją pojedyncza błona zwana tonoplastem.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wakuole (od łac. *vacuus* – pusty) to niezwykle dynamiczne i pełniące wiele rozmaitych funkcji pęcherzykowate organelle komórkowe, występujące w komórkach roślin, grzybów i protistów roślinopodobnych. Ich kształt, wymiary oraz zadanie, za które odpowiadają, mogą się szybko zmieniać. Wakuola jest istotnym składnikiem komórki, niezbędnym do jej prawidłowego funkcjonowania i wzrostu. Umożliwia zachowanie homeostazy i odpowiada za reakcje na różne czynniki stresowe.

### Twoje cele

- Omówisz budowę wakuoli, uwzględniając strukturę tonoplastu.
- Przedstawisz znaczenie wakuoli w funkcjonowaniu komórki roślinnej.
- Przeprowadzisz doświadczenie dotyczące wpływu pH środowiska na barwę antocyjanów zawartych w soku komórkowym liści kapusty czerwonej.

# Przeczytaj

---

## Wakuola

Wakuola to organella komórkowa, która ma postać pęcherzyka wypełnionego cieczą, zwaną **sokiem komórkowym** (wakuolarnym). Wakuole są obecne w komórkach roślin, grzybów oraz protistów roślinopodobnych.

Liczba i wielkość wakuoli zależą od wieku komórki, rodzaju tkanki oraz funkcji. W młodych komórkach roślin, np. merystemach pierwotnych, występują liczne drobne wakuole, które wraz z dojrzewaniem i różnicowaniem komórek łączą się ze sobą, tworząc jedną, dużą, z reguły centralnie położoną wakuolę. W zróżnicowanych komórkach roślinnych pojedyncza wakuola może zajmować nawet 90% komórki.

Schemat komórki roślinnej.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wyróżnia się dwa typy wakuol:

- wakuole gromadzące materiały zapasowe;
- wakuole lityczne – funkcjonalne odpowiedniki lizosomów komórki zwierzęcej.

## Tonoplast (błona wakuolarna)

Wakuole oddzielone są od cytoplazmy pojedynczą błoną białkowo-lipidową, zwaną tonoplastem. Stanowi ona żywy (plazmatyczny) składnik, w przeciwieństwie do

wypełniającego wnętrze wakuoli soku. Tonoplast jest bardzo elastyczny – udaje się go rozciągnąć nawet o 90%.

Grubość błony wakuoli (tonoplastu) jest zbliżona do grubości błon wewnątrzkomórkowych i wynosi od 8 do 12 nm. Podobieństwo to wynika z faktu, że wakuole powstają z:

- drobnych pęcherzyków – prawakuoli, odrywających się od błon gładkiego retikulum endoplazmatycznego;
- pęcherzyków aparatu Golgiego;
- innych, większych wakuoli w wyniku rozpadu na mniejsze (tak powstają m.in. w komórkach przyszparkowych aparatów szparkowych liści).

W selektywnie przepuszczalnym tonoplaście znajdują się liczne białka transbłonowe, tworzące kanały dla jonów i wody.

Szybki transport wody umożliwiają transbłonowe kanały wodne – [akwaporyny](#), których obecność pozwala wakuoli uczestniczyć w regulacji gospodarki wodnej i utrzymaniu [turgoru](#) (jędrności) komórki.

Akwaporyny są białkami transbłonowymi zbudowanymi z sześciu połączonych ze sobą helis. Występują w błonach biologicznych komórek eukariotycznych i prokariotycznych. Na przykład w korzeniu rzodkwi stanowią 30–50% wszystkich białek transbłonowych.

Białka transbłonowe umożliwiają także wymianę jonów nieorganicznych między sokiem a cytozolem oraz transport protonów.

## Składniki soku komórkowego

Wnętrze wakuoli wypełnia sok komórkowy, stanowiący wodny roztwór związków organicznych i nieorganicznych, rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych w wodzie. Jego skład nie jest stały i zmienia się w ciągu życia komórki.

Więcej na ten temat znajdziesz w e-materiale pt. [Różnorodność składu soku komórkowego roślin i jego znaczenie.](#)

## Funkcje wakuol

### Wakuola jako przedział lityczny

Wakuole gromadzą enzymy hydrolityczne i utleniające, takie jak hydrolazy, esterazy i peroksydazy, wykorzystywane w procesach trawienia wewnątrzkomórkowego i zewnątrzkomórkowego.

### Wakuola jako przedział spichrzowy

Sok komórkowy wypełniający wakuolę zawiera barwniki, m.in. antocyjany, flawonoidy i betalainy, które nadają barwę organom roślinnym. W ten sposób przybawiają zwierzęta i uczestniczą w rozmnażaniu roślin, tj. zapylaniu oraz rozprzestrzenianiu nasion.

W wakuoli znajdują się również jony nieorganiczne:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ . Nie są one zdeponowane w wakuoli na stałe, ponieważ podlegają wymianie z cytozolem. Wiele z nich odgrywa rolę w przekazywaniu sygnałów, tworzeniu gradientów protonowych i utrzymywaniu potencjałów elektrycznych w poprzek błony.

Ponadto wakuole zawierają sacharydy, kwasy organiczne i aminokwasy.

## Wakuola jako przedział obronny i sygnałowy

Wiele gatunków roślin produkuje i gromadzi gorzkie, trujące substancje, które chronią rośliny przed zjedzeniem przez roślinożerców. Składniki te są toksyczne dla zwierząt, ale również dla roślin, które je produkują, stąd magazynowane są w wakuolach.

Niektóre z tych związków, np. flawonoidy i kumaryny, chronią rośliny przed szkodliwym działaniem UV, inne zaś mają właściwości bakteriobójcze i grzybobójcze.

Niektóre związki gromadzone w wakuolach biorą udział w szlakach sygnałowych, tzn. biorą udział w przekazywaniu informacji endogennej (wewnętrznej) bądź pochodzącej ze środowiska zewnętrznego.

Do substancji obronnych i sygnałowych zawartych w wakuolach należą:

- żywice fenolowe (antocyjany, [glikozydy](#), kwas szikimowy);
- terpenoidy (saponiny);
- oligosacharydy;
- związki azotowe;
- alkaloidy (atropina, nikotyna);
- produkty naturalne (berberyna, betaina, kapsaicyna, kodeina, morfina);
- poliamidy;
- białka obronne (inhibitory proteaz, chitynaza).

## Wakuola jako miejsce biosyntezy

Tonoplast oraz składniki soku komórkowego mogą uczestniczyć w niektórych etapach szlaków biosyntezy:

- etylenu;
- sacharydów;
- alkaloidów.

## Wakuola a utrzymanie turgoru komórki

Wakuole zajmują ponad połowę objętości komórki, a w niektórych tkankach nawet do 90%. Wzrost objętości komórki jest przede wszystkim efektem powiększenia wakuoli, które zachodzi wskutek wzrostu objętości soku komórkowego.

Półprzepuszczalne właściwości tonoplastu oraz obecność w soku komórkowym związków osmotycznie czynnych sprawiają, że wakuola jest główną organellą uczestniczącą w regulacji gospodarki wodnej komórki. Wakuole utrzymują właściwy stopień uwodnienia i turgor komórki, nadając jej kształt i sztywność.

Więcej na ten temat znajdziesz w e-materiale pt. *Rola błony komórkowej i tonoplastu w regulacji bilansu wodnego komórki*.

## Wakuole w regulacji stężenia jonów nieorganicznych

Wakuole aktywnie akumulują jony nieorganiczne, m.in. azotany i jony wapnia, które w razie potrzeby dostarczają do cytozolu. Często substancje roślinne zostają zdeponowane w wakuoli na stałe, np. duże ilości wapnia gromadzone są pod postacią kryształów szczawianu wapnia – druz i rafidów. Z tego powodu wakuola jest określana jako „kompostownik komórki”.

## Wakuola w apoptozie

Wakuole pośredniczą w śmierci komórek [endokarpium](#) i komórek [warstwy aleuronowej](#). Kluczową rolę w apoptozie komórek roślinnych odgrywa wakuolarny enzym przetwarzający, który zlokalizowany jest w wakuoli.

### Słownik

#### akwaporyny

białka transbłonowe służące do szybkiego transportu wody

#### endokarpium (endokarp)

(gr. *éndon* – wewnątrz, *karpós* – owoc) wewnętrzna warstwa owocni wyróżniająca się strukturą komórkową, rozwijająca się z epidermy owocolistka wyścielającej komorę zalążni

#### glikozydy

związki monosacharydów i alkoholu; charakteryzują się gorzkim smakiem lub specyficznym zapachem; występują we wszystkich organach roślinnych

#### warstwa aleuronowa

(gr. *áleuron* – mąka) komórki tworzące zewnętrzną warstwę bielma w nasionach traw, zawierające ziarna aleuronowe i skrobię

#### tonoplast

białkowo-lipidowa, półprzepuszczalna, pojedyncza błona wakuoli, oddzielająca jej zawartość od cytozolu komórki; stanowi jej plazmatyczny składnik

#### turgor (ciśnienie)

stan jądrości komórki roślinnej

# Wirtualne laboratorium (WL-I)

---

## **Laboratorium 1**

Przeprowadź doświadczenie w laboratorium biologicznym w celu zbadania wpływu pH środowiska na barwę antocyjanów. Zapisz wyniki oraz wnioski.

**Temat:** Badanie wpływu pH środowiska na barwę antocyjanów zawartych w soku komórkowym liści kapusty czerwonej

### **Problem badawczy:**

Jak zmienia się barwa antocyjanów w zależności od pH środowiska?

### **Hipoteza 1**

W kwaśnym pH antocyjany zmieniają barwę na czerwonopomarańczową, a w środowisku zasadowym – na zielononiebieską.

### **Hipoteza 2**

W zasadowym pH antocyjany zmieniają barwę na czerwonopomarańczową, a w środowisku kwaśnym – na zielononiebieską.

### **Materiał biologiczny:**

- 10 g liści czerwonej kapusty

### **Sprzęt laboratoryjny:**

- bagietka szklana
- 5 zlewek

### **Odczynniki:**

- woda




- ocet (10-procentowy kwas octowy)
- soda oczyszczona
- kwas solny
- amoniak

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Polecenie 1

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



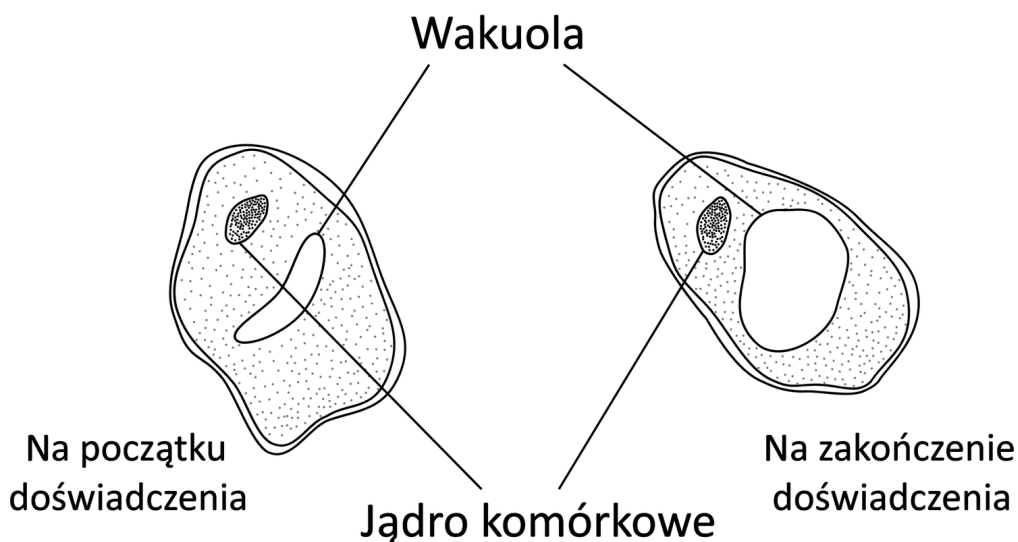
Ćwiczenie 5



## Ćwiczenie 6



W celu zbadania właściwości tonoplastu fragment liścia moczarki kanadyjskiej umieszczono na szkiełku mikroskopowym w kropli wody destylowanej. Pod mikroskopem obserwowano zmiany objętości wakuoli w komórkach liścia rośliny. Wyniki obserwacji przedstawiono graficznie.



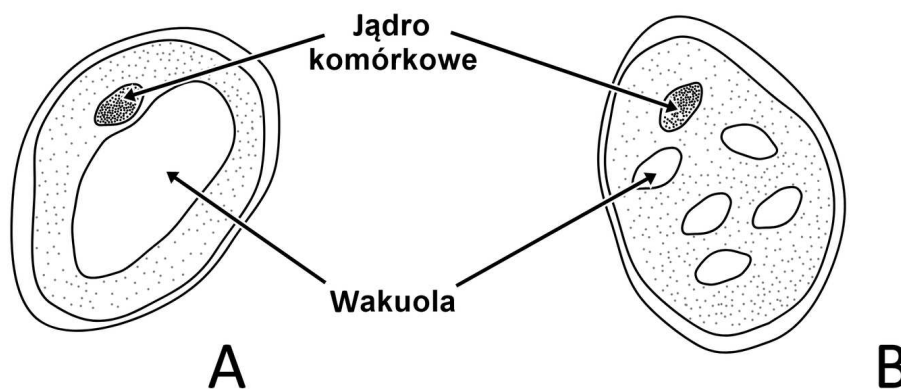
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Zaznacz hipotezę, która była weryfikowana w tym doświadczeniu.

## Ćwiczenie 7



Na rysunku przedstawiono dwie komórki roślinne (A i B), pochodzące z dwóch różnych tkanek.



Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Ćwiczenie 8



Owoce borówki czarnej (*Vaccinium myrtillus*).

Źródło: MrGajowy3, Pixabay, domena publiczna.

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Anna Juwan

**Przedmiot:** Biologia

**Temat:** Wakuola. Magazyn i kompostownik komórki roślinnej

**Grupa docelowa:** uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

**Podstawa programowa:**

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

II. Komórka. Uczeń:

7) przedstawia błony wewnątrzkomórkowe jako zintegrowany system strukturalno-funkcjonalny oraz określa jego rolę w kompartmentacji komórki;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

II. Komórka. Uczeń:

7) przedstawia błony wewnątrzkomórkowe jako zintegrowany system strukturalno-funkcjonalny oraz określa jego rolę w kompartmentacji komórki;

11) przedstawia znaczenie wakuoli w funkcjonowaniu komórki roślinnej;

**Kształtowane kompetencje kluczowe:**

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

**Cele operacyjne (językiem ucznia):**

- Omówisz budowę wakuoli, uwzględniając strukturę tonoplastu.
- Przedstawisz znaczenie wakuoli w funkcjonowaniu komórki roślinnej.
- Przeprowadzisz doświadczenie dotyczące wpływu pH środowiska na barwę antocyjanów zawartych w soku komórkowym liści kapusty czerwonej.

## **Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

## **Metody i techniki nauczania:**

- odwrócona klasa;
- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- ćwiczenia laboratoryjne;
- gwiazda pytań;
- mapa myśli.

## **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

## **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

## **Przed lekcją:**

1. Uczniowie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj”.

## **Przebieg lekcji**

### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel prosi uczniów, by w nawiązaniu do określeń zawartych w temacie lekcji („magazyn” i „kompostownik”) wskazali, jakie funkcje pełni w komórce wakuola.

### **Faza realizacyjna:**

1. **Praca z multimedium („Wirtualne laboratorium (WL-I)”)**. Uczniowie przeprowadzają doświadczenie w wirtualnym laboratorium dotyczące wpływu pH środowiska na barwę antocyjanów zawartych w soku komórkowym liści kapusty czerwonej. Zapisują wyniki

oraz wnioski. Następnie wykonują polecenie nr 1: „Wyjaśnij, czy skonstruowana w laboratorium próba kontrolna jest kontrolą pozytywną czy negatywną”. Wybrane osoby przedstawiają swoje rozwiązania na forum klasy.

2. **Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy. Każdy zespół otrzymuje arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy. Zadaniem uczniów jest umieszczenie na ramionach gwiazdy pięciu pytań dotyczących budowy wakuoli. Każdy zespół po napisaniu pytań przekazuje gwiazdę innej grupie, zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara. Teraz zadaniem uczniów jest udzielenie odpowiedzi na zadane pytania na podstawie wiadomości znajdujących się w e-materiale.

Uczniowie swoje odpowiedzi zapisują na otrzymanym arkuszu papieru A3. Po upływie wyznaczonego czasu grupy prezentują swoje gwiazdy. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje, wyjaśnia wątpliwości.

3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie określić, która z przedstawionych na schemacie komórek to komórka dojrzała, a która młoda) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie w 4-osobowych grupach omawiają prawidłowe rozwiązanie. Po upływie wyznaczonego czasu wskazany przez nauczyciela przedstawiciel grupy prezentuje odpowiedź wraz z jej uzasadnieniem. Klasa ustosunkowuje się do niej. Nauczyciel udziela uczniom informacji zwrotnej.

#### **Faza podsumowująca:**

1. Klasa wspólnie wykonuje mapę myśli podsumowującą zajęcia.
2. Nauczyciel wyświetla temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”, podsumowuje omawiany na lekcji materiał, wyjaśnia wątpliwości uczniów.

#### **Praca domowa:**

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 6 oraz 8 z sekcji „Sprawdź się”.

#### **Materiały pomocnicze:**

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

#### **Dodatkowe wskazówki metodyczne:**

- Nauczyciel może wykorzystać medium zamieszczone w sekcji „Wirtualne laboratorium (WL-I)” do podsumowania lekcji.