

### [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)  
[.net](#)  
[Innowacje](#)  
[Nauka](#)  
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Artykuły](#)

## Barwniki naturalne - teoria i praktyczne zastosowanie

Barwniki są substancjami chemicznymi, które wykazują absorpcję promieniowania widzialnego, w wyniku czego barwią się na różne kolory. Możliwość absorpcji promieniowania widzialnego wynika z ich budowy, a raczej z obecności odpowiednich grup funkcyjnych w ich strukturze. Barwniki klasyfikuje się według różnych kryteriów, takich jak pochodzenie, rozpuszczalność, oraz barwa. Ze względu na pochodzenie można rozróżnić barwniki naturalne, **barwniki** identyczne z naturalnymi, syntetyczne organiczne i nieorganiczne substancje barwiące. Barwniki naturalne są pochodzenia roślinnego oraz zwierzęcego. Stosowane w przemyśle barwniki naturalne otrzymywane są głównie przez ekstrakcję surowców roślinnych, takich jak liście, kwiaty, korzenie, czy owoce oraz ze zwierzęcych tkanek i krwi. Wyizolowane preparaty barwiące można podzielić w zależności od

struktury na karotenoidy, chlorofile, antocyjany, czy betainy. Naturalnymi barwnikami spożywczymi są również substancje barwne niewystępujące w świeżych produktach, ale powstające w wyniku przemian i interakcji bezbarwnych składników żywności, w czasie procesów technologicznych lub przygotowywania posiłków, jak na przykład karmel (E150).

Barwą nazywamy efekt neurofizjologiczny (wrażenie wzrokowe) wywołany przez promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu widzialnego o określonej długości fali. Jeśli do oka dociera światło monochromatyczne o pewnej określonej częstotliwości z powyższego zakresu, wówczas odbieramy wrażenie barwne odpowiadające czystej barwie widmowej, zwanej również barwą prostą. W widmie światła białego wyróżniamy siedem barw prostych: czerwoną, pomarańczową, żółtą, zieloną, niebieską, błękitną i fioletową oraz kilka barw pośrednich. Jeśli do oka dochodzi promieniowanie elektromagnetyczne będące mieszaniną fal o różnych długościach i różnym natężeniu, oko odbiera je jako pewien wypadkowy bodziec, zwany barwą złożoną (mieszaną). Barwy mieszane ulegają rozszczepieniu w pryzmacie na wiązki promieniowania monochromatycznego. Większość barw złożonych wywołuje takie samo wrażenie wzrokowe, jak pewne „czyste” częstotliwości z widma światła białego, wyjątek stanowią barwy purpurowe, które nie odpowiadają żadnym pojedynczym długościom fali. W przypadku powstawania barw złożonych jako efektu nałożenia się promieniowania o kilku długościach, mówimy o addytywnym mieszaniu (powstawaniu) barw. Promieniowania złożone o takim składzie i takich stosunkach natężeń, jakie występują w świetle słonecznym wywołuje wrażenia światła białego. Wystarczy jednak usunąć z widma którąkolwiek z częstotliwości lub zmienić stosunek natężeń, by zamiast światła białego otrzymać wrażenia barwne. Sposób wywoływania barw poprzez usuwanie pewnych składników padającego promieniowania nazywamy substraktywnym. Na przykład usunięcie z widma promieniowania białego fal o częstotliwościach odpowiadających barwie żółtej wywoła wystąpienie barwy niebieskiej. Takie pary barw, które w sumie dają wrażenia światła białego nazywamy barwami dopełniającymi (często jedną z pary nazywa się barwą zasadniczą, drugą zaś dopełniającą) (Tab. 1).

Tabela 1. Zestawienie par barw zasadniczych i dopełniających.

Barwa zasadnicza	Długość fali	Barwa dopełniająca	Długość fali
Czerwona	620-700 nm	Niebieskozielona	493-495 nm
Pomarańczowoczerwona	600-620 nm	Niebieskozielona	490-493 nm
Pomarańczowa	590-600 nm	Niebieska	486-490 nm
Żółtopomarańczowa	575-590 nm	Błękitna i niebieska	470-486 nm
Żółta	570-575 nm	Fioletowa i indygo	400-470 nm
Zielonożółta	560-570 nm	Purpurowofioletowa	-
Zielona	495-560 nm	Czerwonopurpurowa	-
Niebieskozielona	490-495 nm	Pomarańczowoczerwona i czerwona	600-700 nm
Niebieska	480-490 nm	Żółtopomarańczowa i pomarańczowa	580-600 nm
Błękitna	470-480 nm	Żółtopomarańczowa	575-580 nm
Indygo	440-470 nm	Żółta	572-575 nm
Fioletowa	400-440 nm	Żółta	570-572 nm

Efekt koloru dowolnego ciała lub ośrodka nie świecącego polega na wywoływaniu wrażenia barwy pod wpływem promieniowania oświetlającego. Zabarwienie ciał jest wynikiem różnorodnych procesów fizycznych. Najważniejszym jest selektywne pochłanianie. W najprostszym przypadku

zjawisko to obserwuje się przy przechodzeniu światła przez ośrodek pochłaniający promieniowanie o pewnych długościach fali, odpowiadających określonym obszarom widma. Barwa takiego ciała jest wrażeniem będącym efektem złożenia tych wszystkich części widma widzialnego, które nie uległy pochłonięciu przez ośrodek. Taki typ zabarwienia wykazuje kolorowe szkło. Pochłanianie selektywne jest również przyczyną zabarwienia ciał rozpraszających. W tym przypadku światło padające na obiekt wnika w niego na pewną głębokość, ulegając pochłanianiu w pewnym obszarze widma, i następnie wychodzi z powrotem jako światło rozproszone o zmienionym składzie widmowym. Efekt taki obserwuje się w przypadku liści czy też powierzchni pokrytych farbą.

Innym procesem fizycznym jest selektywne odbicie. Efekt ten występuje wtedy gdy selektywne pochłanianie staje się bardzo silnie. Zdolność odbijająca jest wówczas największa dla promieniowania o tej długości fali, która ulega najsilniejszemu pochłanianiu. Należy zwrócić uwagę, iż w tym przypadku barwa w świetle przechodzącym jest inna niż w odbitym i mają się one do siebie na ogół jak barwy dopełniające. Zabarwienie na skutek selektywnego odbicia wykazują przede wszystkim metale.

Należy również powiedzieć o rozproszeniu światła na skutek niejednorodności ośrodka. W przypadku gdy rozmiary niejednorodności są porównywalne z długością fali, obserwuje się zabarwienie wynikające z różnic w rozpraszaniu promieniowania. Najsilniej rozpraszane są fale najkrótsze (tj. niebieskie i fioletowe), natomiast najsłabiej najdłuższe (czerwone). Rozpraszanie jest efektem błękitnego zabarwienia nieba. Zabarwienie na skutek interferencji obserwowane jest głównie przy odbiciu wiązki światła od dwóch powierzchni ograniczających cienką, przezroczystą warstwę przy czym dla danego kąta padania i danej grubości warstwy w świetle odbitym wygaszone zostają te barwy, dla których różnice dróg optycznych wynoszą nieparzystą wielokrotność połowy długości fali.

## **Pomiary fotokolorymetryczne**

Absorpcja światła widzialnego przez różne materiały jest uwarunkowana pochłanianiem kwantów promieniowania przez dane cząsteczki. Energia fotonów światła widzialnego (Vis) i ultrafioletowego (UV) zużywana jest do wzbudzenia stanów elektronowych molekuł. Energia potrzebna na wzbudzenie elektronów należących do różnych typów atomów lub wiązań w cząsteczce jest różna, zatem przez różne związki absorbowane są różne długości fali. Najwyższa energia potrzebna jest do wzbudzenia elektronów walencyjnych tworzących wiązanie pojedyncze i odpowiada promieniowaniu z zakresu dalekiego ultrafioletu, mniejsza zaś na wzbudzenie elektronów wiązań podwójnych oraz elektronów orbitali d-elektronowych jonów metali. Atomy i grupy funkcyjne odpowiedzialne za absorpcje światła, a tym samym nadawanie materii barwy nazywamy chromoforami. Są to najczęściej wiązania podwójne pomiędzy atomami węgla, węgla i azotu, tlenu i siarki, grupy nitrowe oraz całe układy aromatyczne. Silną absorpcję światła widzialnego wykazują także niektóre jony metali d- i f-elektronowe. Jeśli dwa lub więcej układów chromoforowych występuje w bezpośrednim sąsiedztwie, dochodzi pomiędzy nimi do sprzężenia, czego efektem jest przesunięcie pasma absorpcji w stronę fal dłuższych.

Wiele grup funkcyjnych przyłączonych do chromoforu lub sprzężonego układu chromoforów powoduje zmianę długości fali absorbowanej przez związek oraz intensywności tej absorpcji. Podstawniki takie nazywamy auksochromami (halogeny, grupy hydroksylowe i aminowe). Efekt ten polega na oddziaływaniu podstawnika z elektronami chromoforu, skutkiem czego są zmiany energii potrzebnych na ich wzbudzenie. Zmiany podobne jak na skutek działania auksochromów obserwuje się często pod wpływem rozpuszczalnika.

W przypadku gdy zmiana położenia pasma absorpcji następuje w stronę większych długości fali

(mniejszych częstości) mówimy o przesunięciu batochromowym (przesunięcie ku czerwieni), jeśli w stronę przeciwną, to mówimy o przesunięciu hipsochromowym (przesunięcie w stronę fioletu). Zwiększenie intensywności pasma absorpcji pod wpływem podstawnika lub rozpuszczalnika nazywamy efektem hiperchromowym, zaś zmniejszenie nazywamy efektem hipochromowym.

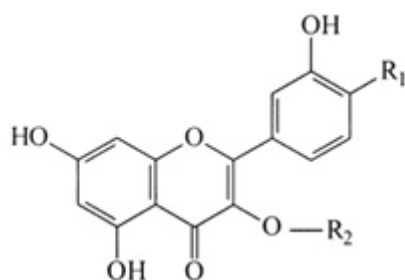
Podstawą fotokolorymetrii jest prawo Berra, obowiązujące dla roztworów gazowych, ciekłych i stałych o niezbyt dużym stężeniu. Stwierdza ono, że natężenie światła monochromatycznego ( $I$ ), przechodzącego przez warstwę pochłaniającą o grubości ( $l$ ) i o stężeniu substancji pochłaniającej promieniowania wynoszącym ( $c$ ), maleje wykładniczo. Logarytm naturalny ze stosunku natężeń wiązki padającej do przechodzącej przez ośrodek nazywamy absorbcją ( $A$ ).

## Flawonoidy

Flawonoidy stanowią ogromną grupę barwników roślinnych o strukturze, w skład której wchodzi dwa pierścienie fenyłowe połączone trówęglowym mostkiem w większości przypadków tworzącym pierścień zawierający heteroatom tlenu. Związki z tej grupy są nadzwyczaj szeroko rozpowszechnione wśród roślin, szczególnie wśród roślin kwiatowych. Stosunkowo rzadko spotyka się je w tkankach roślin zarodnikowych i bakterii.

Związki flawonoidowe są głównymi barwnikami kwiatów i owoców (czasami również innych części rośliny) [1,2]. Mają zabarwienie od kremowożółtego do niebieskiego, niektóre zaś są bezbarwne i pełnią inne funkcje fizjologiczne. Dzielone są na kilka zasadniczych klas, w zależności od charakteru mostka trówęglowego. Zmienność w obrębie każdej z klas wynika z ilości i lokalizacji w cząsteczce grup hydroksylowych, możliwości tworzenia przez nie połączeń eterowych (najczęściej z alkoholem metylowym), estrowych oraz miejsca przyłączenia i charakteru grup glikozydowych (Rys. 1).

Flawonoidy mogą być zarówno mono- jak i poliglikozydami, zawierającymi reszty jedno- jak i oligosacharydowe (największe bogactwo pochodnych cukrowych wykazuje kwercetyna, ponad osiemdziesiąt związków).



Flavonol	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
Rutin	OH	Rutinose
Quercitrin	OH	Rhamnose
Quercetin	OH	H
Kaempferol	H	H
Isorhamnetin	OCH <sub>3</sub>	H

Rysunek 1. Struktura flawonoidu z przykładami związków różniących się podstawnikami R<sub>1</sub> i R<sub>2</sub> [3].

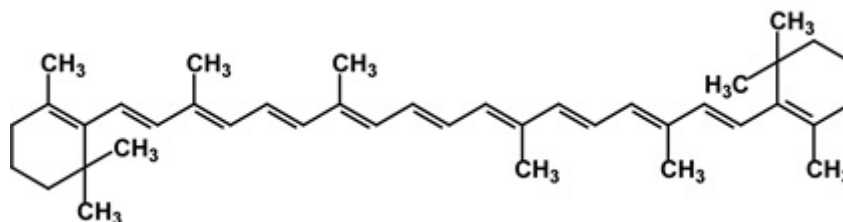
Obecnie obowiązujący podział flawonoidów obejmuje flawanony, flawony, flawonole, izoflawony,

antocyjaniany, katechiny i biflawony (biflawonoidy).

## Karotenoidy

Związki z tej grupy są pochodnymi rozgałęzionych węglowodorów zawierających czterdzieści atomów węgla, zwanych tetraterpenami. Obecność w ich cząsteczkach wielu sprzężonych ze sobą wiązań podwójnych jest przyczyną intensywnej barwy tych układów. Wiązania podwójne występują prawie wyłącznie w konfiguracji *trans*. Barwniki z tej grupy są bardzo rozpowszechnione w świecie roślinnym. Barwniki te dzieli się na węglowodory zwane karotenami oraz ich pochodne tlenowe (alkohole, ketony, aldehydy, kwasy, epoksydy), innymi słowy ksantofile. Różnorodność wzrasta dodatkowo na skutek możliwości tworzenia przez karotenoidy zawierające grupy hydroksylowe lub karboksylowe, estrów z naturalnymi kwasami i alkoholami. Dodatkowo istnieje możliwość tworzenia się, na skutek różnorodnych procesów metabolicznych, karotenowców o krótszych łańcuchach jak również elongacja cząsteczki (do 50 atomów węgla).

Karotenowce występują zarówno u roślin wyższych, glonów, sinic i bakterii jak również w tkankach niektórych, niezdolnych do fotosyntezy, grzybów [4,5]. W komórkach roślinnych zlokalizowane są głównie z chloro- jak i chromoplastach. W procesie fotosyntezy odpowiedzialne są za pochłanianie energii świetlnej niesionej przez kwanty promieniowania widzialnego odpowiadające długościom fal nie absorbowanych przez chlorofile. Pełnią ponadto funkcje ochronne, selektywnie pochłaniając niepożądane częstotliwości fal świetlnych. Są prekursorami hormonów roślinnych i naturalnych substancji zapachowych. Są one związkami macierzystymi z których powstaje witamina A. Wchodzą również w skład błon komórkowych gdzie pełnią funkcje antyoksydantów. Mają barwy od czerwonej do żółtej czasami o odcieniu brązowozielonym. Barwniki z tej grupy nadają kolor wielu owocom (cytrusy, truskawki, papryka, pomidory), liściom (ich kolor jest zazwyczaj maskowany przez chlorofile, uwidacznia się jednak często, np. jesienią, kiedy to barwnik zielony ulega rozkładowi), kwiatom (narcyzy) oraz niektórym zwierzętom (pióra kanarka, wiele owadów, tkanki łososia). Głównymi przedstawicielami karotenów są  $\beta$ -,  $\alpha$ - i  $\gamma$ -karoten, przy czym izomer  $\beta$ - stanowi 75-80% ogółu karotenów roślinnych i jest zarazem głównym prekursorem witaminy A (Rys. 2).



Rysunek 2. Struktura  $\beta$ -karotenu [6].

Cząsteczki wyżej wymienionych związków zawierają fragmenty cykliczne. Znane są także karoteny otwartołańcuchowe. Przykładem może być neurosporen izolowany z grzybów i likopen występujący w pomidorach i papryce. Cząsteczki zawierające tylko jeden pierścień bądź nie zawierające go wcale są na ogół produktami pośrednimi na drodze syntezy związków o dwóch pierścieniach w molekułe. Ksantofile są pochodnymi karotenów zawierają, zazwyczaj umieszczone symetrycznie, grupy alkoholowe, karboksylowe, aldehydowe, ketonowe i epoksydowe. Występują, obok

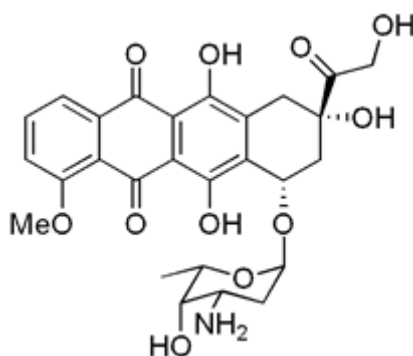


żelaza(III) (tzw. ferrihem). Barwniki te wchodzą w skład licznych chemoprotein, odpowiedzialnych za transport tlenu (hemoglobina), jego magazynowanie w tkankach (mioglobina), transport elektronów (cytochromy) oraz pełniących funkcje enzymatyczne (katalazy, peroksydazy). Mają one zabarwienie czerwone lub brunatnoczerwone. Fragment porfirynowy jest związany z białkiem bądź poprzez wiązania koordynacyjne, bądź kowalencyjne (poprzez podstawniki winylowe).

**Barwniki pirolowe** występują w organizmach roślinnych (fikobiliny) i zwierzęcych (bilany). Związki z tej grupy zawierają, podobnie jak porfiryny, cztery pierścienie pirolowe, z tym że w tym wypadku nie tworzą one struktury cyklicznej. Mają zabarwienie od żółtobrunatnego poprzez pomarańczowe do czerwono-fioletowego i niebieskiego. Fikobiliny pełnią funkcje barwników asymilacyjnych, absorbując światło w zakresie długości fali nie pochłanianych przez chlorofile (tzw. barwniki wspomagające). W zależności od barwy kompleksu białkowo-fikobilinowego rozróżnia się fikocyjaniny (niebieskofioletowe) i fikoerytryny (czerwone). Fikobiliny roślin wyższych to tzw. fitochromy. Są one, podobnie jak u roślin niższych, połączone z fragmentem białkowym. Kompleksy te uczestniczą w wielu procesach fizjologicznych regulowanych przez światło, regulują ekspresję genów, syntezę i aktywność enzymów oraz szybkość metabolizmu. Chromofor fitochromów występuje w dwóch formach, różniących się widmem absorpcyjnym i ulegających wzajemnym przemianom pod wpływem światła oraz specyficznych układów enzymatycznych.

## Barwniki chinonowe

Różnorodna pod względem struktury, biosyntezy i funkcji grupa pigmentów zawierających w cząsteczkach fragment benzo-, nafto-, antro- lub fenantrochinonu, nazywana jest chinonami. Większość z nich występuje w formie glikozydów. Charakteryzują się żółtym, pomarańczowym bądź czerwonym zabarwieniem. Wiele ze związków chinonowych występuje w świecie roślinnym (a także zwierzęcym), pełniąc różnorakie funkcje fizjologiczne nie związane bezpośrednio z ich zabarwieniem. Obok nich izoluje się z roślin wiele innych substancji o nie do końca wyjaśnionej roli biologicznej. Niektóre z nich są barwnikami kwiatów, drewna, liści, korzeni, antybiotykami (adriamycyna) (Rys. 4).



Rysunek 4. Struktura adriamycyny [9].

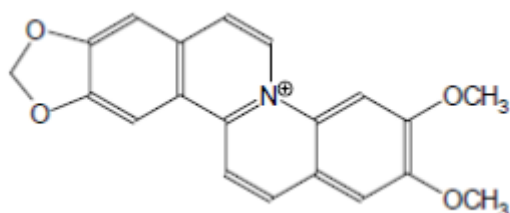
Inne odgrywają dużą rolę w alopatii lub jako toksyny produkowane przez rośliny wyższe i będące substancjami obronnymi przed szkodnikami oraz patogennymi mikroorganizmami, kolejne powstają w mikroorganizmach i służą jako toksyny skierowane przeciwko roślinom i zwierzętom. Wiele substancji chinonowych jest odpowiedzialnych za barwę grzybów wyższych.

## Barwniki diterpenowe

Obok karotenoidów, stanowiących najliczniejszą grupę barwników o charakterze terpenowym znanych jest kilka innych barwników izoprenoidowych, zawierających trzy lub cztery pierścienie zbudowane z dwudziestu atomów węgla. Pigmenty te odznaczają się barwą pomarańczową do ciemnoczerwonej. Większość z nich zawiera w swoich molekułach ugrupowanie chinonowe, jednakże ze względu na drogę biosyntezy zaklasyfikowano je jako odrębną grupę. Substancje te dzieli się na trzy klasy, a mianowicie tanschinony, rojleanony oraz koleony.

## Barwniki alkaloidowe

Alkaloidy stanowią ważną grupę metabolitów roślinnych o różnorodnej budowie i funkcjach fizjologicznych. Niektóre z nich pełnią rolę barwników. Najważniejszymi przykładami są berberyna oraz betaksantyny i betacyjaniny (Rys. 5). Betaksantyny stanowią grupę żółtych barwników. Są pochodnymi aminokwasów alifatycznych, wykazującymi charakter zasad Schiffa.



Rysunek 5. Struktura berberyny.

Do najważniejszych przedstawicieli należy indykaksantyna i wulgaksantyna (barwniki bulwy buraka pastewnej).

## Inne barwniki zwierzęce

Obok opisanych powyżej barwników wchodzących w skład tkanek zwierzęcych wymienić należy jeszcze kilka, należących do mniej licznych, ale zarazem bardzo istotnych grup.

Melaniny należą do heteropolimerów o złożonej i zróżnicowanej budowie. Nadają one kolor włosom, skórze oraz tęczówce. Wywodzą się z tyrozyny. Często zawierają dodatkowe podstawniki, pochodzące z układów terpenoidowych lub pirolowych. W zależności od składu dzielimy je na **feomelanini** - wielkocząsteczkowe produkty polimeryzacji benzotiazyn, kolor czarny i ciemnobrązowy, **trichochromy** - związki podobne do feomelanin, lecz charakteryzujące się mniejszą masą cząsteczkową, **eumelaniny** - produkty kondensacji dopachinonu i dopachromu, kolor żółty do jasnobrązowego oraz **melaniny typu mieszanego**.

## Podsumowanie

Barwniki naturalne pełnią wiele funkcji ważnych dla życia zarówno roślin, jak i zwierząt. Chlorofile i karotenoidy biorą udział w procesie fotosyntezy. Inne barwniki uczestniczą w procesach oksydoredukcyjnych, nadają kolor kwiatom, owocom, liściom. Związki barwne ze względu na swoje

właściwości, takie jak barwa czy aktywność biologiczna, znajdują także szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym, odzieżowym, w lecznictwie i w przemyśle farmaceutycznym.

W komórkach roślinnych barwniki występują rzadko w postaci wolnej, często są związane z cukrami jako glikozydy, rzadziej z białkami. Barwniki, które rozpuszczają się w wodzie (antocyjany, betalainy) znajdują się w soku komórkowym, natomiast te, które rozpuszczają się w tłuszczach występują w plastydach - chlorofil w chloroplastach, a karotenoidy w chromoplastach.

O barwie związku decyduje jego struktura chemiczna. Barwniki stanowią niejednorodną grupę związków pod względem budowy chemicznej. Wyróżnia się wśród barwniki zielone - chlorofile, karotenoidy (karoteny, ksantofile) o zabarwieniu żółtym, pomarańczowym, czerwonym, oraz fioletowym.

Związki zawierające azot to ryboflawina o barwie żółtej, betalainy, a wśród nich betacyjaniny o barwie od czerwonej aż do fioletowej oraz żółto-pomarańczowe betaksantyny. Flawonoidy to barwniki żółte. Antocyjany w zależności od pH odznaczają się barwą czerwoną, fioletową lub niebieską. Chinony, wśród których wyróżnia się antrachinony, naftochinony i benzochinony, to związki o barwie żółtej, pomarańczowej, poprzez czerwoną aż do brunatnej. Innymi ważnymi barwnikami pochodzenia roślinnego są indygo oraz kurkumina.

Przedstawiona paleta barw tworzona przez barwniki naturalne stwarza ogromne możliwości w barwieniu produktów spożywczych, jak i przemysłowych przyjaznych dla zdrowia i środowiska.

**Autor: Karolina Wójciuk**

#### **Literatura:**

1. Kandaswami, C., Middleton, E. Jr., 1994. Free radical scavenging and antioxidant activity of plant flavonoids. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 366:351-76
2. Samman, S., Soto, C., Cooke, L., Ahmad, Z., Farmakalidis, E., 1996. Is erythrocyte alkaline phosphatase activity a marker of zinc status in humans?. *Biol. Trace Elem. Res.*, 51(3), 285-91
3. <http://rozanski.li/?p=52>
4. Isler O., 1971. Carotenoides, Chemical Research Department, Zurich
5. Karrer P., Jucker E., 1948. Carotenoide, Birkhause Verlag
6. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beta-carotene.png>
7. Bojarski J., *Chemia organiczna*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Wydanie VI, Kraków 1999
8. [http://chemfan.pg.gda.pl/Publikacje/Zobaczyc\\_zapach.html](http://chemfan.pg.gda.pl/Publikacje/Zobaczyc_zapach.html)
9. <http://pl.wikipedia.org/wiki/Doksozubicyna>
10. <http://www.czytelniamedyczna.pl/3873,glisnik-jaskolcze-ziele-chelidonium-majus-l-we-wspolczes>

<https://laboratoria.net/artykul/20388.html>

**Informacje dnia:** [Stypendia ministra nauki za znaczące osiągnięcia Doktor z TikToka: fajnie by było, gdyby w sieci to jednak naukowcy mówili o nauce](#) [Kierownik wyprawy polarnej Mikrolasery mogą wykrywać pojedyncze cząsteczki](#) [Duże teleskopy sfotografowały dwie formujące się planety](#) [Bakteriofagi mogą chronić żywność przed salmonellą](#) [Stypendia ministra nauki za znaczące osiągnięcia Doktor z TikToka: fajnie by było, gdyby w sieci to jednak naukowcy mówili o nauce](#) [Kierownik wyprawy polarnej Mikrolasery mogą wykrywać pojedyncze cząsteczki](#) [Duże teleskopy sfotografowały dwie formujące się planety](#) [Bakteriofagi mogą chronić żywność przed salmonellą](#) [Stypendia ministra nauki za znaczące osiągnięcia Doktor z TikToka: fajnie by było, gdyby w sieci to jednak naukowcy mówili o nauce](#) [Kierownik wyprawy polarnej Mikrolasery mogą wykrywać pojedyncze cząsteczki](#) [Duże teleskopy sfotografowały dwie formujące się planety](#) [Bakteriofagi mogą chronić żywność przed salmonellą](#)

## **Partnerzy**