



Kur diabeł, ryba arktyczna
Myoxocephalus scorpius.

Im zimno niestraszne

Życie można spotkać na Ziemi właściwie wszędzie. Bakterie – w kwaśnej wodzie wrzących gejzerów, tatusiów-pingwinów stojących przez parę zimowych miesięcy bez pożywienia, z jajem na nogach, podczas gdy mamusie wybrały się na posiłek w oceanie. Białe niedźwiedzie pluszczące się wokół kry. W tej samej wodzie, często o temperaturze poniżej 0°C, żyją też zimnokrwiste ryby. Dlaczego nie zamarzają wewnątrz?

W ich komórkach istnieje gen kodujący białko, nazwane zgodnie z funkcją *antifreeze protein*, AFP. Kodujący je gen *afp* poprzedza tzw. promotor: fragment DNA, który nie koduje białka AFP, ale steruje jego powstawaniem wtedy, gdy temperatura otoczenia zbliża się do temperatury zamarzania wody. Po pobudzeniu przez niską temperaturę genu *afp* powstaje białko AFP uniemożliwiająca zamarzanie płynów ciała ryby. Do niedawna mechanizm tego zjawiska tłumaczono tak: AFP ma powinowactwo do zaczynających się tworzyć w niskiej temperaturze kryształków lodu, będących ośrodkami dalszej krystalizacji, od których rozpoczyna się i przyspiesza przejście wody ciekłej w lód. Kompleksy AFP z takimi ośrodkami krystalizacji hamują powstawanie lodu.

Ale co to znaczy mieć „powinowactwo”?

Na wiele podobnych pytań odpowiada technika dyfrakcji (rozproszenia) promieniowania X (rentgenowskiego). W tym przypadku metoda okazała się nieskuteczna, ponieważ intensywność sygnału zależy od liczby elektronów atomu, który na swej drodze napotyka promienie X. Wodór ma tylko 1 elektron i sygnał dyfrakcji X przez wodę (H₂O) jest prawie równy sygnałowi samego tlenu. Skoro istnieje taka powierzchnia białka, która wiąże specyficznie lód, to pomiar dyfrakcji X przez kompleks lód/AFP nie pozwoli na odróżnienie sygnału wody od tlenu. Z pomocą przyszła technika dyfrakcji neutronów, wchodzących w skład jąder atomów, w której siła sygnału zależy od specyficznych sił jądrowych, te z kolei od liczby neutronów w jądrze, różnej w różnych pierwiastkach, ale także w izotopach tego samego pierwiastka. Atom wodoru nie ma w jądrze neutronu, atom deuteru (D, izotop wodoru) jeden neutron ma. Sygnał dyfrakcji neutronowej deuteru różni się zatem znacząco od sygnału wodoru. Dzięki temu sygnał „ciężkiej” wody (D₂O) różni się od sygnału tlenu.

Pewien gatunek bakterii wyposażono w gen *afp*, hodowano w niskiej temperaturze w ciężkiej wodzie, dzięki czemu deuter wszedł do powstających w bakterii cząsteczek, także do wytwarzanego w dużej ilości białka AFP. Następnie, po wyodrębnieniu, białko to krystalizowano, bo to kryształy poddaje się analizie dyfrakcyjnej. Preparaty białka wytworzonego w zwykłej i ciężkiej wodzie nie różniły się strukturalnie

jako kryształy. Z innych badań wiadomo, że struktura kryształów białek jest niemal identyczna z ich strukturą po rozpuszczeniu w wodzie, zakłada się, że także z ich strukturą w komórce.

Krystaliczna forma białka AFP zasadniczo różni się od większości białek. Ta większość ma tzw. powierzchnie hydrofilowe („lubiące wodę”), które w zwiniętej formie białka, a także w kryształach, wystawione są na zewnątrz cząsteczki, kryjąc wewnątrz powierzchnie o odwrotnej charakterystyce, hydrofobowe („niełubiące wody”). W białku AFP jest na odwrót; hydrofobowe płaszczyzny wystawione są ku środowisku. Tymi płaszczyznami białko AFP wiąże się z kryształami lodu, blokując ich powiększanie się, nie wiąże się z ciekłą wodą. Potwierdzają to skomplikowane badania struktur AFP oddziałującego albo z wodą, albo z lodem.

Nie trzeba było długo czekać na biotechnologiczne zastosowania białka AFP. Używają je w produkcji lodów, aby uzyskać gładką masę. Można gen *afp* wstawić do genomu roślin wrażliwych na wczesne przymrozki. I można jeszcze wykorzystać promotor *afp*, dołączając go do genów innych białek, które to geny chcemy pobudzić do aktywności niską temperaturą. Fantazja człowieka nadąża za cudami przyrody, wąską ścieżką praktycznych zastosowań.

Magdalena FIKUS

Na podstawie artykułu z nr 20 *Science in School*, 2011.
Czasopismo można otrzymywać po skontaktowaniu się z redakcją www.scienceinschool.org.



Która liczba jest większa?

$$U = \binom{3000}{1000} \quad \text{czy} \quad W = 7^{1000}$$