

11. Metaloproteiny

Ogólnie jesteśmy zaznajomieni z wytwarzaniem białek i chociaż ich tworzenie nie jest proste, jest dobrze zrozumiane. Jednak teraz wiemy również, że metale takie jak żelazo, mangan, miedź, wapń, nikiel itp. odgrywają bardzo ważną rolę w funkcjonowaniu komórki i działają jako część białek. Co ciekawe, tylko niewielka ilość metalu, zaledwie kilka atomów, dodana do białka składającego się z wielu tysięcy atomów wystarcza do pełnienia bardzo krytycznych funkcji katalitycznych. Jednak tworzenie metaloprotein jest znacznie bardziej skomplikowane niż tworzenie białek i pokazuje, jak pomysłowe i sprytne jest funkcjonowanie komórki. Jak wiemy, geny dostarczają informacji o kodowaniu białek poprzez określenie sekwencji aminokwasów, ale w genach nie ma informacji o dodawaniu metali, więc komórka musi znaleźć sposób na rozwiązanie tego problemu. Najpierw powstają białka, które będą współpracować z metalami, a następnie do tych białek dodawane są kolejne atomy metali.

Białko musi być zaprojektowane w taki sposób, aby miało odpowiednie miejsce wiązania, które przyjmie jon metalu. Dlatego akceptacja metalu przez białko musi być zakodowana w DNA.

Jednak pozyskiwanie metali i łączenie ich z odpowiednimi białkami nie jest takie proste. Problem polega na tym, że różne metale mają różne powinowactwo lub przyciąganie do tworzenia połączenia z białkiem. Metal o silnym powinowactwie wyrzuciłby metal o słabym powinowactwie, który jest już połączony z białkiem. Metale o słabym powinowactwie to magnez, wapń i mangan, a metale o silnym powinowactwie to nikiel, miedź i cynk. Normalnie kilka z tych metali byłoby obecnych w cytoplazmie komórki i konkurowałyby o połączenie z białkami. Musimy zrozumieć, że specyficzne białko może akceptować różne metale.

W jakiś sposób, i to jest sprytne, komórka „wie” o tych powinowactwach i próbuje zapobiec łączeniu się konkurencyjnych metali z niewłaściwym białkiem. Aby rozwiązać problem, komórka najpierw umieszcza konkurujące metale w różnych miejscach w komórce, a następnie specjalne białko łączy się z wymaganym metalem i fałduje się w taki sposób, że „słaby” metal znajduje się w białku i nie może zostać wyrzucony przez „mocny” metal.

Innym pomysłem rozwiązaniem przyjętym przez komórkę jest ograniczenie liczby atomów metali w cytoplazmie, tak aby „słabe” metale nie konkurowały z innymi metalami o ograniczoną pulę białek, ale raczej każde białko konkuruje z innymi

białkami o ograniczoną pulę atomów metali. Ale w jaki sposób komórka rozpoznaje różne metale i kontroluje ich efektywne stężenia wewnątrzkomórkowe? Błona komórki ma zaawansowany system kontroli transportu materiałów do i z komórki. Specjalne białka zwane transporterami metali przenoszą metale przez błonę. Co najważniejsze, transportery metali mają miejsca wiązania, które wiążą tylko właściwe atomy metali. Transportery metali zapewniają, że w przypadku nadmiaru atomów metali, które nie mogą znaleźć odpowiednich białek, są one eksportowane z komórki, w przeciwnym razie silne atomy wypierałyby słabe atomy podczas dalszej obróbki.

Aby pomóc we wstawieniu atomów metalu do białek, istnieją specjalne pomocniki, które wiążą metal, gdy jest on transportowany do komórki, przenoszą go do właściwego białka i upewniają się, że jest on prawidłowo dopasowany.

Aby kontrolować manipulację metalem przez komórkę, dla każdego użytego metalu istnieją metalowe czujniki. Istnieje siedem grup czujników kontrolujących około jedenastu różnych metali. Upewniają się, że białka potrzebują tylko wystarczającej liczby atomów metali. W przypadku braku określonych atomów metalu, czujnik metalu wysyła sygnał do genów, aby rozpocząć produkcję kolejnych transporterów metali.

Zarządzanie metalami przez komórkę jest osiągnięte dzięki bardzo dobrze zaprojektowanemu systemowi. Zaczyna się od DNA, które koduje nie tylko białka specyficzne dla metalu, ale także transportery specyficzne dla metalu, białka opiekuńcze, białka nośnikowe i czujniki. System ten działa jako zaawansowany mechanizm kontrolujący import i eksport metali, inicjujący budowę transporterów i wpływający na metabolizm komórkowy. Nie trzeba podkreślać, że ten system może działać tylko jako całość i nie mógł ewoluować w oddzielnych częściach poprzez drobne ulepszenia.

Szacuje się, że około 30 procent wszystkich rodzajów białek to metaloproteiny. Odgrywają kluczową rolę w metabolizmie komórkowym. Najbardziej znaną metaloproteiną jest hemoglobina, przenosząca tlen w czerwonych krwinkach prawie wszystkich kręgowców. Ważnymi funkcjami komórek, które są kontrolowane przez metaloproteiny, są rozszczepianie wody na tlen i wodór oraz wiązanie azotu atmosferycznego.