



Ciasto czekoladowe z wiśniami, czyli przepis na *E. coli*

Adrian Macion

Prezes, Koło Naukowe Biologii Molekularnej UW

Jeśli chcesz upiec ciasto jako prezent dla swojej dziewczyny, szukasz przepisu na te najbardziej kolorowe i z największą ilością kremu, kupujesz odpowiednie składniki i krok po kroku wszystko ze sobą mieszasz, miksujesz i formujesz. Podobnie wygląda komponowanie żywej komórki. Przepisem jest DNA, a poszczególnymi elementami składowymi wiele różnych cząstek, takich jak białka, lipidy i cukry. Ale tak jak w przypadku pieczenia ciasta – część składników trzeba poddać odpowiedniej obróbce, aby były możliwe do użycia w przepisie. Bakteria również musi dokonać odpowiedniego przerobienia dostarczanych do niej substratów w gotowe produkty, możliwe do bezpośredniego włączenia w struktury komórkowe. Jednym z najważniejszych elementów są białka – obiekty molekularne, które posiadają szeroką gamę funkcji – od utrzymywania właściwej struktury, aż do katalizowania reakcji chemicznych. Białka zbudowane są z aminokwasów, które łączone są we właściwej kolejności w procesie translacji. Odpowiednia kolejność aminokwasów determinuje funkcje białka. Wracając do naszej analogii ciasta: mając do dyspozycji takie same ilości wiśni i biszkoptu czekoladowego, możemy połączyć je w różnej konfiguracji, konstruując ostatecznie różne obiekty. Ułożenie naprzemienne umożliwia budowę stabilnych pięter, w których placki biszkoptu sklejone są z dwoma sąsiadującymi przy pomocy wiśni. Owszem, możemy wyjść poza ramy przepisu i ułożyć ciasto zbudowane najpierw (patrząc od dołu) z samego biszkoptu, a następnie z samych wiśni. Jednak w tym awangardowym pomysle napotykamy na kilka komplikacji. Po pierwsze, warstwa wiśni jest zbyt gruba by mogła się utrzymać. Po drugie, placki biszkoptu swobodnie się przemieszczają względem siebie. Po trzecie, połowa ciasta ląduje na podłodze. Po czwarte, dzwoni twoja dziewczyna, mówiąc, że już jesteś spóźniony na randkę. Po piąte, niegdyś białe fronty kuchennych mebli wyglądają teraz jak świadkowie krwawej zbrodni. Więc można nie trzymać się instrukcji, ale po co? Jak więc zrobić ciasto (i komórkę) zgodnie z przepisem?

Krok 1. Otwórz książkę.

Alfabet umożliwia nam kodowanie nieograniczonej ilości informacji przy pomocy ograniczonej liczby znaków (oczywiście, języki świata różnią się rozpiętością tych podstawowych symboli, ale zdecydowana większość z nich nie przekracza kilkudziesięciu znaków). Można nimi zakodować nie tylko przepis na ciasto czekoladowe z wiśniami, ale także historię Hobbita podróżującego z magicznym pierścieniem, instrukcję budowy tostera czy rakiety wynoszącej misję Apollo 11 na Księżyc. Alfabet życia ograniczony jest do 4 znaków (w swojej podstawowej wersji, znaki te mogą ulegać w pewnych warunkach modyfikacjom – w podobny sposób w języku polskim powstały tak dziwne symbole jak „ż” czy „ó”), które w swoim ciągu zawierają odpowiednie informacje. Jakże? Może nie jest to poradnik pozwalający na lądowanie na Księżycu czy Marsie, ale – moim zdaniem – tajemnica kwasu deoksyrybonukleinowego jest równie ciekawa. DNA koduje informacje o budowie białek (nie tylko, ale o tym dowiedzieć się więcej na studiach), które dzięki swoim funkcjom i oddziaływaniom z innymi elementami komórki umożliwiają konstrukcję całego organizmu. Ale ten kod trzeba jakoś odczytać.

Krok 2. Weź notatnik.

Bywają książki napisane w dosyć trudny do zrozumienia sposób. Wyobraźmy sobie książkę kucharską, która jest tak zawiła, że czytając ją trzy razy za każdym dochodzimy do innych wniosków. Te jajka mam dodać przed dodaniem mąki? A co z czekoladą? Czy ja mam alergię na orzechy? Niezbędnym może okazać się przetworzenie tej informacji, krok po kroku, na odpowiednia notatkę – tak przejrzystą, że może być użyta bezpośrednio do zrobienia ciasta. Taka notatką jest RNA. Wyróżniamy ich kilka rodzajów, a najważniejsze w procesie „pieczenia ciasta” są: mRNA, tRNA i rRNA. Naszym notatnikiem niech będzie mRNA, które zawiera informację zawartą w DNA, ale w formie możliwej do odczytania na dalszych etapach. Powstaje ono w procesie transkrypcji (powtórzmy: TRANSKRYPCJI, dla pewności jeszcze raz: T-R-A-N-S-K-R-Y-P-C-J-I; może cię tym zmęczone, ale podobnie brzmiący wyraz pojawi się w kolejnym kroku – one często się mylą). Dzięki polimerazie RNA zależnej od DNA (w biologii zdarzają się dłuższe nazwy) informacja w postaci ciągu nukleotydów na nici DNA przepisywana jest na ciąg nukleotydów na nici RNA. Tylko tyle i aż tyle. Co dalej?

Krok 3. Mieszaj, miksuj i ubijaj. Jeśli nie smakuje – dodaj cukru.

Z naszym notatnikiem przenosimy się na wolny blat kuchenny – mRNA również może zmienić swoją lokalizację w komórce. W przypadku komórek eukariotycznych: mRNA jest syntetyzowane w jądrze komórkowym, z którego transportowane jest do cytoplazmy, gdzie może zająć jego dalsza obróbka i odczytanie. U bakterii (komórek prokariotycznych): mRNA nie odpywa daleko od DNA, zazwyczaj bardzo szybko jest wychwytywane do dalszych procesów. Ale kiedy wreszcie zajmiemy się tym ciastem (i białkami)? Nasz notatnik (i cząsteczka mRNA) wciąż zawiera jakąś informację, którą już bezpośrednio wykorzystujemy w pieczeniu (i syntezie). Cząsteczka mRNA trafia na rybosom (gigantyczny kompleks białek i RNA), który umożliwia syntezę białek w procesie translacji (powtórzmy: TRANSLACJI i tak do znudzenia: T-R-A-N-S-L-A-C-J-I; ostrzegałem, że są podobne). Informacja na mRNA pogrupowana jest w małe grupy (kodony liczące dokładnie trzy nukleotydy) – podobnie jak litery w słowa (zdanie „Ala ma kota” ma większy sens niż „Alamakota”). Każda z tych trójek koduje jeden aminokwas (cegiełkę budującą białko) – dlatego mówimy, że kod genetyczny jest „trójkowy” i „jednoznaczny”. Ale trójki też muszą być jakoś przez rybosom odczytane. Tu sprawę ułatwia wspomniane już wcześniej tRNA. Cząsteczka tRNA posiada region nazywany antykodonem, który dzięki zasadom komplementarności łączy się z kodonem na mRNA. Na drugim biegunie tRNA ulokowany jest aminokwas, który poprzez katalityczne właściwości rybosomu może być połączony z innym aminokwasem wiązaniem peptydowym. Hurra! Mamy już peptyd zbudowany z dwóch aminokwasów! Do białka jeszcze daleko, ale wystarczy ten proces powtórzyć kilkadziesiąt razy by uzyskać odpowiednią długość. Zakończenie translacji jest sygnalizowane przez pojawienie się na mRNA jednego z kodonów STOP (UAA – „Uwaga Azorek Atakuje”, UAG – „Uwaga Azorek Gryzie”, UGA – „Uwaga Gryzą Azorka”). Dla kodonów STOP nie występuje tRNA z odpowiednim antykodonem. Zamiast tego w jego miejsce napływa czynnik terminacyjny, który rozpoznaje jeden z tych kodonów i kończy translację.

Krok 4. Sprzątnij!

Po pieczeniu ciasta i syntezie białek zostaje trochę bałaganu. Blaty są całe w czekoladzie, pod stołem gromadzi się góra okruszków, a idąc do pokoju, nanieśliśmy wiśnie na ulubiony biały dywan mamy. No cóż, zdarza się. Komórka również bałagani. Białka ulegają uszkodzeniom, które czasami są niemożliwe do naprawy. Takie proteiny (które już nie mogą pełnić właściwych funkcji) ulegają ściśle kontrolowanej degradacji.

Podobnie jest z mRNA. Na niektóre białka (i wysokokaloryczny tort czekoladowy) zapotrzebowanie jest czasowe. Komórka nie może syntetyzować ich cały czas, bo albo nie ma takiej potrzeby, albo nadmiar białek byłby dla niej toksyczny. Cząsteczka mRNA po jakimś czasie ulega degradacji poprzez działanie odpowiednich nukleaz.

Krok 5. Zjedz ciasto

Ciasto upieczone, kuchnia posprzątana, dywan oddany do pralni. To by było na tyle. Zsyntetyzowane białko może już pełnić swoje właściwe funkcje, dzięki którym komórka przetrwa i będzie się rozwijać. Na zakończenie przeczytajmy jeszcze raz: TRANSKRYPCJA i TRANSLACJA. Tak, często się mylą...