



ГЛАВА ТРЕТЬЯ СУПЕРЛОСОСЬ И КОЗА-ПАУК

В июне 2017 года канадские завсегдатаи ресторанов взяли палочки и съели ими вкуснейшие сашими. Нежные розовые ломтики рыбы были аккуратно разложены на перинке из мелко нарезанной редьки и поданы с небольшой горкой васаби и ванночкой соевого соуса. Гурманы заглотили наживку, а потом и думать забыли об этом блюде, пока не всплыли какие-то мутные детали истории.

В августе того же года одна американская компания объявила о продаже примерно пяти тонн генетически модифицированного атлантического лосося канадской фирме, название которой не разглашалось. По виду и вкусу эта рыба ничем не отличалась от обычной, а супермаркеты в Канаде не обязаны маркировать ГМ-продукцию — и таким образом рыбка, избежав радаров общественности, приплыла прямо на тарелки потребителей. Лосось *AquAdvantage*, как прозвали рыбу, стал первым генетически модифицированным животным, попавшим на стол человека.

Когда об этом стало известно, реакция последовала самая разная. Кому-то не терпелось получить добавку, других разозлило, что от них утаили происхождение продукта. И поднялся вой, как не хватает обязательной маркировки и как компании скрывают принципы своей работы, из-за чего в желудке потребителя оказывается непонятно что. Защитники окружающей среды беспокоились, как бы «Франкенрыба» не сбежала и не посеяла хаос в дикой природе, а активисты требовали от регуляторов отказаться от подобной практики и загнать неведому зверушку обратно в небытие. Добро пожаловать в удивительный мир ГМ-организмов! Скучать вам тут не придется.

Генетические модификации стали следующим значительным шагом в управлении эволюционными процессами после одомашнивания и селекции. Генетические модификации — это изменения в геноме организма. Немало продуктов, которые мы употребляем в пищу, так или иначе модифицированы. Если ГМ-лосось кажется непривлекательным, знайте, в своей жизни вы, скорее всего, ели ГМ-продукты. Генетически модифицированные растения часто встречаются и в супермаркетах, и у нас на тарелках. В 2017 году в 24 странах мира исследователи насчитали 1,9 миллиона квадратных километров, или 470 акров, генетически модифицированных зерновых. По площади — целая Мексика злаков! Первое место заняли США, ГМ-посевы в которых охватили примерно территорию Турции, а общая доля ГМ-кукурузы, сои и канолы составляет 90%. По всему миру фермеры буднично выращивают генетически модифицированные сахарную свеклу, посевную люцерну,

папайю, цукини, баклажаны и яблоки. У нас есть клубни, которые не мнутся, томаты, которые не теряют свежести несколько месяцев, и обогащенный рис, более питательный, урожайный и с лучшей сопротивляемостью болезням. Сотни миллионов людей спокойно потребляют эти культуры, и ничего страшного не происходит, а теперь, с пришествием на рынок ГМ-лосося, можно сказать, что открылись двери для сонма ГМ-продуктов животного происхождения. ДНК меняют десяткам видов рыб, коврам, курам, свиньям, козам...

А если присмотреться, это всего лишь верхушка айсберга генетических модификаций. Появляются всё более затейливые методы для изменения ДНК, и ученые намеренно изменяют геномы живых существ, а эффекты этих изменений простираются далеко за пределы пищевого прома. Например, эти манипуляции могут проводиться для создания новых лекарств или материалов. На свете уже есть козы, в организме которых производятся белки для паучьей паутины (они потом плавают в их молоке), и курицы, наделяющие лекарственными веществами свои яйца. Свиньи подвергаются модификации ради выращивания органов для трансплантации людям. Генетические модификации предоставляют огромный простор для деятельности. С одной стороны, создаются питомцы вроде светящихся в темноте золотых рыбок, с другой — те же методы нужны, чтобы изучить и остановить болезни. На одном полюсе технологии используются для изничтожения форм жизни, которые мы сочтем вредоносными, на другом — те же самые достижения служат возрождению вымерших видов (см. главу 4). Генетические модификации — самое мощное порождение

современных технологий, способное послужить как нашей безопасности и прихоти, так и мудрым, благородным целям.

Косвенно люди модифицировали животных и растения тысячи лет — путем селекции. Собаки — на самом деле генетически модифицированные волки. Полупроцента разницы между ними достаточно, чтобы волки отличались от наших питомцев, а внутри семейства псовых собаки могли позволить себе статус подвида¹. Волки — *canis lupus*. Собаки — *canis lupus familiaris*. Однако совсем недавно мы освоили более точечный способ контроля. Превращая волков в собак, а джунглевых кур в домашних несушек, сознательно в их ДНК мы не вторгались. Мы искали черты, которые нам нравятся, а связанные с ними гены потихоньку укрепляли свои позиции. Потом, около века назад, все стало меняться: мы решительно захватили новую территорию и принялись менять сам код жизни.

Красная канарейка

В 1920-х годах немецкий учитель Ганс Дункер решил отыскать гены, которые придают птичьим перьям ярко-красный оттенок. Будучи фанатом пернатых, он был очарован разнообразием канареек. За столетия селекции его коллеги превратили изначально зеленую дикую

¹ Живых существ делят на различные категории, начиная с доменов и царств и заканчивая знакомыми нам семействами и видами. Подвиды — еще более мелкое деление, внутри вида.

канарейку в птичку множества других окрасов: белый, желтый, оранжевый, — но ни у кого не получалось вывести красную. Дункер решительно принялся за дело и, поразмыслив, пришел к выводу, что единственный способ достичь этого — взять гены красной птицы (огненного чижа) и «встроить» их в канарейку.

В наши дни это относительно нехитрое дело. С современными технологиями мы бы просто вставили новые гены в уже имеющийся геном и смешали ДНК двух разных видов, но 90 лет назад это было чем-то немислимим. Единственный доступный тогда метод заключался в том, чтобы как-нибудь ухитриться добиться романтического настроя у певчих птичек в клетке.

Огненный чиж — небольшая ярко-красная птичка из семейства вьюрковых, обитающая в Южной Африке. К тому времени, когда Дункер задумал свои эксперименты, их уже завезли в Европу торговцы дикими птицами. Он решил использовать по-своему интересный метод выведения канареек: их ДНК стоило обильно разбавить генами огненных чижей, а затем усовершенствовать так, чтобы осталась лишь те гены, которые отвечают за красные перья.

План состоял из трех частей. На первой стадии нужно было скрестить самца огненного чижа с желтой канарейкой и получить гибрид. В прошлом, когда люди скрещивали два вида, отпрыски обычно в большей степени наследовали окрас самца. Поэтому Дункер ожидал получить бастардов с красными перьями. На второй стадии следовало скрестить двух бастардов и получить бастардов «второго поколения». Руководствуясь закона-

ми Менделя, Дункер надеялся, что во втором поколении получит красных птиц разных оттенков. У некоторых будет две копии нужного гена, и они будут алеть еще сильнее, чем родители. На третьей, финальной стадии, второе поколение гибридов должно было произвести канарейку, и этого Дункер ждал затаив дыхание. По его замыслу последний шаг позволил бы удвоить концентрацию красных генов и выжать из генома канарейки ненужную ДНК. Через четыре-пять лет он надеялся создать преимущественно канарейку, но с целым каскадом вариантов гена красного цвета, — и это было бы первое трансгенное существо в мире.

Так называют организмы, у которых есть небольшая часть чужой ДНК. Сладкий картофель, например, — это трансгенное растение, получившееся естественным путем, поскольку содержит гены одноклеточных агробактерий. Его не создавали в лаборатории и не выводили хитроумными способами. Просто 8 тысяч лет назад растение заразила бактерия, и каким-то образом в нем сохранились ее гены. Лосось, о котором шла речь в начале главы, не только генетически модифицированный, он еще и трансгенный, поскольку в его коде есть фрагменты ДНК других видов рыб. Гибриды же, которые получаются при скрещивании видов, содержат половину ДНК от каждого родителя. Они отличаются от трансгенных тем, что это половинчатые животные — у них нет четко продуманного, строго сконструированного генома, который свойствен трансгенным организмам.

Дункер приступил к проекту по созданию трансгенной красной канарейки весной 1926 года. С первой стадией

все прошло гладко, но уже на второй возникла проблема. От скрещивания огненного чижа и желтой канарейки на свет появились медного оттенка отпрыски, которые никак не хотели скрещиваться. Они отшатывались друг от друга, как неловкие подростки на школьной дискотеке, и в результате экспериментатор получил лишь несколько неоплодотворенных яиц. Вскрыв птиц, Дункер обнаружил корень проблемы. У холодных к поклонникам самочек отсутствовали внутренние репродуктивные органы. Неудивительно, что секс их не интересовал: межвидовое скрещивание обернулось для них вполне эффективной гистерэктомией. К счастью, с половыми органами самцов все оказалось как надо, и Дункер решил перейти сразу к третьей стадии. Он скрестил красноватых самцов с желтыми канарейками. Более ранние опыты подсказывали ему, что у канареек цвет наследуется по классической модели Менделя, и желтый цвет — рецессивный признак. Скрестив красноватого самца с желтой самкой, Дункер ожидал получить три четверти красноватого потомства, а четверть — желтого.

Но все оказалось сложнее. У птенцов, даже по мере взросления, окрас перьев так и не подчинился предварительным расчетам Дункера. Вместо этого у них остались рыжеватые перья, как у отцов. Птицы были совсем не похожи на обычную канарейку, но и ярко-красным оперением похвастаться не могли. Тогда Дункер решил, что проявиться «красным» генам мешает желтый окрас, и принялся скрещивать медных самцов с белыми канарейками, но результаты вновь не радовали: потомство получалось медного оттенка или серое.

После этой неудачи Дункер оставил попытки вывести красную канарейку, и завершить его дело пришлось целой толпе энтузиастов по всему миру. В Пруссии Бруно Матерн повторил часть опыта своего предшественника и скрестил коричнево-красного гибридного самца с желтой самкой. По странному стечению обстоятельств в этот раз результат был другой. Вместо птенцов медного окраса у Матерна получились оранжевые птицы. В Англии с цветом канареек экспериментировал Энтони Гилл. Он взял несколько оранжевых птиц и скрестил их с медным гибридом. Итогом стали еще более яркие оранжевые особи.

Окончательно разгадал загадку Чарльз Беннет, физиолог из Калифорнийского университета в Беркли, который понял, что вывести красную канарейку вряд ли удастся силами одной генетики. Он заметил, что иногда яркий цвет, который передавали гибридам огненные чижи, приглушался в неволе, и предположил, что птицам не хватает каких-то компонентов питания. Беннет знал об интересном феномене, «каротинемии», зафиксированном у четырех женщин, которые ели в неделю по 2 килограмма моркови в течение 7 месяцев и стали оранжевыми, как кукурузные чипсы с сыром. В связи с этим он обратился к книге 1893 года «Эволюция цвета у птиц в Северной Америке», в которой автор объяснял, что красный и желтый — это не отдельные черты, как предполагал Дункер, а оттенки одного и того же варианта. Эти цвета не борются за экспрессию, как рецессивные и доминантные признаки. Так что желтая или оранжевая окраска иногда говорит о потенциале для возникновения красных перьев. Беннет связал эту ин-

формацию со своими знаниями о каротинемии и решил кормить оранжевых канареек морковью. В итоге всё свелось именно к этой простой операции. После линьки новые перья у птиц стали роскошного огненно-красного цвета. И вот мир увидел красную канарейку.

Беннет выяснил, что цвет канареек определяется и генетической составляющей, и их рационом. Питание морковью на желтых канарейках никак не сказалось, потому что у птиц отсутствовала генетическая предрасположенность выдавать на нее нужную реакцию в окрасе.

Трансгенных канареек же, у которых есть ДНК огненных чижей, можно превратить в красных, если подкармливать морковкой. В 2016 году генетикам удалось обнаружить ген, который за это отвечает. Они сравнили геномы огненного чижа, красных, зеленых и желтых канареек. Ген *CYP2J19*, как считается, кодирует белок кетолаз, который превращает каротиноидные компоненты (которые содержатся в моркови и ряде субстанций) в химические вещества красного цвета — кетокаротиноиды. Огненные чижи имеют мутировавшую версию гена, более активную, значительно увеличивающую продуцирование кетокаротиноидов в луковицах перьев. Именно эту черту и удастся передать красным канарейкам.

Красные канарейки, или «канарейки с фактором красного», если называть их точнее, одновременно и генетически модифицированные, и трансгенные животные, которых намеренно создавали путем применения восхитительно топорного метода с применением селекции и моркови. Но, возможно, это стало только благодаря определенной мутации гена, который позволял пти-

цам обзавестись ярко-красными перышками. Похожая история происходит с огромным количеством других характеристик, которые определяются генами, например повышенной мускулистостью и безрогостью у крупного рогатого скота. Проявляется мутация. Людям нравится признак, за который она отвечает, и они разводят животных с этими признаками. Но история генетических модификаций начала резко набирать обороты, когда люди вдруг решили сами создавать мутации, которые им нравятся.

Атомное садоводство

Во времена беби-бума, последовавшие за Второй мировой войной, ученые искали способы усовершенствования сельскохозяйственных культур и падали духом оттого, что в существующих было поразительно мало полезных мутаций. И тогда исследователи придумали способ увеличить их число: атомное садоводство.

Это явление стало побочным эффектом «Мирного атома», программы, подразумевавшей развитие использования ядерных реакций в мирных целях. Ученые знали, что радиация повреждает ДНК, а значит, с ее помощью можно создать новые и потенциально полезные мутации. Тогда исследователи разбили так называемые гамма-сады. Они представляли собой большие круглые участки земли примерно с два футбольных поля площадью. Растения размещали как ингредиенты на пицце, а потом в середину устанавливали контролируемый