

СОВРЕМЕННЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Л.Л. Мякинкова, А.И. Юрченко

В статье рассмотрены социальные проблемы дефицита продовольствия в мире. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), на планете систематически голодают около 500 млн человек, а около 1 млрд человек испытывают явный недостаток пищи. Применение современной биотехнологии в производстве продуктов питания открывает новые возможности формирования качества и функциональных свойств пищи но, в то же время, поднимает вопросы безопасности и влияния на здоровье и развитие человека.

Ключевые слова: биотехнология, пищевая промышленность, генетическая модификация, ГМ растения, ГМ микроорганизмы.

К концу XX в. население нашей планеты с учетом контроля рождаемости составило 7,5 млрд человек. Следовательно, тяжелое уже сейчас положение с продуктами питания может принять в недалеком будущем для некоторых народов угрожающие масштабы. Использование современных биотехнологий в пищевой промышленности позволит увеличить как объем усваиваемых человеком питательных веществ, так и во многом решить проблему «скрытого голода», т. е. нехватки в рационе питания многих ценных веществ: протеинов животного происхождения, углеводов, жиров, витаминов, минеральных солей, незаменимых аминокислот. Применение современной биотехнологии в производстве продуктов питания открывает новые возможности и поднимает вопросы, касающиеся здоровья и развития человека. Метод рекомбинантных ДНК, наиболее используемый современной биотехнологией, позволяет создать генетически модифицированные (ГМ) растения, животных и микроорганизмы, наделяя их качествами, получение которых невозможно с помощью традиционной селекции. Помимо генетического модифицирования к методам современной биотехнологии относятся также клонирование, культивирование тканей и селекция под контролем маркеров.

В течение последних 50 лет достижения генетической и молекулярной биологии обеспечили возможность создания и коммерческого использования ГМО, обладающих новыми свойствами за счет преодоления межвидовых барьеров. Присущие им характеристики могут оказать значительное положительное влияние на производство продуктов питания. Среди культивируемых ГМ растений первое место занимает соя, за которой следуют кукуруза и хлопок. ГМ культуры занимают около 4% общей площади возделываемых земель в мире. Наиболее важными из обеспечиваемых генетическими модификациями признаков являются агрономически ценные характеристики. В ближайшее время они будут продолжать доминировать в новых сортах ГМ растений.

Продукты питания, производимые с помощью современной биотехнологии, можно отнести к следующим категориям:

1. Продукты питания, состоящие из живых/жизнеспособных организмов или содержащие их, например, кукуруза.
2. Продукты питания, получаемые из ГМО или содержащие ингредиенты, выделяемые из ГМО, например, мука, пищевые белки или масло, получаемое из ГМ сои.
3. Продукты питания, содержащие отдельные ингредиенты или добавки, синтезируемые ГМ микроорганизмами (ГММ), например, красители, витамины и незаменимые аминокислоты.
4. Продукты питания, включающие ингредиенты, обработанные синтезируемыми ГММ ферментами, например, кукурузный сироп с высоким содержанием фруктозы, изготавливаемый из крахмала с помощью фермента глюкозоизомеразы.

Опубликовано уже достаточно большое количество отчетов различных организаций, выступающих как за, так и против ГМ культур, а также заявлений о повышении и снижении доходности сельского хозяйства в связи с внедрением ГМО (Carpenter and Gianessi, 2001; Brookes, 2002; James, 2004b) [1].

Обзор Национального центра пищевой и аграрной политики США (Carpenter and Gianessi, 2001) содержит выводы, согласно которым биотехнология оказывает и в будущем будет оказывать значительное влияние на повышение урожайности, снижение стоимости выращивания культур и уменьшение объемов использования пестицидов. В то же время, авторы некоторых отчетов отмечают снижение урожайности, постоянную необходимость использования химических обработок (Soil Association, 2004) [1], утрату экспорта и критическое снижение доходов фермеров в результате перехода на биотехнологические приемы.

Наиболее очевидным и весомым доводом в пользу выгодности использования фермерами ГМ культур является соотношение урожайности и упрощения технологии их возделывания, в особенности устойчивых к гербицидам сортами. Такие культуры обеспечивают возможность модифицирования сельскохозяйственных приемов, в также уменьшают или облегчают трудозатраты. В случаях устойчивых к насекомым культур, таких как Bt-кукуруза, наблюдается уменьшение потерь урожая по сравнению с выращиванием традиционных сортов. Однако соотношение затраты/эффективность для Bt-кукурузы зависит от ряда факторов, в особенности от условий культивирования (European Commission 2002a) [1].

Учитывая необходимость улучшения методов интеграции новых технологий, особенно в сфере биотехнологии, предлагаются инновационные подходы к взаимодействию между технологиями, наукой и обществом. Специфичными разработками и даже конкретными продуктами легче управлять с помощью государственной политики, основанной на общепризнанных общественных нуждах. В сфере современной биотехнологии в производстве продуктов питания некоторые эксперты настоятельно рекомендуют подвергать повторной экспертизе проводимые процедуры разработки и оценки риска, а также начинать интерактивные диалоги между исследователями, промышленниками, потребителями и компетентными органами, участвующими в оценке и управлении риском, уже на начальных этапах разработки продукта («безопасность прежде всего») (Karuschinski et al., 2003) [1]. Например, для решения этого вопроса в рамках структуры современной системы оценки технологий разработаны новые подходы, такие как интегративные (консенсусные) конференции.

Исследование является важной частью любой деятельности, направленной на улучшение производства продуктов питания и борьбу с нищетой. В мировом масштабе значительную часть сельскохозяйственных научно-исследовательских работ проводит частный сектор, тем самым способствуя удовлетворению интересов развивающихся стран (Conway, 1999) [1]. Государственные исследования в развитых странах и Латинской Америке осуществляются в основном правительственными учреждениями и университетами, в Африке практически все сельскохозяйственные исследования, в том числе научно-исследовательские работы, передача технологий и распространение улучшенных сортов растений, проводятся только государственными учреждениями (Cohen and Pinstrop-Andersen, 2002) [1]. В целом второй уровень источников перспективных разработок и поставщиков технологий в развивающихся странах формируют международные учреждения, занимающиеся сельскохозяйственными исследованиями. В прошлом государственные исследовательские институты занимались изучением и усовершенствованием культур-орфанов, в основном для безвозмездной передачи малообеспеченным фермерам или для продажи.

Традиционная селекция, в особенности сельскохозяйственных растений, домашнего скота и птицы, направлена на увеличение продуктивности сельского хозяйства, повышение устойчивости культивируемых видов к заболеваниям и вредителям, а также улучшение качества продуктов с точки зрения питательности и легкости обработки.

Развитие молекулярной биологии в 1970–1980-х гг. привело к появлению более простых методов анализа генетических последовательностей, позволяющих идентифицировать гене-

тические маркеры желаемых признаков. Отбор, проводимый по таким маркерам, является основой некоторых современных стратегий традиционной селекции.

Несмотря на то, что современные методы селекции в течение последних 50 лет значительно повысили урожайность, потенциал их применения в будущем значительно ограничен небольшим природным разнообразием генотипов внутри одной культуры и невозможностью межвидового скрещивания.

С целью преодоления барьеров наследственности некоторые заинтересованные группы (ученые, фермеры, правительства, сельскохозяйственные компании) уже в 1980-х гг. стали уделять внимание принципиально иным методам достижения таких задач, как увеличение урожайности, устойчивости сельскохозяйственных систем, улучшению здоровья человека и животных, а также состоянию окружающей среды. Одним из направлений является использование новых современных методов для придания растениям новых качеств, таких как устойчивость к засухе, повышенной засоленности почвы или вредителям. Современная биотехнология использует молекулярные методы для идентификации, выделения и модификации последовательности ДНК, кодирующей специфический генетический признак (например, устойчивость к насекомым) донорского организма (микроорганизма, растения или животного), и встраивания ее в геном организма-реципиента, который в результате приобретает заданный признак.

Генетическое модифицирование часто позволяет добиться стойкого проявления желаемых признаков с использованием меньшего количества селекционных поколений и, соответственно, с гораздо меньшими временными затратами, чем традиционная селекция. Кроме того, оно позволяет проводить более точные манипуляции над геномом путем избирательного выделения и переноса исключительно интересующего исследователей гена. Однако, при применении существующих на сегодняшний день методов, встраивание последовательности ДНК в геном хозяина часто происходит случайным образом, что может оказывать непреднамеренное влияние на развитие и физиологию организма. В то же время подобные эффекты могут проявляться и при использовании традиционных методов селекции.

Необходимо также отметить, что селекционные программы, применяющие традиционные методы, но под контролем молекулярного анализа генетических маркеров, играют важную роль в современной селекции растений и животных, позволяя сформировать стойкие полезные признаки и при этом избегать непреднамеренных изменений.

Ключевыми направлениями исследования и разработки растений являются в основном агрономически важные характеристики. Однако в последние годы проводятся исследования по изменению питательных свойств и состава конечного продукта.

Устойчивость к вредителям и заболеваниям. Целями исследований и разработки в этой области являются:

- расширение спектра сортов кукурузы, сои, устойчивых к гербицидам;
- расширение спектра гербицидов, пригодных для обработки устойчивых к ним трансгенных культур, например, создание сортов, устойчивых к таким гербицидам, как бромоксинил (bromoxynil), оксинил (oxynil) и сульфонилмочевина (sulfonylurea);
- комбинирование новых генов, обеспечивающих устойчивость растений к насекомым-вредителям, таких как новые варианты Vt-гена, кодирующие различные токсины.

В настоящее время в разных странах мира проводятся полевые испытания устойчивых к вирусам сортов батата (SPFMV, sweet potato feathery mottle virus), кукурузы (MSV, maize streak virus) и африканской маниоки (мозаичный вирус). Разработан также устойчивый к нематодам (корневым червям) ГМ картофель.

Измененные питательные свойства и состав ГМ продуктов. Витамины. Наиболее известным примером ГМ культуры, обладающей улучшенными питательными качествами, является рис, содержащий высокий уровень бета-каротина – предшественника витамина А (так называемый «золотой рис») (Potrykus, 2000) [1].

Обогащенные витамином А сорта риса и кукурузы разрабатываются для последующего внедрения в сельское хозяйство развивающихся стран. Целью этих работ является обеспечение эффективного усваивания в кишечнике человека содержащегося в рисе витамина А. Если эта задача будет достигнута, употребление 300 г трансгенного риса будет покрывать значительную долю ежедневной потребности организма человека в витамине А.

Улучшение белкового состава. Ученые также работают над методами улучшения белкового состава овощей, являющихся основными пищевыми продуктами, таких как маниока, овощной банан и картофель (PIFB 2001) [1]. Согласно результатам парниковых испытаний, клубни модифицированных культур содержат на 35-40% больше белков и повышенное количество незаменимых аминокислот.

Удаление аллергенов и антинутриентов. Обычно корни маниоки содержат большое количество цианида. Их использование в качестве основного пищевого продукта в тропической Африке привело к повышению уровня цианида в крови населения до токсических значений. Введение в геном такого «картофеля» гена инвертазы дрожжей снижает естественный уровень токсичных гликоалкалоидов (Buchanan et al., 1997) [1].

Снижение содержания аллергенного белка в зернах риса возможно путем модификации механизма его биосинтеза (PIFB 2001) [1]. Эксперименты не выявили аллергенности такого модифицированного риса для человека. Ведется также работа по снижению аллергенности пшеницы.

Изменение содержания крахмала и соотношения жирных кислот. Разрабатываются подходы к созданию картофеля с повышенным содержанием крахмала. Для масличных растений актуальным является изменение соотношения жирных кислот сои в сторону снижения уровня насыщенных жирных кислот. Целью исследований и разработки на современном этапе является создание улучшенных соевого, рапсового и пальмового масел.

Повышенное содержание антиоксидантов. Разработаны методы повышения содержания ликопена и лютеина в плодах томатов, а также изофлавоноидов в бобах сои (WHO 2000с) [1]. Эти фитонутриенты способствуют улучшению состояния здоровья и профилактике заболеваний.

Устойчивость к экологическим стрессам. Активно изучается устойчивость растений к повышенной засоленности почвы и засухе. Согласно оценкам специалистов устойчивости к засоленности можно добиться посредством встраивания в геном чувствительной культуры нескольких генов, обеспечивающих соответствующий механизм, используемый устойчивой культурой.

Разработка сортов ряда культур, в том числе папайи, табака, риса и кукурузы, устойчивых к алюминию (на кислой почве), являющемуся фактором, ограничивающим рост растений, находится на ранних этапах. Однако их официального одобрения для коммерческого культивирования можно ожидать в течение ближайших лет.

Предпринимаются также попытки улучшения системы фотосинтеза с помощью генетического модифицирования. Такие культуры, как кукуруза и сахарный тростник, более эффективно конвертируют энергию солнца в энергию химических связей молекул углеводов, чем широколиственные сельскохозяйственные культуры. Урожайность культуры можно повысить на 10% путем внедрения в ее геном генов другой культуры, обеспечивающих высокую эффективность фотосинтеза.

Большую часть полевых испытаний в ЕС и США проводят частные компании (Fresco, 2003) [1]. Анализ результатов, проводимых в США полевых испытаний, продемонстрировал, что в 64 % случаев — это сорта трех культур (кукуруза, картофель и соя), 69 % которых обладают устойчивостью к гербицидам или вредителям. Из испытаний, проводимых на территории Европы, 67 % посвящено сортам кукурузы, сахарной свеклы и рапса, 71 % которых обладает встроенными генами, обеспечивающими устойчивость к гербицидам или вредителям. Менее 1 % как европейских, так и американских полевых испытаний направлено на изучение растений, выращиваемых в тропическом и субтропическом климате, причем половину из них проводит государственный сектор.

Большинство исследований в области современной биотехнологии, проводимых государственным сектором развивающихся стран (за исключением Китая), до сих пор находится на стадии лабораторных экспериментов — ни один из разрабатываемых сортов не достиг уровня товарного продукта (Arundel, 2002; Fresco, 2003) [1]. В то же время Китай на настоящий момент уже одобрил полевые испытания более чем 500 ГМО и коммерческое использование 50, в том числе томатов с увеличенным сроком хранения, устойчивого к вирусам сладкого перца и вакцины для использования в ветеринарии.

Целями работы международных центров сельскохозяйственных исследований являются создание новых сортов и защита сельскохозяйственных растений (78 %), создание новых пород и улучшение здоровья домашнего скота (21 %) и обработка продуктов питания (1 %). Что касается пищевых культур, приоритеты работы распределены более или менее равномерно между зерновыми культурами, корнеплодами и бобовыми растениями. Однако, если рассматривать зерновые культуры, исследования, связанные с рисом, значительно преобладают над работами по созданию новых сортов кукурузы и сорго.

На сегодняшний день только несколько ГМ культур разрешается для использования в производстве продуктов питания и продвижения на международный продовольственный и кормовой рынки. В их число входят устойчивая к гербицидам и насекомым кукуруза, а также устойчивый к гербицидам хлопок (очищенное хлопковое масло используют в пищу). Кроме того, правительственные органы некоторых стран одобрили для культивирования и использования в пищу ГМ сорта папайи, картофеля, риса, тыквы, сахарной свеклы и томатов. Томаты, однако, выращиваются только небольшим количеством стран и преимущественно для внутреннего потребления.

Устойчивость к гербицидам была первым по популярности трансгенным признаком коммерчески культивируемых ГМ культур. Второе место занимала устойчивость к насекомым-вредителям. Вирусоустойчивые культуры, такие как папайя (устойчивая к вирусу кольцевой пятнистости), картофель (устойчивый к картофельному вирусу Y и картофельному вирусу скручивания листьев) и кабачок сорта Yellow crookneck (устойчивый к вирусу арбузной мозаики) в коммерческих целях выращивают на очень ограниченных территориях.

В России в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» были выполнены следующие работы в области биотехнологии для производства пищевой продукции:

1. «Разработка рецептуры и технологии производства напитков на основе фитостериннов, дагидрокверцетина и БАВ растений *Nelumbo nucifera*, *Syzygium jambolana* и *Glycyrrhiza* для профилактики мастопатии и достижения результативной качественности в репродуктологии». Головная организация: ООО научно-производственное медико-фармацевтическое учреждение «АстЛек» (ООО НПМФУ «АстЛек»), г. Астрахань.

2. «Разработка и использование молекулярно-генетических подходов и методов хромосомной инженерии для создания новых хозяйственно-ценных форм мягкой пшеницы - доноров устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам». Головная организация: Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск.

3. «Комплексные исследования по количественному определению ГМО растительного происхождения в продуктах питания, кормах и сельскохозяйственной продукции на базе ЦКП «Анализ ГМО». Головная организация: ВНИИ СБ Россельхозакадемии, г. Москва.

4. «Рациональный дизайн промышленных ферментов, основанный на методах молекулярного моделирования». Головная организация: Научно-исследовательский институт физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

5. «Разработка технологий и выпуск опытных партий биологически активных субстанций из морских организмов в качестве основы новых лекарств и пищевых добавок для коррекции оксидативного, иммунного статусов, липидного и углеводного обменов». Головная организация: Тихоокеанский институт биоорганической химии ДВО РАН, г. Владивосток.

6. «Разработка технологий универсального быстропереориентируемого производства заквасок прямого внесения для биотехнологической промышленности». Головная организация: Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, г. Москва.

7. «Разработка систем молекулярной идентификации и оценка вариабельности геномов отечественных сортов важнейших овощных культур». Головная организация: Центр «Биоинженерия» РАН, г. Москва.

8. «Разработка гликаносодержащих составов на основе растительного сырья для регулирования пищеварительной системы человека». Головная организация: ГОУ высшего профессионального образования «Тверской государственный технический университет», г. Тверь.

9. «Разработка пектиновых биопрепаратов, повышающих устойчивость человека к экстремальным условиям Севера». Головная организация: Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар.

10. «Технологии продуктов длительного срока хранения функциональной направленности на основе нерыбных объектов промысла дальневосточных морей, защищающих человека от воздействия ионизирующего излучения». Головная организация: ГОУ высшего профессионального образования «Тихоокеанский государственный экономический университет», г. Владивосток.

Анализ тематики представленных разработок свидетельствует о том, что проводимые исследования не вполне соответствуют наиболее прогрессивным направлениям мировой биотехнологии, они финансируются без какой-либо системы, несмотря на то, что декларируется программный подход, не сформированы национальные приоритеты в сфере производства пищевой продукции.

К условиям, лимитирующим переход разработок от стадии исследования к коммерциализации, относятся: недостаток ресурсов, необходимых для выполнения дорогостоящих нормативных требований; недостаточность предприимчивости и способности к прогнозированию и планированию, которые позволили бы осуществить переход от исследования к коммерческому продукту; а также отсутствие возможностей продажи патентных лицензий. Кроме того, современные биотехнологические разработки возникают независимо от целей рационализации сельского хозяйства и приоритетов страны. К тому же зачастую до начала работы над исследовательским проектом не проводится экспертная оценка необходимости разрабатываемой технологии.

В качестве мер, способных улучшить сложившееся положение, можно выделить:

- использование Форсайт-методов для формирования конкретных и наиболее значимых для российской экономики направлений развития биотехнологии в сфере производства пищевой продукции;

- создание условий для развития эффективного государственно-частного партнерства и привлечения частного капитала для выполнения программных мероприятий, имеющих большое прикладное значение;

- создание на базе существующих университетов и научных центров полноценных биотехнопарков с участием государства.

Список литературы

1. **Modern** food biotechnology, human health and development: an evidence-based study (Отдел безопасности продуктов питания ВОЗ) / Пер. Е. Рябцева. Спб.: Всемирная организация здравоохранения, 2005.

2. **Основные** направления биотехнологии // Промышленная биотехнология. Режим доступа: <http://www.biotechnolog.ru/prombt>.

3. **Результаты** выполнения мероприятий за 2008 год в рамках приоритетного направления «Живые системы» ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы». Сб. материалов итоговой конф. М.: Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН, 2008.