

## АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ В ПИЩЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В. Н. Красильников

Проблема сохранения и устойчивого использования генетических ресурсов растений в формировании высокого качества жизни людей, основу которого составляет качество питания, с каждым десятилетием становится всё более актуальной. Важнейшими биохимическими признаками культурных растений, характеризующими их пищевые и медико-биологические свойства, являются вторичные метаболиты растений и основные вещества первичного метаболизма — полисахариды, белки, липиды. Для оценки содержания известных и поиска новых биологически активных соединений необходим скрининг генетических ресурсов растений. Функциональные пищевые продукты — это продукты оздоровительного действия, которые потребляются как часть разнообразной диеты на регулярной основе и эффективном уровне. Приоритетное развитие производства продуктов питания функционального и специализированного назначения является государственной политикой Российской Федерации в области здорового питания населения (распоряжение Правительства РФ от 25 октября 2010 г. № 1873-р). Магистральным направлением развития национальной программы здорового питания является мобилизация биологического и экономического потенциала всего генетического многообразия культурных видов растений. В статье рассмотрены актуальные направления использования генетических ресурсов растений в пищевой инженерии продуктов функционального и специализированного назначения, сформулированы основные постулаты здорового питания, а также негативные тенденции в современном питании, являющиеся причинами болезней цивилизации. Обсуждается важная роль растительной пищи в формировании благоприятного для здоровья пищевого рациона (как источников биологически активных веществ, пищевых волокон и др.), а также роль генетических ресурсов растений. Определены и сформулированы основные научные и организационные направления деятельности для успешной реализации «Основ государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 года».

**Ключевые слова:** здоровое питание; продукты функционального и специализированного назначения; биологически активные вещества; генетические ресурсы растений

Гармонизация взаимоотношений человека и природы, формирование кодекса этических, экологических, биологических принципов сохранения и развития ноосферы остаётся основной проблемой XXI века. Говоря о высоком качестве жизни людей, мы прежде всего имеем в виду наше здоровье. Так что же такое здоровье? Согласно определению ВОЗ здоровье — это состояние полного телесного, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезни или слабости. Безусловно, наше здоровье прежде всего определяется полноценным питанием. Именно питание во всём его многообразии является основным фактором влияния внешней среды на организм человека.

Сформулированы три основных постулата здорового питания:

- зелёный свет натуральным продуктам во всём их разнообразии;
- индивидуализация диет с учётом генетических особенностей организма;
- охрана внутренней среды организма, предусматривающая коррекцию микробиоты, усиление процессов метаболической защиты организма от действия ксенобиотиков.

Эволюционно человек и его предки в пищевом аспекте рассматриваются как всеядные с преобладанием в рационе продуктов растительного происхождения. Некоторые анатомические и физиологические особенности человека также указывают, что на всех фазах его развития растительная пища преобладала над пищей животного происхождения. Это подтверждается пропорциями желудка, тонкого и толстого кишечника, типом зубов, а также, например, неспособностью синтезировать некоторые биологически активные вещества. В частности, витамин С всегда в избытке поступал с растительной пищей, поэтому организму не требовалось создавать специальную ферментную систему для его синтеза. Однако 200 – 300 лет назад, промежуток времени не существенный для генетической трансформации, с началом эпохи индустриализации наше питание изменилось как никогда прежде. Современный среднестатистический рацион характеризуется высокой энергетической плотностью, высокой долей компонентов животного происхождения. Для него характерен дефицит микронутриентов и пищевых волокон. Дисбаланс между генетически обусловленным питанием и изменёнными пищевыми предпочтениями является определяющим фактором в возникновении так назы-

**Таблица 1.** Биологически активные вещества и их терапевтические свойства

Действие	Каротиноиды	Фитостерины	Сапонины	Гликозинолаты	Полифенолы	Ингибиторы протеаз	Терпены	Сульфиды	Фитоэстрогены	Балластные вещества	Ферментные продукты	Полиненасыщенные жирные кислоты	Лецитин
Антиканцерогенное	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
Антимикробное			•	•	•			•			•		
Антиоксидантное	•			•		•		•	•				•
Антитромбозное					•				•				
Иммуномодулирующее	•		•		•			•		•	•		•
Противовоспалительное				•				•					
Регулирующее кровяное давление					•			•					
Антихолестериновое	•		•	•				•		•	•		•
Регулирующее глюкозу в крови					•	•				•			
Улучшающее пищеварение								•		•			

**Таблица 2.** Биологически активные вещества в сельскохозяйственных растениях

Сельскохозяйственные культуры	Каротиноиды	Фитостерины	Сапонины	Гликозинолаты	Полифенолы	Ингибиторы протеаз	Терпены	Сульфиды	Фитоэстрогены	Балластные вещества	Ферментные продукты	Полиненасыщенные жирные кислоты	Лецитин
Зерновые		•	•		•	•			•	•			•
Бобовые		•	•			•			•				
Масличные		•			•	•			•			•	•
Овощи	•			•	•		•	•					
Лук, чеснок			•	•	•		•	•					
Плодовые и ягодные	•				•		•						

ваемых болезней цивилизации (сердечно-сосудистые заболевания, некоторые виды злокачественных новообразований, диабет 2-го типа, заболевания суставов, отложение солей в почках и др.).

В этом аспекте проблема сохранения и устойчивого использования генетических ресурсов растений в формировании высокого качества жизни людей, основу которого составляет качество питания, с каждым десятилетием становится всё более актуальной. Важнейшими биохимическими признаками культурных растений, характеризующими их пищевые и медико-биологические свойства, являются вторичные метаболиты растений и основные вещества первичного метаболизма — полисахариды, белки, липиды. Для оценки содержания известных и поиска новых биологически активных соединений необходим скрининг генетических ресурсов растений.

**Вторичные метаболиты растений** в настоящее время рассматриваются как квази-эссенциальные факторы питания. Ежедневно с пищей мы принимаем суммарно около 1,5 г этих веществ. Они состоят из 5000 – 10000 разнообразных химических соединений. В их число входят вещества, являющиеся носителями фармакологических и токсических свойств, предшественниками мутагенных, тератогенных соединений, ве-

ществ, оказывающих существенное влияние на развитие микрофлоры кишечника. Выделено 11 групп неалиментарных веществ, для которых экспериментально доказан их определённый фармакологический эффект (пищевые волокна, олигосахариды, полифункциональные спирты, фенольные соединения, терпены и терпеноиды, фосфолипиды, гликозиды, витамины и др.) (табл. 1, 2).

**Полисахариды растений** также относятся к категории квази-эссенциальных факторов питания. Эта группа пищевых веществ входит в состав так называемых диетических (пищевых) волокон. «Волокно» является обобщающим термином для соединений, в состав которых входят углеводные полимеры, состоящие из трёх и более мономерных единиц, различающиеся по своей химической структуре и физическим свойствам и проявляющие разнообразные физиологические эффекты (табл. 3).

За последние 5 – 10 лет интерес к некрахмальным полисахаридам постепенно возрастает с точки зрения взаимоотношения их химической структуры и функциональности. Для сложных углеводов, полученных из растительного сырья, характерна комбинация биоактивности и технологических функций. В этом аспекте исключительный интерес представляет класс пекти-

нов, который состоит из больших групп структурно различных полисахаридов. Среди них особого внимания заслуживают разветвлённые пектины. С технологической точки зрения они используются для стабилизации пищевых систем (эмульсии, напитки, различные виды теста). В плане биофункциональности они имеют высокий пребиотический потенциал и эффекты на иммунную систему (табл. 4).

**Иммунохимические свойства растительных белков** в последние годы особенно пристально исследуются в связи с распространением некоторых генетически обусловленных заболеваний, широкого спектра энзимопатий, явлением непереносимости пищевых продуктов. Объектами этих исследований являются зерновые, что совершенно справедливо, поскольку именно эти культуры являются фундаментом нашей продовольственной системы.

**При пищевой аллергии** иммунный ответ соотносится с В-лимфоцитами иммунной системы организма. В-лимфоциты секретируют иммуноглобулины, в основном IgG. В аллергических реакциях участвуют иммуноглобулины класса IgE. В частности, к антигенам пшениц, индуцирующим различные симптомы аллергии, относятся некоторые альбумины, субъединицы низкомолекулярных глютенинов. Показано, что IgE иммуноглобулины направлены также против линейных эпитопов в повторяющихся доменах глиадинов. Считается, что большой генетический полиморфизм пшениц приводит к вариациям последовательностей аминокис-

лот или к вариациям в содержании некоторых белков, что может влиять на содержание аллергенов в различных генотипах пшеницы. Это может быть использовано для поиска генотипов с пониженным содержанием аллергенов.

Наряду с аллергиями имеется группа так называемых **аутоиммунных заболеваний**. К таким заболеваниям относится глютеновая энтеропатия (целиакия), которая является многофакторным заболеванием, связанным с аутоиммунными нарушениями в тонком кишечнике, которые возникают у генетически предрасположенных к этому заболеванию людей. Клинические проявления этого заболевания провоцируются в тонком кишечнике специфической иммунной реакцией Т-клеток иммунной системы человека на некоторые проламины зерновых с высоким содержанием пролина и глутамина. Из-за высокого содержания пролина эти белки устойчивы к протеолизу в желудке и неразрушенными достигают тонкого кишечника, где за счет деаминации тканевой трансглутаминазой открываются эпитопы, являющиеся мощными Т-клеточными стимуляторами.

С учётом успехов химии природных соединений, результатов исследований медико-биологических свойств макронутриентов и квази-эссенциальных факторов питания в конце 80-х годов XX в. сложилась концепция функционального питания и технология продуктов функционального назначения.

**Таблица 3.** Различные типы диетических волокон и их физиологический эффект

Волокна	Примеры	Физиологический эффект
Растворимые, вязкие	Гуар, бета-глюкан	Понижение содержания глюкозы и холестерина в крови
Растворимые, невязкие	Фруктоолигосахариды, инулин	Пребиотический эффект, улучшение ферментации в толстом кишечнике, увеличение короткоцепочечных жирных кислот
Гель-образующие	Пектины, альгинаты	Энтеросорбенты, понижение содержания глюкозы в крови, увеличение чувства сытости
Нерастворимые	Гемиллюлозы, целлюлозы	Водосвязывающий эффект, энтеросорбенты, увеличение транзита через кишечник

**Таблица 4.** Обзор пектиновых структур и их биоактивности

Растение	Пектиновые структуры*			Биологическая активность
	AG	RY1	RY2	
<i>Acanthus ebracteatus</i> , акант бесприцветниковый		×		Влияние на комплементарную систему
<i>Attractylodes acutiloba</i> , акутилоба американская	×	×		Антираковая
<i>Bupleurum falcatum</i> , володушка серповидная	×	×	×	Модуляция иммунной системы кишечника
<i>Cistanche deserticola</i> , цистанха пустынная		×	×	Антиязвенная
<i>Cuscuta chinensis</i> , повилка китайская	×	×		Митогенная и комитогенная
<i>Glycyrrhiza uralensis</i> , солодка уральская	×	×		Иммуностимулирующая
<i>Panax ginseng</i> , женьшень настоящий			×	Митогенная
<i>Piper nigrum</i> , перец черный		×	×	Модуляция иммунной системы
<i>Plantago major</i> , подорожник большой	×	×		Эффект на комплементарную систему
<i>Salvia officinalis</i> , шалфей лекарственный	×	×		Протектор пневмококковой активности
<i>Finospora cordifolia</i> , тиноспора сердцелистная		×		Митогенная и комитогенная
<i>Vernonia kotschyana</i> , вернония	×	×	×	Активация В-клеток, иммуномодуляция

\* AG — арабиногалактан; RY1 — рамногалактуронан I; RY2 — рамногалактуронан II.

Функциональные пищевые продукты — это продукты оздоровительного действия, которые потребляются как часть разнообразной диеты на регулярной основе и эффективном уровне. Приоритетное развитие производства продуктов питания функционального и специализированного назначения является государственной политикой Российской Федерации в области здорового питания населения (распоряжение Правительства РФ от 25 октября 2010 г. № 1873-р).

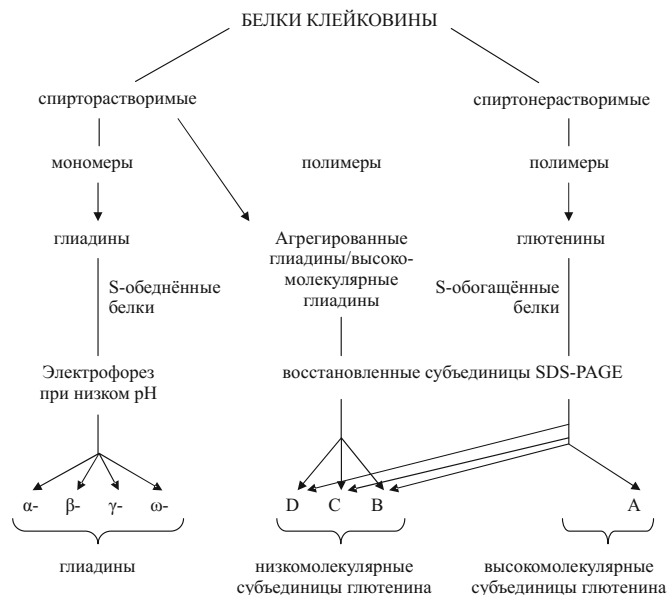
Магистральным направлением развития национальной программы здорового питания является мобилизация биологического и экономического потенциалов всего генетического многообразия культурных видов растений. Формирование более объективных и обоснованных представлений об уровне биохимического и генетического разнообразия культивируемых растений можно рассматривать как одно из стратегических направлений в сельскохозяйственном природопользовании.

Рассмотрим некоторые актуальные проблемы использования генетических ресурсов культурных растений в функциональном и специализированном питании.

**Пшеница** является одной из трёх продовольственных культур, которые доминируют в мировом сельском хозяйстве. Исключительность этой культуры объясняется не только её высокой урожайностью, но и преимущественными позициями как сырья для пищевой промышленности. Хлеб, зерновые для завтраков, мучные кондитерские изделия, мучные и крупяные блюда являются хорошими кандидатами для обогащения витаминами, минеральными и другими нутриентами. Это исключительно важно для корректировки пищевой ценности наших рационов. Не менее важным обстоятельством является высокая пребиотическая бифидогенная способность зерна пшеницы и других зерновых. Сегодня все нутриционисты советуют удерживать зерновые как центральную часть нашей диеты.

Однако имеется довольно значительная группа людей с гиперчувствительностью к белкам пшеницы и некоторых других зерновых культур. Как уже отмечалось, к клиническим проявлениям такой повышенной чувствительности относится глютеновая энтеропатия. Частота этого заболевания в странах с населением европейского происхождения составляет около 1 % от общей популяции. Клинические проявления этого заболевания провоцируются специфической реакцией Т-клеток иммунной системы человека на белки клейковины пшеницы и проламины других зерновых, содержащих антигенные детерминанты (эпитопы). Общая классификация белков клейковины пшеницы, основанная на их растворимости и результатах электрофоретического анализа, представлена на рисунке [1].

Многочисленные вариации эпитопов, токсичных при глютеновой энтеропатии идентифицированы во фракциях альфа-, бета-опл и гамма-глиадинов, низкомолекулярных и высокомолекулярных субъединицах глютенина. В табл. 5 приведены аминокислотные по-



Классификация белков клейковины пшеницы [1]

следовательности отдельных эпитопов пшеницы, токсичных при глютеновой энтеропатии. Примечательно, что эти фрагменты содержат не более 8–10 аминокислотных последовательностей. Для них характерно высокое содержание пролина и глутамина.

Большой вклад в изучение генома пшеницы в 80-х годах прошлого века внесли ученые ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова под руководством академика В. Г. Конарева. Установлено, что с типом генома диплоидных пшениц и составом геномов у тетра- и гексаплоидных пшениц связан состав белков и проявление важнейших хозяйственно-ценных признаков [2]. Поскольку в литературе имеются противоречия относительно степени токсичности глиадинов различных видов и сортов пшеницы, мы оценили интенсивность реакции белков различных видов пшеницы и ее бли-

**Таблица 5.** Характеристики токсичных при целиакии эпитопов пшеницы

Эпитопы (код)	Аминокислотные последовательности*	Белки-источники	HLADQ
Glia-α2	PQPQLYPYQ	α-глиадин	2
Glia-α9	PFQPQLPY	α-глиадин	2
Glia-α20	FRPQQPYQ**	α-глиадин	2
Glia-γ1	PQSFPPQQQ	γ-глиадин	2
Glia-γ2	FPQPQQPF	γ-глиадин	2
Glia-γ30	IIQPQPAQ	γ-глиадин	2
Glt-17	FSQQQQPL	HM-глютенин	2
Glt-156	FSQQQQSPF	HM-глютенин	2
Glia-α	QGSFQPSQQ	γ-глиадин	8
Glt	QGYYPPTSPQ	BM-глютенин	8

\* Аминокислоты указаны однобуквенным кодом; \*\* подчеркнуты глутаминовые звенья, которые могли быть деамидированы тканевой трансглутаминазой; HM- и BM-глютенины — соответственно низкомолекулярные и высокомолекулярные глютенины.



жайших диких сородичей с сыворотками больных целиакией с целью определения связи степени токсичности глиаина с геномным составом видов пшеницы.

Как видно из данных, приведенных в табл. 6, интенсивность реакции IgG сыворотки больного целиакией с белками пшениц и эгилопсов колеблется значительно — от 1,6 до 3,7 [3]. Интенсивность реакций настолько высока, что ни один из этих видов не может быть использован в питании больных целиакией. Тем не менее наблюдается некоторая зависимость от геномного состава видов. Известно, что синтез А-глиаина у мягкой пшеницы контролируется хромосомами 6А и 6D, остальные фракции глиаинов — 1А, 1В, 1D, 6А и 6В хромосомами. В связи с этим мы исследовали линии сорта Chinese Spring (без А-глиаина) с замещением хромосом от сорта Chienne, имеющего А-глиадин (табл. 7). Как видно из данных, резкое усиление интенсивности реакции по сравнению с исходным сортом наблюдается при удвоении 6А (с 2,5 до 3,3 или 3,7) и 6D хромосом (до 3,0), контролирующих синтез α-глиаинов. Увеличение числа хромосом 1-й гомеологической группы и 6В не влияло на интенсивность реакции или снижало ее. Наиболее значительно реакция ослаблена у линий с замещением по 1D хромосоме, контролирующей ω-глиадин пшеницы. Это подтверждает мнение исследователей, считающих, что главным источником токсичных пептидов являются α-глиаины.

С точки зрения перспективности селекции пшениц, не токсичных при глютеновой энтеропатии, интересны предварительные результаты исследования геномной специфичности α-глиаинов с высокой антигенной активностью (табл. 8). Данные, приведенные в табл. 8, свидетельствуют о существенных генетических раз-

личиях α-глиаинов по указанному признаку [4]. В геноме А (*T. monococcum*) эпитопы gli-α9 и gli-α20 представлены 15 генетическими вариациями. В геноме В (*T. speltoides*) только gli-α представлен двумя генетическими вариациями. Наконец, по линии генома D (*T. tauschii*) обнаружена частота проявления четырех известных эпитопов. Эти результаты открывают возможные стратегии для селекции хлебопекарных пшениц, не токсичных при целиакии. Однако с технологической точки зрения ожидаемая трансформация белкового комплекса не является однозначной.

Известно, что хлебопекарные свойства клейковины определяются всеми компонентами, присутствующими в эндосперме (рисунок), — крахмалом, липидами, мономерными белками (в основном глиаинами), полимерными белками (глутенами). В частности, глутенины придают тесту уникальные вязко-эластичные свойства. С другой стороны, мономерные белки формируют пластичные структуры. Не известно, как удаление или трансформация глиаинов могла бы отразиться на формировании глютеновых комплексов как ключевых компонентов в формировании технологических свойств пшениц.

**Рожь.** Традиционная пища русского населения отражала преимущественно земледельческий, главным образом зерновой характер хозяйства, поэтому ведущее место в питании занимали хлебные, мучные, крупяные блюда. Следовательно, население в большом количестве получало пищевые волокна, фитостероиды, ингибиторы протеаз, фитостерины, сапонины, обладающие антиканцерогенным, антихолестериновым, антиоксидантным действиями, улучшающими метаболи-

**Таблица 6.** Геномный состав видов пшеницы (*Triticum* L.) и эгилопсов (*Aegilops* L.) и интенсивность реакции их белков с IgG сыворотки 18/13 больного целиакией [3]

Вид	Число хромосом (2n)	Геном	Оптическая плотность при 450 нм
<i>Triticum aestivum</i>	42	A <sup>u</sup> A <sup>u</sup> B <sup>1</sup> B <sup>1</sup> D <sup>str</sup> D <sup>str</sup>	1,6 – 3,7
<i>Triticum spelta</i>	42	A <sup>u</sup> A <sup>u</sup> B <sup>1</sup> B <sup>1</sup> D <sup>str</sup> D <sup>str</sup>	2,5
<i>Triticum compactum</i>	42	A <sup>u</sup> A <sup>u</sup> B <sup>1</sup> B <sup>1</sup> D <sup>str</sup> D <sup>str</sup>	2,5 – 3,0
<i>Triticum durum</i>	28	A <sup>u</sup> A <sup>u</sup> B <sup>1</sup> B <sup>1</sup>	2,5
<i>Triticum dicoccoides</i>	28	AUA <sup>u</sup> B <sup>1</sup> B <sup>1</sup>	2,8 – 3,0
<i>Triticum polonicum</i>	28	A <sup>u</sup> A <sup>u</sup> B <sup>1</sup> B <sup>1</sup>	3,0
<i>Triticum timonovum</i>	56	A <sup>b</sup> A <sup>b</sup> A <sup>b</sup> A <sup>b</sup> B <sup>sp</sup> B <sup>sp</sup> B <sup>sp</sup> B <sup>sp</sup>	2,5
<i>Triticum timopheevi</i>	28	A <sup>b</sup> A <sup>b</sup> B <sup>sp</sup> B <sup>sp</sup>	2,5
<i>Triticum araraticum</i>	28	A <sup>b</sup> A <sup>b</sup> B <sup>sp</sup> B <sup>sp</sup>	2,2
<i>Triticum militinae</i>	28	A <sup>b</sup> A <sup>b</sup> B <sup>sp</sup> B <sup>sp</sup>	2,3
<i>Triticum monococcum</i>	14	A <sup>b</sup> A <sup>b</sup>	2,0 – 2,3
<i>Triticum boeoticum</i>	14	A <sup>b</sup> A <sup>b</sup>	2,5
<i>Triticum urarty</i>	14	A <sup>u</sup> A <sup>u</sup>	2,5
<i>Aegilops sharonensis</i>	14	B <sup>lbi</sup> B <sup>lbi</sup>	2,8
<i>Aegilops tauschii</i>	14	D <sup>eu</sup> D <sup>eu</sup>	2,8
<i>Aegilops jevenalis</i>	42	DDC <sup>u</sup> C <sup>u</sup> M <sup>i</sup> M <sup>i</sup>	3,0
<i>Aegilops searsii</i>	14	B <sup>s</sup> B <sup>s</sup>	2,5

**Таблица 7.** Интенсивность реакции белков сортов и линий хлебопекарной пшеницы (*T. aestivum*) с IgG сыворотки крови больного целиакией

Сорт пшеницы	Оптическая плотность при 450 нм
Безостая 1	3,0
Мироновская 808	3,0
Scout 66	3,9
Omar	2,5
Justin	3,0
Крымка К-38558	3,5
Chinese spring	2,5
Линия сорта Chinese spring нулли	
1А тетра 1D	1,6
1В тетра 1D	2,1
1D тетра 1В	3,2
1А тетра 1В	2,3
1В тетра 1А	2,0
1D тетра 1А	2,3
6А тетра 6D	3,0
6В тетра 6D	3,0
6D тетра 6В	2,3
6А тетра 6В	2,6
6В тетра 6А	3,3
6D тетра 6А	3,7

ческие процессы в желудке, печени и почках, снижающие сахар и холестерин в крови, обладающие гипертензивным и антиоксидантным эффектами. Среди зерновых шире всего была распространена рожь. Известно, что стародавние сорта ржи отличались высоким содержанием таких вторичных метаболитов, как нутрицевтики фенольной природы — алкилированные производные резорцина. Эти вещества проявляют антимикробное, антигистаминное и антитромботическое действия. Они действуют как антиоксиданты в обмене арахидоновой кислоты. Поэтому не случайно, что на рынке северных стран присутствуют булочные изделия, выпеченные из муки зерна стародавних сортов ржи, отличающихся высоким содержанием этих нутрицевтиков.

Другим важным функциональным ингредиентом, присутствующим в зерне ржи, является фракция некрахмальных полисахаридов, именуемая пентозанами. К ним относятся не только полисахариды, скелетную цепочку которых составляют пентозы, но и, в частности, гемицеллюлозы, этерифицированные пентозами. Основным компонентом пентозанов являются арабиноксилан (табл. 9). В продуктах помола зерна ржи наибольшее количество этого полисахарида содержится в ржаных отрубях (около 20 %) [5]. Цепочка арабиноксилана содержит около 2500 остатков ксилозы, 1300 остатков арабинозы и 3 остатка фенольных кислот, а именно феруловой кислоты.

Примечательны физико-химические свойства арабиноксиланов. Для растворимых форм этих полимеров характерна высокая вязкость растворов и высокий гель-образующий потенциал. Нерастворимая фракция имеет высокий уровень водоудерживающей способности. Теоретически доказано, что хлебопекарный потенциал ржаной муки можно полностью удержать даже при полном удалении запасных белков, т.е. при использовании пентозанов как тестоформирующих ингредиентов.

Физиологическая функциональность арабиноксиланов изучена недостаточно. Тем не менее известно, что при действии ксиланолитических ферментов этот полисахарид генерирует семейство низкомолекулярных (арабино)ксилоолигосахаридов, обладающих пребиотическими свойствами. В этом плане представляет интерес исследовать влияние дрожжевой и заквасочной микробиоты на физико-химические свойства некрахмальных полисахаридов.

При вдумчивом отношении к природным свойствам ржи эта культура имеет существенные преимущества

**Таблица 8.** Геномная специфичность белков  $\alpha$ -глиадинов с высокой антигенной активностью [4]

Геном	Источники носители геномов	Токсичные эпитопы				N базовое число проламинов
		gli-a	gli-a2	gli-a9	gli-a20	
A	<i>T. monococcum</i>	0	0	15	15	15
B	<i>T. speltoides</i>	2	0	0	0	5
D	<i>T. tauschii</i>	10	8	11	10	11

в использовании для производства продуктов здорового питания.

**Овес** (род *Avena*), в отличие от зерновых культур трибы Triticeae, характеризуется низким содержанием в зерне проламинов (авенинов). Аминокислотный состав авенинов отличается пониженным содержанием пролина, что предполагает отсутствие в них некоторых эпитопов, токсичных при целиакии. Можно предполагать, что эти обстоятельства отчасти объясняют, почему овёс считается относительно безвредным при целиакии. Тем не менее необходимы дальнейшие исследования иммунохимических свойств авенинов, поскольку имеется определённая группа лиц с симптомами этого заболевания, чувствительных к овсу. Но в плане разнообразия диет овес может рассматриваться как прекрасный источник таких пищевых волокон, как бета-глюканы. Для характеристики технологических свойств зерна овса различных видов и сортов перспективно исследование структурных, функциональных и физиологических свойств бета-глюканов.

**Просяные культуры.** Основные виды культур трибы Poaceae, используемых в питании: *Eragrostis Tef*; *Panicum milliaceum*; *Pennisetum glaucum*; *Setaria italic*; *Eleusine coracana*; *Digitaria exillis*; *Sorghum bicolor* (*vulgaris*). Эти культуры исключительно разнообразны не только по своему видовому составу, но и по использованию в питании различных этносов. Учитывая перспективность этих культур на продовольственном рынке, в ближайшей перспективе мы планируем проведение более системных исследований технологических свойств зерна этих культур. Эти исследования предусматривают изучение биохимического состава и реологических свойств белкового и полисахаридного комплекса семян.

**Бобовые.** Триба Fabaceae исключительно разнообразна и чрезвычайно интересна в плане производства продуктов группы «Здоровье». Конечно, когда речь идёт о продуктах здорового питания, то прежде всего говорят о сое. Это беспрецедентный случай в мировой экономике, когда многомиллиардные вложения в селекцию, семеноводство, агротехнику, хранение и переработку, маркетинг зерна сои и продуктов его переработки принесли такой впечатляющий результат. В настоящее время доходы США от продажи зерна сои и продуктов его глубокой переработки примерно в два раза превышают доходы от продажи вооружений. Но за последние десятилетия видовой состав белковых культур изменился. Наряду с соей во многих регионах мира

**Таблица 9.** Содержание некрахмальных полисахаридов в зерновых [5]

Зерновые	Бета-глюкан, %		Арабиноксилан, %	
	растворимый	общий	растворимый	общий
Пшеница	0,7	0,7	0,7	6,7
Рожь	0,7	1,9	2,3	8,5
Ячмень	2,9	4,4	0,4	6,1
Овёс	2,1	3,4	0,4	6,7

растут посевные площади под другой бобовой культурой — люпином. Поскольку генетически модифицированный люпин не лицензирован для возделывания, в Европе зерно люпина, главным образом *Lupinus albus*, стало широко использоваться для производства пищевой люпиновой муки. Она является альтернативой соевой муке. В наших регионах перспективно выращивание люпина узколистного.

Настала пора использовать уникальный природный и технологический потенциал этой культуры. Необходимо разработать проект Государственной программы по развитию производства и переработки зернобобовых культур на период 2015 – 2025 гг. Эта программа должна быть нацелена на решение масштабной проблемы — проблемы дефицита растительного белка как пластического нутриента для животноводства и птицеводства, а также для питания населения. Агробиологический потенциал нашей страны позволяет выращивать по приблизительным расчётам до 35 млн т зерна бобовых культур (soя, люпин, горох). Это позволило бы не только удовлетворить наши внутренние потребности, но и увеличить экспортные поставки этого дефицитного высокобелкового сырья. Уверен, что комплексная программа по растительному белку будет поддержана в Минсельхозе РФ, РАСХН, Российском союзе.

## Выводы

1. Исследование генетических ресурсов растений как основы продовольственной безопасности и здорового питания населения страны имеет междисциплинарный характер, обусловленный необходимостью взаимодействия естественных, технических, медицинских, социальных наук для решения комплексных проблем повышения качества жизни людей.

2. Для развития и реализации современных направлений в пищевой технологии необходима актуализация исследований сопряжённости генетических систем культурных растений с такими хозяйственно-полезными признаками, как содержание и химический состав макро- и микронутриентов пищевого сырья растительного происхождения.

3. Необходимо обобщение и публикация результатов исследований биохимического состава отечественной флоры, а именно растительных ингредиентов для функциональных продуктов [6 – 9].

4. Для реализации Основ государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 г. поддержать создание кластерного объединения «Санкт-Петербургский инновационный кластер по реализации и развитию научно-прикладных разработок в области пищевой инженерии и пищевой технологии продуктов функционального и специализированного назначения».

*Красильников В. Н., докт. техн. наук, профессор  
Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет  
protein@peterstar.ru*

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Shewry P. R.* Wheat gluten proteins / Wheat gluten protein analysis. Ed. by P. R. Shewry and G. L. Lookhart. — AA CC Int. Inc., 2008. P. 1 – 13.
2. *Конарев В. Г.* / Белки пшеницы. — М.: Колос, 1980. С. 227 – 241.
3. *Гаврилюк И. П., Алпат'ева Н. В., Леонт'ева Н. А. и др.* Проблемы идентификации злаков, не токсичных при целиакии / *Клин. питан.* 2004. № 2. С. 55 – 61.
4. *van Herpen T. W. J. M., Goryunova S. V., Salentijn E., et al.* Alpha-gliadin genes from the A, B, and D genomes of wheat contain different sets of celiac disease epitopes / *Gluten Proteins*. Ed. by G. L. Lookhart and P. K. W. Ng. — AA CC Int. Inc., 2007. P. 321 – 325.
5. *Delcour J. A., Broekaert W. F., Courtin C. M., Coesaer H.* Enzymes in production of functional food ingredients — the arabinoxylan case / *The Science of Gluten-Free Foods and Beverages*. Ed. by E. K. Arendt and Fabio dal Bello. — AA CC Int. Inc., 2009. P. 129 – 140.
6. *Красильников В. Н., Гаврилюк И. П.* Растительный белок: новые перспективы. — М.: Пищепромиздат, 2000. С. 24 – 40.
7. *Красильников В. Н., Гаврилюк И. П.* Пищевые технологии: ожидания первой четверти XXI века / *Пищ. ингрэд., сырьё и добав.* 2009. № 2. С. 30 – 33.
8. *Diaz J.* Bioactivity and technological functions of complex carbohydrates / *Nutraceuticals Now*. 2013. Autumn. P. 20 – 21.
9. *Watzl B., Leitzmann C. C.* Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln. — Stuttgart: Hippokrates Verlag, 1995. P. 117 – 127.

## REFERENCES

1. *Shewry P. R.* Wheat gluten proteins / Wheat gluten protein analysis. Ed. by P. R. Shewry and G. L. Lookhart. — AA CC Int. Inc., 2008. P. 1 – 13.
2. *Konarev V. G.* / Wheat protein. — Moscow: Kolos, 1980. P. 227 – 241 [in Russian].
3. *Gavrilyuk I. P., Alpat'eva N. V., Leont'eva N. A., et al.* Problems of identification of cereals, non-toxic in celiac disease / *Klin. pitan.* 2004. No. 2. P. 55 – 61 [in Russian].
4. *van Herpen T. W. J. M., Goryunova S. V., Salentijn E., et al.* Alpha-gliadin genes from the A, B, and D genomes of wheat contain different sets of celiac disease epitopes / *Gluten Proteins*. Ed. by G. L. Lookhart and P. K. W. Ng. — AA CC Int. Inc., 2007. P. 321 – 325.
5. *Delcour J. A., Broekaert W. F., Courtin C. M., Coesaer H.* Enzymes in production of functional food ingredients — the arabinoxylan case / *The Science of Gluten-Free Foods and Beverages*. Ed. by E. K. Arendt and Fabio dal Bello. — AA CC Int. Inc., 2009. P. 129 – 140.
6. *Krasil'nikov V. N., Gavrilyuk I. P.* Vegetable protein: new prospects. — Moscow: Pishchepromizdat, 2000. P. 24 – 40 [in Russian].
7. *Krasil'nikov V. N., Gavrilyuk I. P.* Food technology: Waiting for the first quarter of the XXI century / *Pishch. Ingrid. Syr'e Dobav.* 2009. No. 2. P. 30 – 33 [in Russian].
8. *Diaz J.* Bioactivity and technological functions of complex carbohydrates / *Nutraceuticals Now*. 2013. Autumn. P. 20 – 21.
9. *Watzl B., Leitzmann C. C.* Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln. — Stuttgart: Hippokrates Verlag, 1995. P. 117 – 127.

Поступила 30.09.2015