

ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет  
имени Г.В.Плеханова»

---

# УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

Монография



ПАЛЕОТИП  
Москва  
2013

**УДК 658(075.8)**  
**ББК 65-983я73**  
**Е51**

**Авторы:**

**Елисеева Людмила Геннадьевна**, д-р тех. наук, проф.,  
**Рыжакова Алла Владимировна**, д-р тех. наук, проф.,  
**Махотина Ирина Алексеевна**, канд. тех. наук, доц.,  
**Блинникова Ольга Михайловна**, канд. тех. наук, доц.,  
**Белкин Юрий Дмитриевич**,  
**Юрина Ольга Валерьевна**

**Е51** **Елисеева, Л.Г.** Управление качеством пищевых функциональных ингредиентов : монография / Л.Г. Елисеева, А.В. Рыжакова, И.А. Махотина, О.М. Блинникова, Ю.Д. Белкин, О.В. Юрина. — М.: Издательство «Палеотип», 2013. — 212 с.

**ISBN 978-5-94727-678-7**

В монографии представлены результаты скрининга наиболее перспективных источников пищевых функциональных ингредиентов. Изучены факторы, формирующие качество и функционально-технологические свойства. Представлен анализ новых технологий производства полифункциональных пищевых ингредиентов из натурального сырья растительного происхождения и рассмотрены некоторые прогрессивные технологии производства натуральных комплексных поликомпонентных экологически безопасных пищевых продуктов с высокой добавленной пищевой ценностью, компенсирующих недостаток белков, витаминов, минеральных веществ, антиоксидантов и других биологически активных веществ в продуктах питания на основе сырьевых источников средней зоны Российской Федерации.

**УДК 658(075.8)**  
**ББК 65-983я73**

**ISBN 978-5-94727-678-7**

© Колл. авторов, 2013  
© Издательство «Палеотип», 2013

# Содержание

Реферат .....	4
Введение .....	5
1. Сравнительный анализ химического состава перспективных источников традиционного и дикорастущего фитосырья средней зоны РФ. Изучение содержания основных витаминов в перспективных источниках традиционного и дикорастущего фитосырья средней зоны РФ .....	8
2. Содержание основных макро- и микроэлементов в перспективных источниках традиционного и дикорастущего фитосырья средней зоны РФ .....	42
3. Содержание биоантиоксидантов, биофлавоноидов, пищевых волокон и других биологически активных микронутриентов в перспективных источниках традиционного и дикорастущего фитосырья средней зоны РФ .....	71
4. Анализ современных технологий производства биологически активных соединений из фитосырья.....	105
5. Инновационная технология СВЧ-экстракции биологически активных веществ из фитосырья.....	129
6. Оптимизация технологии и режимов сушки препаратов полученных из фитосырья и технологии производства поликомпонентных функциональных пищевых продуктов .....	146
7. Оптимизация технологий производства порошков мелкоплодных томатов методом конвективно-вакуумно-импульсной сушки и производства обогащенных продуктов и управление их потребительскими свойствами.....	171
Заключение.....	198
Список использованных источников.....	199

# Реферат

В монографии представлены результаты скрининга наиболее перспективных источников пищевых функциональных ингредиентов. Изучены факторы, формирующие качество и функционально-технологические свойства. Представлен анализ новых технологий производства полифункциональных пищевых ингредиентов из натурального сырья растительного происхождения и рассмотрены некоторые прогрессивные технологии производства натуральных комплексных поликомпонентных экологически безопасных пищевых продуктов с высокой добавленной пищевой ценностью, компенсирующих недостаток белков, витаминов, минеральных веществ, антиоксидантов и других биологически активных веществ в продуктах питания на основе сырьевых источников средней зоны Российской Федерации.

*Ключевые слова:* витамины , микроэлементы , макроэлементы , биофлавоноиды , флавоны , каротиноиды , антиоксиданты , ягоды , черника , жимолость , земляника , арония , рябина , томаты , толокно , ягон , черемша , крупа , нектары , кипрей , лен , шиповник , эхинацея , яблоки , калина , брусника, технология сушки, экстракция, заморозка, обогащение пищевых продуктов.

## Введение

Ускорение социального и экономического развития общества, постоянное увеличение прессинга техногенных нагрузок настоятельно требует преобразования структуры и качества питания населения. и предусматривает включение в рацион питания продуктов, обогащенных натуральными биологически активными веществами, полученными из культивируемого и дикорастущего фитосырья функциональными пищевыми ингредиентами растительного и/или животного происхождения.

Современная наука о питании рассматривает плоды многих растений и другие их части как жизненно необходимые продукты. Они не только важны по своей пищевой ценности, но и служат источником биологически активных веществ, необходимых организму человека для нормального существования.

Известно, что плодово-ягодное сырье и лекарственные травы - это богатый источник минеральных веществ, каротиноидов, фенольных соединений, ферментов, многие из которых обладают антиоксидантными свойствами.

Биологическая ценность фитосырья известна человеку еще с древности. При этом ценность сырья определяется не только приятным вкусом и ароматом, содержанием питательных веществ, но и, главным образом, теми биологически активными веществами, благодаря которым они обладают целебными свойствами. Именно поэтому потребители все чаще и чаще стали выбирать продукты, изготовленные на основе натурального сырья.

В настоящее время у большей части трудоспособного населения выявляются симптомы дезадаптации, проявляющейся в снижении неспецифической резистентности организма к неблагоприятным факторам окружающей среды. Основная причина этого широко распространенного состояния, ухудшающего здоровье человека, недостаточная обеспеченность его организма биологически активными веществами, прежде всего витаминами и микроэлементами. Наряду с алиментарными немаловажное значение имеют социально-психологические факторы, воздействующие в процессе нервно-эмоциональной деятельности. Недостаточное потребление микронутриентов оказывает отрицательное воздействие на здоровье, рост, развитие человека и в итоге на жизнеспособность всей нации. Микронутриенты, содержащиеся в лекарственных травах, замедляют и предотвращают процессы, приводящие к сердечно-сосудистым и онкологическим заболеваниям. Защитным дей-

ствием обладают пищевые протекторы растений - каротиноиды, аскорбиновая кислота, фенольные соединения, микроэлементы (йод, селен, железо) и др.

В России, как и в большинстве развитых стран происходит дисбаланс в системе питания основной массы населения - с одной стороны, в питании населения наблюдается снижение потребления пищевых источников энергии и полноценного белка, витаминов, макро- и микроэлементов; с другой стороны, многие страдают избыточным весом, что является следствием нарушения обмена веществ. Сегодня в мире остро ощущается проблема нарушения обмена веществ у взрослых и детей, приводящая к диабету, ожирению, атеросклерозу, изменение углеводного обмена приводит к кариесу. Сложившаяся ситуация является одной из причин сокращения средней продолжительности жизни, за последние годы продолжительность жизни в России сократилась на 30%.

Известно, что природное растительное сырье представляет большую ценность, прежде всего, благодаря специфическим сочетаниям биологически и физиологически активных веществ: их трудно создать искусственно, и они обладают наибольшим эффектом в лечении и профилактике многих заболеваний. Весьма перспективны с этой точки зрения дикорастущие плоды и ягоды, содержащие больше биологически активных веществ по сравнению с культурными, а поэтому и пищевая ценность их намного выше. К тому же, если учесть, что все эти богатства природы растут без затрат человеческого труда, то перспективность и целесообразность их использования в технологиях пищевых продуктов очевидна.

Потребление и производство функциональных пищевых продуктов становится все более востребованным, что обусловлено не только развитием науки о питании, но и заботой потребителей о своем здоровье. Расширить ассортимент пищевых продуктов, обогащенных биологически активными веществами, возможно за счет использования растительного сырья, содержащего ценные с точки зрения физиологии питания компоненты. Изучению влияния которых на организм в настоящее время уделяется пристальное внимание.

Средняя часть России богата различными видами культурного и дикорастущего фитосырья, естественные запасы которых позволяют заготавливать их не только для местных нужд, но и в промышленных масштабах. Изучение возможности использования фитосырья средней полосы России в качестве сырьевого ресурса необходимо для расширения ассортимента и научного обоснования рецептур новых функциональных продуктов и увеличения объемов их промышленного производства.

В настоящее время в развитых странах, в т.ч. и России происходит стабильный рост потребления белка на душу населения, однако существующие мощности сельского хозяйства и пищевой промышленности не могут обеспечивать постоянно возрастающий уровень их потребления. Причинами постоянно увеличивающегося дефицита пищевого белка является стремительное увеличение населения Земли и происходящий параллельно с ним рост уровня жизни людей. В этих условиях экстенсивное хозяйствование более неэффективно, необходимо искать новые источники пищевого белка и микронутриентов пищи и осуществлять их технологическое внедрение в традиционные продукты питания. В этом направлении увеличивается объем производства нетрадиционных белковых препаратов, которые в комплексе с пищевыми функциональными ингредиентами растительного происхождения используются для производства обогащенных пищевых продуктов, сбалансированных по содержанию основных пищевых веществ в соответствии требованиями концепции адекватного питания.

Учитывая все вышеизложенное, в данной монографии представлен анализ потребительских свойств перспективных источников фитосырья и исследованы эффективные направления их использования для производства полифункциональных пищевых продуктов.

# **1. Сравнительный анализ химического состава перспективных источников традиционного и дикорастущего фитосырья средней зоны РФ. Изучение содержания основных витаминов в перспективных источниках традиционного и дикорастущего фитосырья средней зоны РФ**

По данным академика Тутельяна распространенность витаминного дефицита в РФ за последние годы приняла поистине угрожающие масштабы. У 80% населения выявляется недостаток витамина С, у 40-80% населения (в зависимости от региона) наблюдается дефицит витаминов группы В и ретинола. Особо стоит отметить, что глубина дефицита большинства витаминов, по данным последних исследований, составляет свыше 40% [1]. В сложившихся условиях требуется проводить повышение обеспеченности рациона витаминами путем введения функциональных пищевых ингредиентов в состав продовольственных товаров. Ниже приводится краткая характеристика витаминов, рассматривается возможность получения перспективного традиционного и дикорастущего растительного сырья средней зоны РФ для производства поливитаминных концентратов.

Витамины – это группа низкомолекулярных биологически активных органических веществ разнообразной химической природы, необходимые для нормальной жизнедеятельности организма. Они оказывают свое действие в малых количествах, их недостаток или отсутствие в пище приводят к гипо- и авитаминозам. Все витамины делятся на две группы: жирно- (А, D, Е, К) и водорастворимые (С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, Н, В<sub>9</sub>, В<sub>12</sub>).

Действие витаминов основано на том, что они превращаются в активные формы и являются коферментами или простетическими группами, входят в состав важнейших ферментных систем.

Потребность человеческого организма в витаминах зависит от возраста, условий проживания, состояния здоровья, пищевого статуса, вида деятельности и других факторов. В табл. 1 приведены нормы су-



точной физиологической потребности в некоторых витаминах для взрослого трудоспособного населения.

Таблица 1

Суточная потребность в витаминах взрослого человека трудоспособного возраста

Буквенное обозначение	Химическое название	Суточная потребность
Жирорастворимые витамины		
A	Ретинол	1,5-2,1 мг
D	Кальциферол	0,02 мг
E	Токоферол	20-40 мг
K	Филлохинон	1-2 мг
Водорастворимые витамины		
B <sub>1</sub>	Тиамин	1,5-2,0 мг
B <sub>2</sub>	Рибофлавин	1,5-2,0 мг
B <sub>3</sub>	Пантотеновая кислота	10 мг
B <sub>5</sub> (PP)	Ниацин	10-20 мг
B <sub>6</sub>	Пиридоксин	2-4 мг
B <sub>9</sub>	Фолиевая кислота	0,3-1,0 мг
B <sub>12</sub>	Кобаламин	0,003 мг
C	Аскорбиновая кислота	60-100 мг
H	Биотин	0,15-0,3 мг
Витаминоподобные вещества		
B <sub>4</sub>	Холин	0,5 мг
B <sub>8</sub>	Инозит	1,0-1,5 мг
B <sub>13</sub>	Оротовая кислота	-
B <sub>15</sub>	Пангамовая кислота	-
B <sub>T</sub>	Карнитин	500 мг
N	Липоевая кислота	-
P	Рутин	-
U		-
ПАБК	Парааминобензойная кислота	-
F	Линолевая, линоленовая кислоты	-

Витамин А (ретинол) обладает антиксерофтальмическими и антиинфекционными свойствами, поддерживает целостность слизистых оболочек и кожного покрова, хрящевой и костной тканей, кровеносных сосудов и органов пищеварения, в определенной степени регулирует сон и артериальное давление. Обеспечивает нормальный рост организма, репродуктивные функции, укрепляет зубы, волосы, ногти. В расте-

ниях присутствует в виде каротиноидов – провитамина А, который в организме человека превращается в ретинол.

Витамин В<sub>1</sub> (тиамин) в организме не синтезируется и должен поступать с пищей регулярно. Тиамин представляет собой бромистоводное производное. Он необходим для метаболизма углеводов, в котором он выполняет функцию кофермента, кроме того, тиамин играет важную роль при передаче нервных импульсов и в реакциях аэробного метаболизма. При его недостатке в организме накапливается пировиноградная кислота, развивается полиневрит, заболевание бери-бери, проявляющееся в нарушениях нервной и сердечнососудистой системы, сопровождающееся мышечным истощением, расстройством психики, у детей возможен летальный исход. Тиамин обладает кардиотрофическим и кардиотоническим действием, снижает болевой синдром и потребность в инсулине.

По данным института РАМН в настоящее время у большого числа людей наблюдается недостаточной витамина В<sub>1</sub>, проявляющаяся в утомлении, раздражительности и невнимательности.

Витамин В<sub>2</sub> (рибофлавин) синтезируется микрофлорой кишечника. Рибофлавин участвует в процессах тканевого дыхания, роста и развития организма, входит в состав ферментов, отнимающих водород от пиридиновых дегидрогеназ в виде соединений с фосфорной кислотой. При недостатке витамина В<sub>2</sub> нарушается нормальное воспроизведение клеток кишечного эпителия, что приводит к кишечным кровотечениям, язвенным колитам, желудочно-кишечным расстройствам, понижению устойчивости организма к инфекциям, замедлению регенерации крови, другим проявлениям авитаминоза является появление сыпи на лице, побледнение слизистой, на более поздних периодах появление светобоязни, снижение остроты зрения, поражение кожи себореей, нарушение функции нервной системы.

Витамин В<sub>3</sub> (пантотеновая кислота) синтезируется микрофлорой кишечника человека. Участвует в обмене углеводов, белков и жиров, обладает антиинфекционными свойствами, выполняет цитопроTECTивную функцию. Оказывает нормализующее влияние на функции щитовидной железы и надпочечников.

Витамин В<sub>6</sub> (пиридоксин) синтезируется микрофлорой кишечника. Принимает участие в обмене липидов, аминокислот, в образовании цистина, гемоглобина, пролина, стимулирует работу мышц, обеспечивает защитную функцию кожи, способствует росту и снижению уровня холестерина.

Витамин Н (биотин) синтезируется микрофлорой кишечника. Участвует в углеводном, липидном и белковом обменах, необходим для

нормальной функции кожи, нервной системы, связывает альбумин яичного белка в кишечнике. Оказывает влияние на функции половых органов.

Витамин В<sub>9</sub> (фолиевая кислота) синтезируется микрофлорой кишечника. Играет важную роль в развитии эмбриона, особенно в процессе формирования мозга, синтезе аминокислот, белковом и жировом обменах. Способствует повышению количества гемоглобина, увеличению числа эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. Фолиевая кислота стимулирует воздействие на кроветворную функцию головного мозга, положительно влияет на работу кишечника.

Витамин В<sub>12</sub> (цианокобаламин) синтезируется в организме человека. Обеспечивает нормальное протекание гемопоэза, участвует в обмене углеводов, липидов, аминокислот нервной ткани, способствует снижению уровня холестерина, является фактором роста. Цианокобаламин регулирует функции абсорбции в желудочно-кишечном тракте, участвует в построении ряда ферментных систем.

Витамин С (аскорбиновая кислота) не синтезируется организмом и должен поступать с пищей. Регулирует окислительно-восстановительные процессы и обмен веществ, повышает тонус организма, нормализует проницаемость капилляров, усиливает свертываемость крови, влияет на работу щитовидной железы и яичников. Аскорбиновая кислота помогает сохранять здоровыми зубы, кости, мышцы и хрящи, способствует росту и восстановлению тканей, заживлению ран. Участвует в синтезе гормонов надпочечников и в процессах детоксикации в микросомах клеток печени.

Витамин D (кальциферол) содержится в растениях в виде провитаминов – фитостеридов, которые под действием ультрафиолетовых лучей синтезируются в организме человека в кальциферолы. Регулирует кальциево-фосфорный обмен в клетках слизистой оболочки тонкого кишечника и костной ткани, улучшает усвоение магния, ускоряет выведение свинца из организма.

Витамин Е (токоферол) не синтезируется в организме человека, но способен в нем накапливаться. Влияет на функцию половых желез, усиливает действие витамина А, участвует в регулировании обмена углеводов, жиров, белков, оказывает положительное действие при гипертонии, ревматизме и коронарном атеросклерозе. Токоферол стимулирует мышечную деятельность, способствует накоплению во внутренних органах жирорастворимых витаминов, предотвращает перекисное окисление липидов в клеточных и субклеточных мембранах.

Витамин К частично синтезируется в организме человека. Играет важную роль в механизме свертывания крови, стимулирует протромбинообразовательную функцию печени, повышает уровень про-

тромбина в плазме крови. Является одним из компонентов клеточных мембран, участвует в транспортировке электронов.

Витамин РР (ниацин) частично синтезируется в организме из триптофана. Ниацин находится в двух формах – в виде никотинамида и никотиновой кислоты. Он входит в состав окислительно-восстановительных ферментов, участвует в липидном, белковом и углеродном обменах, образовании гемоглобина, эритроцитов, тканевом дыхании. Нормализует функции желудка и печени, улучшает секрецию и состав сока поджелудочной железы, участвует в процессах детоксикации, оказывает сосудорасширяющее действие. Недостаток этого витамина приводит к развитию пеллагры, характерными симптомами которой являются дерматит, диарея и слабоумие. [2,3,4]

Одним из возможных источников поступления в организм витаминов и минеральных веществ является разработанный нами в рамках предыдущих этапов белковый препарат люпина. Ранее было показано, что автолизат муки из бобов люпина может служить источником полноценного белка, однако люпин, как и другие бобовые культуры обладает существенной биологической ценностью. Также был рассмотрен в качестве источника витаминов белковый препарат чечевицы, который удовлетворяет потребности организма в витаминах В<sub>2</sub> и РР до 15% от суточной потребности. Особенно важны для человека витамин В<sub>2</sub> (рибофлавин), являющийся регулятором обмена веществ и реакций окисления в организме, и витамин РР (ниацин), участвующий в клеточном дыхании и обмене белков.

Еще одним важным источником витаминов является традиционное толокно. Толокно представляет собой муку из овса, подвергнутого глубокой гидротермической обработке, с целью повышения питательной ценности продукта. Сущность процесса гидротермической обработки заключается в разрушении клейких веществ, находящихся в пленках и оболочках зерна и гидролиза крахмала эндосперма. Гидротермическая обработка приводит к почти полному снижению обсемененности продукта микроорганизмами. Поэтому толокно часто вводят как зерновой компонент в молочные детские продукты в качестве обогатителя основного химического состава и, особенно, по содержанию железа при профилактике анемии.

Толокно отличается от муки прежде всего лучшим вкусом, большей питательностью, поскольку в нем сохраняются все фракции зерна, в то время как в муке первые наиболее питательные обдирные фракции часто идут в отходы.

В табл. 2 приведены результаты анализа витаминного состава толокна в сравнении с сухим обезжиренным молоком, т.к. последнее,

традиционно используется в рецептурах молочного мороженого. Из таблицы видно, что толокно лишь незначительно уступает сухому обезжиренному молоку по содержанию большинства витаминов.[5]

Таблица 2

Витаминный состав толокна и сухого обезжиренного молока

Наименование показателя	Сухое обезжиренное молоко	Толокно
Витамины, в том числе:	0,30	0,20
В <sub>6</sub> , мг		
В <sub>2</sub> , мг	1,80	0,06
Ниацин, мг	1,20	0,70
Тиамин, мг	0,30	0,22
Фолацин, мкг	26,0	20,0

Традиционной для средней территории РФ культурой, обладающей большим содержанием водо- и жирорастворимых витаминов является лен. Практически утраченное возделывание льна может быть возобновлено при условии его двойного использования: как прядильной и пищевой культуры одновременно, ведь лен – одна из перспективных сельскохозяйственных культур, имеющая научное и практическое значение в производстве продуктов питания общего и специализированного назначения, в том числе БАД к пище. Льняное семя в среднем содержит, в%: 23 белков, 35 жира, 22 безазотистых экстрактивных веществ, 9 клетчатки, 3 золы, 8 воды. Является источником витаминов, макро- и микроэлементов.

Семена льна используются при производстве продуктов питания и являются источником большинства витаминов, макро- и микроэлементов. Содержание витаминов в семенах льна сорта «Кудряш» и сорта «Ручеек», приведен в табл. 3 и 4.

В результате проведенных исследований в семенах льна пищевого сортов «Кудряш» и «Ручеек» установлено высокое содержание жирорастворимых витаминов - токоферолов (альфа, дельта, гамма), в количествах, превышающих соответственно 53,5 и 48,2%, а также тиамин (витамин В<sub>1</sub>) и фолиевой кислоты. В 100 г семян льна содержится половина суточной потребности в тиамине и фолиевой кислоте.

Таким образом, лен обладает наилучшим соотношением «цена-качество» в качестве сырья для производства функциональных пищевых ингредиентов. Введение льна в качестве продовольственной культуры позволит повысить рентабельность производства и обработки льна и повысить предпринимательскую привлекательность возделывания данной культуры.[6,7]

Таблица 3

## Содержание витаминов в семенах льна пищевого

Витамины	Суточная потребность, мг	Содержание витаминов в семенах льна		Степень удовлетворения суточной потребности, %	
		«Кудряш»	«Ручеек»	«Кудряш»	«Ручеек»
Водорастворимые витамины, мг/100 г					
Аскорбиновая кислота	60,0	0,50	0,7	0,83	1,17
Тиамин (витамин В <sub>1</sub> )	1,0-1,4	0,53	0,62	44,17	51,67
Рибофлавин (витамин В <sub>2</sub> )	1,2-1,6	0,23	0,31	16,43	22,14
Пиридоксин (витамин В <sub>6</sub> )	2,0-2,2	0,61	0,72	29,1	34,29
Ниацин (никотиновая кислота)	13-16	3,21	2,9	22,93	20,71
Пантотеновая кислота	4-7	0,57	0,64	10,36	11,64
Водорастворимые витамины, мкг/100 г					
Фолиевая кислота	200	112,0	118,0	56,0	59,0
Биотин	100-200	6,0	8,0	4,0	5,3
Жирорастворимые витамины, мг/кг					
Токоферолы (витамин Е)	10-30	30,7	29,63	153,5	148,2
α-Токоферол	-	0,55	0,52	-	-
δ-Токоферол	-	0,45	0,41	-	-
γ-Токоферол	-	29,70	28,7	-	-

Среди традиционных культур большой потенциал в качестве витаминного сырья имеют томаты. Томаты являются источником витаминов и минеральных веществ. Красная, оранжевая, оранжево-красная окраска плодов связана с содержанием красящих веществ — ликопина, каротина и ксантофилла, содержание которых составляет в среднем, соответственно, 7,85; 0,73 и 0,16 мг/100 г сырой массы.

По данным Брежнева и Церевитинова в 1 кг свежих плодов содержится (мг): 250-300 – витамина С (аскорбиновой кислоты), 15-17 – провитамина А (β-каротина) (желтоплодные сорта его почти не содержат), 1-1,2 – витамина В<sub>1</sub> (тиамина), 0,5-0,6 – витамина В<sub>2</sub> (рибофлавина), 4,1-4,5 – витамина РР (никотиновой кислоты), 0,75 – витамина В<sub>9</sub> (фолиевой кислоты) и 0,04 – витамина Н (биотина), витамин К (филлохинон), который регулирует свертываемость крови. Большое влияние

на содержание витаминов оказывает способ их выращивания – в открытом или закрытом грунте.

Таблица 4

Сравнительное содержание каротиноидов и токоферолов  
в растительных маслах

Наименование масла	Содержание каротиноидов (на $\beta$ -каротин), мг%	Сумма токоферолов (изо- меры), мг%
Кедровое	-	40-60
Зародышей пшеницы	21,9	110-228
Семян облепихи	21,9	-
Льняное	3,35	66

В последнее время внимание ученых особенно привлекает витамин I или ликопин, содержащийся в красных помидорах. Это естественный пигмент, синтезируемый растениями и микроорганизмами, превосходящий по своим антиоксидантным свойствам витамины С, Е,  $\beta$ -каротин и др. каротиноиды. По мнению отечественных и зарубежных ученых ликопин предупреждает развитие атеросклероза, снижает риск развития онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний. Выявлено, что этого витамина больше и степень усвоения его выше в продуктах переработки помидоров, чем в свежем сырье. Желтые и оранжевые помидоры содержат  $\beta$ -каротин и ксантофилл. Количество ликопина, каротина и ксантофилла увеличивается в плодах по мере их созревания. Так по данным Церевитинова Ф.В. содержание ликопина увеличивается от 0,11 мг в зеленых плодах, до 0,84 мг - в полужелтых, и до 7,85 мг - в зрелых плодах. Содержание  $\beta$ -каротина (провитамина А) находится в прямой зависимости от окраски и степени зрелости плодов. Самое большое количество  $\beta$ -каротина наблюдается в оранжевых плодах в полной зрелости (до 5 мг/%), в красных плодах содержание  $\beta$ -каротина составляет 1,6 - 2 мг на 100 г сырого вещества.

Обнаружено в помидорах наличие витамина U (S-метилметионина) - противоязвенного фактора, защищающего организм от болезней желудка и двенадцатиперстной кишки. Также витамин U оказывает антигистаминное действие, благодаря чему уменьшает симптомы пищевой аллергии, поллиноза, бронхиальной астмы. Липотропное действие этого витамина защищает печень от жирового перерождения.

При изучении пищевой ценности помидоров, в т.ч. мелкоплодных, особое внимание уделяется селекции и производству сортов с повышенным содержанием биологически активных веществ. Помидоры явля-

ются уникальными источниками ликопина и каротиноидов и важным источником аскорбиновой кислоты.

Витаминный состав плодов мелкоплодных сортов томата отражен в табл. 5.

По данным института питания РАМН человеку ежедневно требуется 60-70 мг аскорбиновой кислоты и 1-5 мг каротина. Из данных таблицы 5 видно, что в сортах томата Виноград 10-ти плодный и Мини Белл массовая доля аскорбиновой кислоты превышает среднестатистическое содержание ее в крупноплодных томатах и составляет 50,35 и 48,4 мг/100 г, что обеспечивает суточную потребность на 72,0 и 69,1% и соответствует нормам для функциональных продуктов по ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые функциональные».

Таблица 5  
Витаминный состав 100 г плодов томата (среднее 2009-2011 гг.)\*

Исследуемые сорта	Аскорбиновая кислота, мг/100г	Каротиноиды, мг/100г		
		Общие	β-каротин	Ликопин*
Королек	40,1±0,24	8,7±0,5	3,8±0,11	3,9±0,1
Мини гольд	34,8±0,22	1,25±0,15	1,17±0,2	-
Благородный принц	35,2±0,22	6,9±1,2	3,0±0,5	1,8±0,6
Оранжевые сливки	33,6±0,24	6,3±0,1	6,1±0,2	-
Мини Белл	48,4±0,24	8,85±0,55	3,9±0,3	4,2±0,2
Золотая капля	42,0±0,24	0,97±0,04	0,9±0,1	-
Виноград 10-ти плодный	50,3±0,24	6,1±0,05	2,9±0,05	1,6±0,05
Черный мавр	35,6±0,22	6,35±0,15	3,3±0,1	2,9±0,1
Золотая кисть	37,8±0,24	1,4±0,15	1,37±0,15	-
Сливовидный желтый	44,4±0,24	1,0±0,03	0,9±0,06	-
Крупноплодные томаты (справочные данные)**	25,0	3,0	0,8	2,2

\*Массовую долю ликопина определяли в сортах с красной окраской плодов

\*\* по Скурихину И.М.

Самым низким содержанием аскорбиновой кислоты отличились сорта Оранжевые сливки (33,6 мг/100 г) и Мини гольд (34,8 мг/100 г), что обеспечивает суточную потребность на 48,0 и 49,7% и соответствует нормам для функциональных продуктов по ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые функциональные».

Каротиноиды (β-каротин, ликопин и др.) важнейшая группа биологически активных веществ, обладающая высокими антиоксидантными



ми свойствами. Содержание каротиноидов зависит в основном от сортовых особенностей и варьирует в широких пределах.

По данным института питания РАМН физиологическая норма потребления каротина составляет 1-5 мг в сутки. По содержанию суммы каротиноидов выделились сорта Мини Белл (8,85 мг/100 г) и Королек (8,7 мг/100 г). Самым низким содержанием – сорт Золотая капля (меньше 1 мг/100 г).

По содержанию ликопина, обладающего из каротиноидов самой высокой антиоксидантной активностью, выделились сорта Мини Белл (4,2 мг/100 г) Королек (3,9 мг/100 г) и Черный мавр (2,9 мг/100 г), что обеспечивает суточную потребность на 84,0, 78,0 и 58% соответственно. [8-12]

Ликопин - это естественный пигмент, синтезируемый растениями и микроорганизмами, но не синтезируемый животными. Это каротиноид, ациклический изомер В-каротина, который не имеет активности витамина А. Он содержит прямые цепи углеводов с 11 конъюгированными и 2 неконъюгированными двойными связями. В последнее время научный интерес к ликопину сосредоточился на его антиоксидантных свойствах. Однако начинают исследовать и другие его свойства: модуляцию межклеточных взаимодействий, воздействие на эндокринную и иммунную систему и метаболические пути. Как полиен ликопин претерпевает цис-транс изомеризацию под действием света, тепловой энергии или в результате химических реакций. Ликопин из естественных растительных источников существует в основном в транс конфигурации, наиболее термодинамически стабильной форме. В плазме крови человека ликопин содержится в виде смеси изомеров, состоящей на 50% из цис изомеров. Транс, 5-цис, 9-цис, 13-цис и 15-цис изомеры – это наиболее часто определяемые изомерные формы ликопина. Биологический смысл этих изомеров ликопина пока неясен.

Ликопин, потребляемый в его естественной транс форме, в которой он существует в томатах, слабо усваивается. Последние исследования показали, что тепловая обработка томатов и томатопродуктов вызывает изомеризацию ликопина в цис-форму, которая увеличивает усвояемость ликопина. Однако есть некоторые свидетельства, что реакции изомеризации могут происходить в теле человека. Высокую концентрацию цис изомеров также наблюдали в сыворотке крови человека и ткани простаты, возможно тканевые изомеразы могут быть задействованы в изомеризацию ликопина из транс в цис формы.

У людей, больных раком простаты, уровни ликопина в сыворотке и простате ниже, чем у людей контрольной группы того же возраста. Предполагается, что вероятно у больных раком простаты теряется спо-

способность изомеризовать получаемый с пищей ликопин и, следовательно, и они не могут его эффективно усваивать.

*Присутствие ликопина в различных пищевых продуктах.* В отличие от других пищевых каротиноидов ликопин человек получает из очень ограниченного списка фруктов и овощей. Наиболее распространенные источники ликопина – это красные фрукты и овощи, включая томаты, арбузы, розовые грейпфруты, абрикосы и розовые гуава. Томаты и томатопродукты, такие как сок, кетчуп, паста, соус и суп являются хорошими источниками ликопина и поставляют более 85% ликопина жителям Северной Америки. Содержание ликопина в томатах варьирует в связи с их разнообразием и увеличивается во фруктах по мере созревания. Установлено, что среднее потребление ликопина с пищей составляет 25 мг/день, причем 50% ликопина потребляется из томатопродуктов. Рекомендуемое ежедневное потребление ликопина 35 мг/д не достигалось. До сих пор не проводились исследования по сравнению усвояемости ликопина из различных томатопродуктов: пасты, сока, кетчупа, соуса и супа. Усвояемость ликопина при приготовлении томатопродуктов возрастает по трем причинам: из-за высвобождения ликопина из пищевого матрикса и процессе обработки томатов; из-за добавления в эти продукты липидов и из-за индуцируемой под действием тепла изомеризации – перехода ликопина из транс в цис форму. Однако остается неясным, действительно ли цис-изомеры более биологически эффективны, чем трансизомеры. На усвояемость ликопина также влияют его доза и присутствие других каротиноидов, таких как В-каротин.

В развитии различных хронических болезней человека большую роль играют формы кислорода (ROS) и вызываемое ими окислительное повреждение. Ликопин – это один из наиболее мощных антиоксидантов и, как полагают, предупреждает развитие рака и атеросклероза, защищая наиболее важные биомолекулы, включая липиды, липопротеиды низкой плотности (LDL), белки и ДНК. В целом ряде исследований было показано, что ликопин – эффективный антиоксидант и нейтрализатор свободных радикалов. Ввиду того, что ликопин содержит большое число конъюгированных двойных связей, он способен нейтрализовать большее количество синглетного кислорода по сравнению с В-каротином или L-токоферолом. В условиях *in vitro* было обнаружено, что ликопин инактивирует перекись водорода и двуокись азота. Используя методику пульсового радиолиза Mortezen et al. продемонстрировали способность ликопина нейтрализовать двуокись азота (NO<sub>2</sub>), тиоловые (RS) и сульфониловые (RSO<sub>2</sub>) радикалы. Ликопин высоко липофильная молекула и наиболее часто расположен в клеточных мембранах и в связи с другими липидными

мембранах и в связи с другими липидными компонентами. Поэтому полагают, что липофильное окружение ликопина должно максимально поглощать ROS. Было найдено, что ликопин – наиболее активный антиоксидант в защите липосомальных мембран от перекисного окисления липидов, вызываемого Z,2'-азобис (2,4-диметилвалеронитрилом) (AMVN) . Окисление LDL, как полагают, является ключевым моментом в атеросклеротическом процессе, и антиоксиданты, защищая LDL, обеспечивают защиту от этого окисления. *In vitro* ликопин и другие каротиноиды способны тормозить окисление LDL. Также было найдено, что ликопин защищает мембраны лимфоцитов от повреждения и сами лимфоциты от гибели под действием NO<sub>2</sub> в 2 раза эффективнее, чем В-каротин. В настоящее время исследуются антиоксидантные эффекты ликопина *in vivo*, его взаимодействия с организмом и другими пищевыми антиоксидантами.

В ряде исследований использовали тканевые культуры и системы *in vitro* для обнаружения профилактического действия ликопина. Levy et al нашли, что ликопин тормозит рост растущих в тканевых культурах раковых клеток, происходящих из эндометрия, молочной железы и легких, более эффективно, чем L и В-каротин. Ликопин вместе с витамином D<sub>3</sub> синергично тормозят развитие клеточного цикла и вызывают дифференцировку HL60 линии промиелоцитарных лейкозных клеток в мышинных эмбриональных фибропластах ликопин усиливает взаимодействия между клетками, увеличивая экспрессию генов коннексина, который кодирует синтез главного белка, ответственного за межклеточные контакты, и, по-видимому, действует как антираковый агент. Также ликопин защищает мышей от индуцируемого под действием микроцистина CR рака печени, за счет торможения фосфорилирования регуляторных белков и задержки клеток в G<sub>0</sub>/G<sub>1</sub> фаза клеточного цикла. Получены предварительные данные, что ликопин *in vitro* тормозит клеточную пролиферацию, индуцируя в различных линиях раковых клеток IGF-1. В физиологических концентрациях ликопин совместно с L-токоферолом синергично тормозит размножение нечувствительной к андрогену линии клеток рака простаты. На J 774 A 1 макрофагальной клеточной линии ликопин действует как гипохолестеринемический агент, угнетая активность HMG-CoA редуктазу.

Ликопин, возможно, играет важную роль в защите человека от различных форм рака. На животных определяли поглощение и тканевое распределение.

Jain et al недавно нашли, что 10 ppm пищевого ликопина у крыс поглощается и распределяется в различных тканях. Наибольшие количества ликопина определяются в тканях печени, селезенки и простаты,

а наименьшее – в мозге. Различные уровни ликопина в различных тканях, по-видимому, связаны с избирательным его поглощением, определяемым тканеспецифическими механизмами. Использование животных моделей для исследования *in vivo* биохимических функций ликопина позволило провести исследования в точно определенных контролируемых условиях с минимумом нежелательных переменных обстоятельств. Хотя существуют различные животные модели экспериментального рака, очень мало известно о поглощении, метаболизме и распределении пищевого ликопина и возможных механизмах его эффектов на развитие рака. Еще в 1959 г. было найдено, что пищевой ликопин или введение ликопина внутривнутрибрюшинно создают защиту от ионизирующей радиации, невосприимчивость к бактериальной инфекции и торможение роста опухолей, вызывающих асцит у мышей.

У крыс внутривнутрибрюшинное введение ликопина тормозит рост и развитие C-6 глиомных клеток ксенотрансплантата. Торможение роста опухоли было более выражено, если ликопин вводили до введения клеток опухоли. Длительное потребление ликопина с пищей заметно замедляет возникновение и тормозит рост и развитие спонтанного рака молочной железы у высококорактовой линии мышей. Этот эффект связан с уменьшением активности фермента молочных желез – тимидилат синтазы и уменьшением в сыворотке концентраций свободных жирных кислот и пролактина, гормона, известного своей вовлеченностью в развитие рака груди, который стимулирует размножение клеток. Ликопин также усиливает иммунный ответ, усиливая Т-клетки хелперы и нормализуя дифференцировку Т-клеток во время роста опухоли у мышей. В малых дозах ликопин тормозит развитие индуцируемых N-methylnitrosourea (mnu) аномальных очагов в криптах (ACF) в толстом кишечнике Sprague-Dawley крыс. В случае вызванного диметилбензотраченом (DMBA) рака молочных желез у крыс внутривнутрибрюшинное введение олеоресцина (фракция томатов, обогащенная ликопином), но не В-каротина, угнетался опухолевый рост, о чем судили по размеру и количеству опухолей.

Из всех проверенных каротиноидов только пищевой ликопин значительно уменьшал вызываемые диэтилнитрозамином предопухолевые очаги в печени крыс. Предполагают, что это действие ликопина связано не с его антиоксидантными свойствами, а со способностью изменять активность ферментов печени, активируемых диэтилнитрозамином цитохрома P 450 2E1. Потребление томатного сока тормозит развитие индуцируемого под действием N-бутил-N-(4-гидрокси-бутил)-нитрозамина (BBN) рака мочевого пузыря у 344 крыс линии Фишер. Недавно в нашей лаборатории было показано, что пищевой лико-

пин значительно уменьшает окисление липидов и белков и проявляет выраженное защитное действие против индукции азоксиметаном (АОМ) предраковых изменений в толстом кишечнике (38). Также было обнаружено, что пищевой ликопин, содержащийся в овощном соке, защищает от индукции АОМ атипичных очагов в криптах на модели толстого кишечника крыс.

**Пищевой ликопин**, растворенный в питьевой воде в дозе 50 ppm значительно уменьшал развитие легочных аденом и карцином у мышей самцов под действием диэтилнитрозамина (ДЕИ-1), метилнитрозомочевины (MNU) и диметилгидразина (DMD) (46). Однако защитные эффекты ликопина против рака легких не наблюдались у самок мышей. Пищевой ликопин не влиял на развитие опухолей толстого кишечника и почек в этом исследовании. Введение пищевого ликопина не оказало эффекта на способность карциногенов, содержащихся в табачном дыме, бензо(а)пирена и 4-(метил)нитрозамино-1-3-пиридил-1-бутанона, индуцировать многочисленные опухоли легких у A/S мышей (47). Отсутствие защиты от вызванных бензопиреном опухолей легких было вероятно связано с тем, что на этой модели отсутствовало окисление ДНК. Ликопин также не оказывал эффекта на индукцию 2-нитропропаном опухолей печени или индукцию диметилгидразином (DMN) рака толстого кишечника у мышей (48). Диетарный ликопин не влиял на индукцию афлатоксином В1 предраковых очагов в печени крыс, в то время как В-каротин обеспечивал значительную защиту.

Важные клинические исследования. Интерес к ликопину и его потенциальной защитной роли в предупреждении хронических болезней происходит в основном из эпидемиологических наблюдений над нормальными популяциями и популяциями высокого риска. Настоящее знание в основном зиждется на данных, полученных из диетарных подсчетов определений ликопина в плазме крови в отношении хронических заболеваний. В начале эпидемиологические исследования о роли ликопина в отношении хронических болезней сконцентрировались на злокачественных новообразованиях. Средиземноморская диета, богатая фруктами и овощами, включая томаты, как полагают, ответственна за меньшую заболеваемость раком в этом регионе. В ряде эпидемиологических исследований было показано, что потребление томатов и томатопродуктов ассоциировано с меньшим риском развития различных форм рака (51). Colditz et al изучили частоту потребления различных типов овощей и смерть от рака у 1271 пожилого человека в Массачусете. Значительное потребление томатов было связано с 50% уменьшением гибели от всех форм рака. Морковь и другие богатые каротиноидами овощи не оказывали эффекта.