

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ»
(ФГБОУ ВО «МГУПП»)

Волоколамское шоссе, дом 11, Москва, 125080.
тел: (499)750-01-11 (доб. 65-67); e-mail: mgupp@mgupp.ru; http://www.mgupp.ru
ОКПО 02068634; ОГРН 1037739533699; ИНН/КПП 7712029651/774301001

«Утверждаю»

Проректор по научной работе,
д.т.н., профессор

М.П. Щетинин

«26» 10 2021 г.



МЕТОДИКА

назначения персонализированного питания (ИРП)

Разработал:
заведующий кафедрой
организации здравоохранения и
госсанэпидслужбы с курсом
судебно-медицинской экспертизы
Медицинского института
непрерывного образования, д.м.н.,
профессор

Э.З. Маев

МОСКВА, 2021 г.

Оглавление

I.	Введение	3
II.	Персонализированное питание в системе продовольственного обеспечения населения	5
	2.1. Социокультурный феномен пищи как фактор формирования потребительской индивидуальности	5
	2.2. Антропологическое разнообразие, обуславливающее необходимость в персонализации пищевого обеспечения	6
	2.3. Современные технологии, обеспечивающие возможность разработки модели персонализированного питания	10
	2.4. Персонализированное питание на основе микробиоты	21
III.	Методы проектирования персонализированного питания	27
	3.1. Проектирование персонализированной диеты	28
	3.2. Методы проектирования персонализированной диеты на основе цифровых технологий	29
	3.3. Применение метода кластеризации многомерных объектов	30
	3.4. Организации продовольственного обеспечения отдельной социальной группы на принципах персонализированного питания	31
	3.5. Существующие и перспективные сервисы реализации персонализированного питания	33
IV.	Персонализированное питание детей и подростков	38
	4.1. Особенности питания детей и подростков	38
	4.2. Персонализированное питание детей с генетическими и наследственными заболеваниями	39
	4.3. Персонализированное питание детей – спортсменов	44
V.	Список использованных источников	47

I. ВВЕДЕНИЕ

Современный человек подвержен многочисленным стрессам, связанным с интенсивным образом жизни, а также воздействием факторов техногенной среды обитания. Высокие темпы урбанизации населения привели к необходимости существенной коррекции стиля жизни значительной его части. Ранее изменения во взаимодействии с окружающей средой наступали в течение нескольких поколений, что позволяло человеку использовать, в том числе, и механизмы генетической адаптации к изменяющемуся стилю жизни. Со второй половины XX века существенные изменения условий жизни происходят уже в течение жизни одного поколения, что неизбежно формирует конфликты между антропологически обусловленной физиологической традицией и необходимостью адаптации к быстроменяющейся среде обитания. Примером таких изменений может служить «продовольственная революция», которая произошла в России в течение 90-х годов прошлого столетия и заключается в повсеместном переходе на индустриальное продовольственное обеспечение. Экономической предпосылкой этой социальной технологии является приоритет интересов системы распределения продовольствия (ритейл) и промышленности в ущерб интересам потребителя. Внедрение интенсивных технологий производства и распределения продовольственных ресурсов имеет своей целью увеличение сроков хранения, повышения «технологичности» продовольствия в процессе его получения, доставки, хранения и распределения. Особую роль играют также информационные технологии, прежде всего - реклама, направленные на формирование заданного психологического портрета реализуемой продукции. В XXI веке эта тенденция усиливается и приобретает тотальный характер. Такой подход в системе продовольственного обеспечения, безусловно, является путём к стрессовым состояниям потребителей, которые зачастую приводят к нарушению гомеостаза организма человека, выражающемуся в патологическом изменении обмена веществ, росту наследственных болезненных состояний и их «омоложению».

Анализ фактического питания населения России свидетельствует о том, что рационы россиян характеризуются избыточным потреблением жиров животного происхождения и легкоусвояемых углеводов, но дефицитны в отношении эссенциальных нутриентов: пищевых волокон, витаминов, макро- и микроэлементов.

Проведённый органами здравоохранения мониторинг рационов питания населения России по различным социальным группам в зависимости от доходов показал:

- дефицит белка до 15-20 % от рекомендуемых величин суточного потребления среди групп населения с низкими доходами;

- дефицит ПНЖК омега-3 и 6 на фоне избыточного употребления насыщенных жиров;
- дефицит витаминов С и Д – у 90% населения;
- дефицит витаминов группы В и фолиевой кислоты – у 60-80%;
- жирорастворимых витаминов – антиоксидантов А, Е, К и бета-каротина – у 50 - 60% населения;
- дефицит клетчатки и пектина в 2 раза ниже рекомендуемой суточной потребности.

При этом каждый человек и его организм уникален, однако традиционные пищевые продукты и рационы базируются в основном на универсальных подходах к проектированию их составов. Движущей силой на пути эффективного изучения взаимосвязи питания и здоровья становятся новые науки, возникающие на стыке современных направлений исследований, такие как, например, нутригенетика. Нутригенетика предоставляет возможность на основе индивидуального генетического анализа выявить аллельные варианты «генов предрасположенности», участвующих в формировании нутритивного статуса и определяющих склонность или устойчивость к риску алиментарно обусловленных патологий, в том числе таких как диабет, остеопороз, сердечнососудистые, онкологические заболевания и проч., и составить оптимальную для человека прогностическую систему питания.

Актуальными на сегодняшний день являются направления в области разработки специализированных пищевых продуктов, а также продуктов и рационов персонализированного питания (основанных на учёте аллельного полиморфизма индивидуальных «генов предрасположенности», связанных с усвоением определённых пищевых нутриентов), направленные на улучшение структуры питания населения. В Указе Президента РФ №97 от 11.03.2019г «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» содержится информация о необходимости «осуществления генетической паспортизации населения с учётом правовых основ защиты данных о персональном геноме человека и формирование генетического профиля населения», что, несомненно, будет способствовать распространению технологий генетического скрининга и формированию условий для появления новых услуг и продуктов, в том числе продуктов питания, основанных на учёте генетических данных человека.

На сайте Национальной технологической инициативы (www.nti2035.ru/nti/) указано, что в ближайшем будущем прогнозируется появление рынка производства и реализации персонализированных пищевых продуктов, а также сопутствующих IT-

решений (например, обеспечивающих сервисы по логистике и подбору индивидуального питания). Объем рынка персонализированного питания в России в денежном эквиваленте к 2035 году оценивается более, чем в 35 млрд. долл. США.

II. ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЕ ПИТАНИЕ В СИСТЕМЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

2.1. Социокультурный феномен пищи как фактор формирования потребительской индивидуальности

Смысл термина «Еда» можно разделить на биологические – насыщение организма человека питательными веществами, необходимыми для поддержания жизни; культурные – приобщение посредством питания к определённой традиции, принятой в той или иной национальной общности; философские – пища как феномен бытия; психологические – получение чувства уверенности и защищённости, религиозные – связь с той или иной религией.

Кроме того, пища удовлетворяет органолептические потребности человека, создаёт ощущение удовлетворённости жизнью.

В отличие от животного человек не относится к пище как к средству, необходимому только для поддержания жизнедеятельности. Одна из особенностей потребления пищи людьми заключается в том, что мы едим не только для того, чтобы восполнить потребности организма в энергии и необходимых веществах. Существуют различные виды ритуальной пищи (праздничной, поминальной, символической). Вместе с тем, пища удовлетворяет и престижные потребности.

Принимая во внимание особый культурологический смысл принятия пищи, нельзя не отметить глобальные тенденции в этом процессе. Всемирное распространение концепции быстрого питания приводит к упрощению, унификации самого процесса питания. Все в меньшей степени люди осознают себя частью определённой национальной культуры. Установившиеся традиции совместного, неторопливого принятия пищи с дружеской беседой за столом сменяются моделью быстрого простого насыщения.

С другой стороны, в современном мире наблюдаются и обратные процессы.

Для большинства культурных обществ начала XXI века характерно возрождение своего национального самосознания, обращение к истории своего народа, к обычаям и традициям. Культура питания становится знаком, посредством которого можно выразить свою индивидуальность в условиях глобализации. Этим объясняется растущая

популярность ресторанов национальной кухни: для «своих» они представляют существенный пласт собственной культуры, а для «чужих» открывают возможность диалога.

Таким образом, в настоящее время в условиях глобализации наблюдаются две тенденции разного характера. С одной стороны, растёт потребление покупных продуктов и полуфабрикатов, а также переход на навязываемую модель быстрого питания. С другой стороны, наблюдается возрастание интереса к традиционным блюдам и продуктам. Несомненно, эти тенденции взаимообусловлены.

2.2. Антропологическое разнообразие, обуславливающее необходимость в персонализации пищевого обеспечения

Существование огромного разнообразия видов мировой национальной кухни, являющейся, по сути, предшественником персонализированной системы питания на уровне отдельных этнических групп, является своеобразным отражением той или иной экосистемы, в которой формировался этнос. Влияние экологических условий выражается не только в степени доступности пищевых ресурсов или уровне интенсивности обмена веществ у обитателей того или иного региона. Специфика конкретных биотопов влияет на возникновение «национальных традиций питания». Потребности организма в питательных веществах (нутриентах) в сочетании со специфичными ресурсами природной среды обитания ведут к формированию привычек и традиций, которые закрепляются на очень длительные периоды времени.

Питание - один из важнейших элементов адаптации любого живого организма. Потребности в поступлении основных пищевых веществ и энергии принципиально одинаковы у всех жителей нашей планеты. Однако, ясно, что для каждого из них предпочтительными являются разные стратегии как в сохранении энергии, так и в её обеспечении за счёт питания. Эти стратегии основаны на долговременных адаптациях к среде обитания как биологическим путём (приводящим к формированию адаптивных типов), так и в результате культурно-хозяйственных изменений в обществе (приводящих к образованию различных систем жизнеобеспечения).

К адаптивному типу относят совокупность людей, обладающих специфическими морфологическими и физиологическими особенностями организма (обусловленными в том числе и генетически общими характеристиками, среди которых значимой является частота аллелей различных генов в популяции).

Различные адаптивные типы требуют различных подходов в продовольственном обеспечении, основанных на генетической предрасположенности к усвоению тех или иных нутриентов, изучением которых занимается молекулярная медицина.

Основу методологии молекулярной медицины составляют современные представления о структуре генома человека, его генах, их функциональных взаимодействиях, о так называемых генных сетях – обеспечивающих те или иные функции организма. Главной и отличительной особенностью молекулярной медицины является профилактическая направленность и индивидуальность, то есть ориентация на конкретного человека. Раздел молекулярной медицины, изучающий индивидуальные особенности

генома, взаимодействие средовых и генетических факторов в возникновении широко распространённых заболеваний (в медицинской генетике такие заболевания называются мультифакториальными) получил название предиктивной медицины. Впервые термин «предиктивная медицина» был применён ещё 25 лет назад лауреатом Нобелевской премии Ж. Доссе, который был убеждён в том, что «чтобы предупредить болезнь, её надо предвидеть».

Исследованиями современной науки установлено, что большинство генов человека имеют незначительные различия в своей молекулярной структуре, называемые полиморфизмами. Если это белок кодирующие гены, то такие отличия приводят к синтезу белков, отличающихся по своим структурным и функциональным характеристикам.

Полиморфные изменения могут быть качественными и количественными. При качественном изменении внутри гена в результате возникшей мутации происходит потеря или замена одного из нуклеотидов. При количественном изменении меняется число нуклеотидных повторов в определённом локусе гена. Важно, если полиморфизм находится в смысловом участке гена (внутриэкзонный полиморфизм). В этом случае он с большой вероятностью будет влиять на какой-то значимый фенотипический признак.

Также полиморфизмы классифицируются по числу и распределению мобильных генетических элементов, по числу копий tandemных повторов ДНК и по наличию одонуклеотидных замен в последовательности структуры ДНК. Последний называется SNP – single nucleotide polymorphisms (одонуклеотидная замена) и содержится в геноме в количестве 10 - 13 миллионов. Под этим термином понимают варианты последовательностей ДНК у разных людей с вовлечением одной пары оснований. Примерно 5 млн из них приходятся на внутриэкзонные полиморфизмы и особенно важны для идентификации при молекулярной диагностике наследственных заболеваний. На рисунке приведены три фрагмента ДНК двух индивидов; выявлены одонуклеотидные

различия в геномных последовательностях. Независимое наследование родительских хромосом и генетическая рекомбинация в мейозе позволяет получить бесчётное количество вариантов генетического разнообразия человека. Индивидуальность генетического набора, определяющего конституцию человека предопределяет индивидуальную предрасположенность к тем или иным заболеваниям. Благодаря огромному количеству и бесконечным вариантам комбинации полиморфизмов в организме одного человека, можно констатировать факт, что каждый из нас имеет свой индивидуальный биохимический портрет, индивидуальную норму биохимических реакций, индивидуальные адаптационные возможности в условиях неоднозначного воздействия факторов внешней среды (в том числе и пищевых), индивидуальную реакцию на инфекции, действия токсинов и лекарственных препаратов. Изучение влияния индивидуальных генетических особенностей на способность к метаболизму тех или иных пищевых веществ, и, соответственно, к предрасположенности развитию заболеваний, связанных с нарушением нормального метаболизма, является одним из важных направлений нутригенетики, находящейся на стыке нескольких отраслей научных знаний: молекулярной биологии, пищевой химии, технологии пищевых производств и товароведения продовольственных товаров.

Разработка персонализированных продуктов и рационов питания опирается на множество условий, среди которых антропометрические и генетические особенности, психоэмоциональные предпочтения потребителя и др. Уже имеются теоретические подходы к разработке и созданию модели индивидуальных рационов питания (ИРП) с применением методов персонализированного питания. Модель таких продуктов и рационов должна содержать в себе ответы на вопросы об индивидуальных ограничениях и чётко формулировать поставленные цели.

Согласно представленной модели к индивидуальным ограничениям можно отнести следующие показатели:

- 1) анамнез – совокупность сведений о развитии различных болезней, перенесённых травмах, хронических патологиях, аллергических реакциях и т.д.;
- 2) наличие генетических предрасположенностей к тем или иным заболеваниям, идентифицированных на основании анализа ДНК;
- 3) влияние факторов среды обитания, характеризующихся совокупностью определённых абиотических и биотических условий, в которых проживает человек;
- 4) стиль жизни человека, который является индивидуальной устоявшейся формой бытия в мире и обществе, выражающей его ритм, деятельность, интересы, пристрастия, убеждения;

5) энергозатраты организма, выраженные в необходимом количестве энергии, которая требуется для поддержания его жизнедеятельности, выполнения физических и умственных нагрузок и т.п.

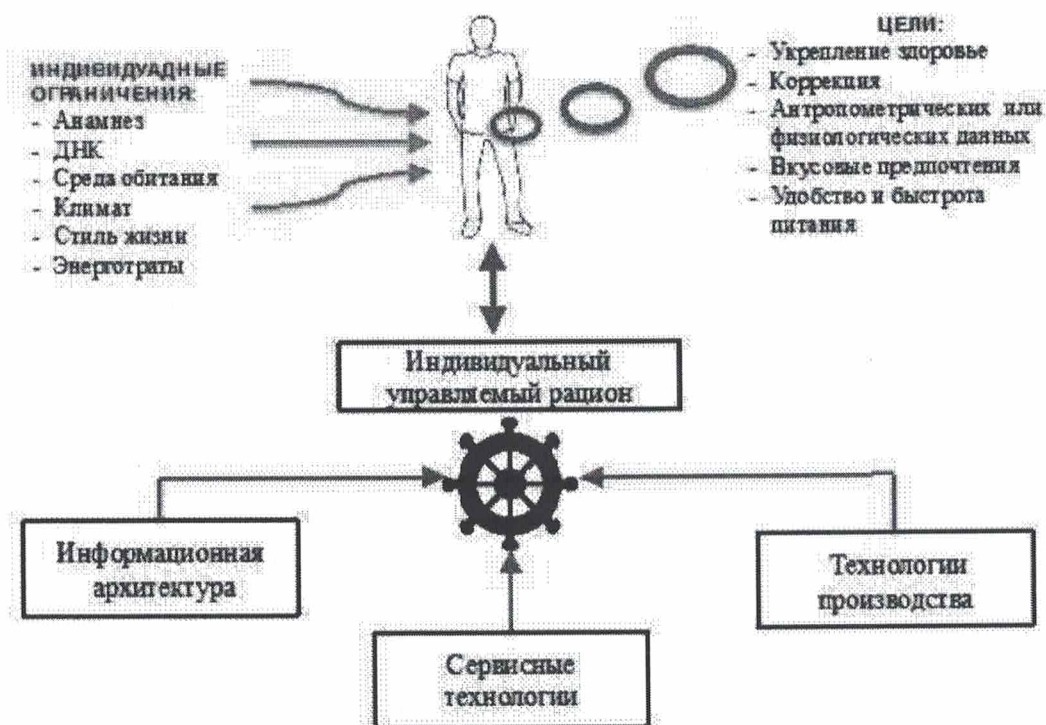


Рисунок 1. Модель индивидуального управляемого рациона

Цели, преследуемые человеком в рамках персонализированного рациона питания, могут быть самыми разнообразными. На примере рассматриваемой модели индивидуального персонализированного рациона питания основными являются: поддержание здоровья и профилактические действия, направленные на активное долголетие; поддержание физической формы и мышечного тонуса; весьма разнообразные вкусовые предпочтения, которые формируются с раннего детства и могут изменяться по мере взросления человека; быстрое питание, сбалансированное по всем индивидуальным ограничениям и способствующее быстрому насыщению небольшой порцией.

С учётом вышеизложенного должны формироваться основные правила разработки индивидуального управляемого рациона питания. Три базиса, на которые должна опираться модель персонализированного управляемого рациона – информационная архитектура, сервисные технологии и технологии производства. Информационная архитектура должна содержать в себе знания об информационно-технологических решениях, которые обеспечат сводные данные по определённым характеристикам и возможностям. На этом этапе может проводиться сбор персональных данных о человеке,

который должен сопровождаться их защитой. Также, для достижения упорядоченности, целесообразности и быстрого доступа, все данные о человеке должны оцифровываться в общую базу данных.

Разработка специализированных продуктов и составление персонализированного рациона возможна после обобщения индивидуальных рекомендаций.

При этом уместно разработать приложение, которое будет напоминать о приёмах пищи в течение всего дня. Параллельно с приготовлением и онлайн сопровождением в приложении необходимо разработать процедуру доставки продуктов на весь день или в течение всего дня. Новые сервисные технологии позволяют человеку гибко подходить к выбору своего рациона. Это и технологии доставки еды, новые способы приготовления, умные анализаторы и т.д.

2.3. Современные технологии, обеспечивающие возможность разработки модели персонализированного питания

Важная роль влияния пищи на здоровье человека была осознана ещё в древности (некоторые вопросы, касающиеся полезных рекомендаций по питанию можно встретить в трудах древних учёных: Гиппократ, Цельсия, Галена, Ибн-Сины (Авиценны), Горація). Поступающая в организм человека пища рассматривалась в её влиянии на состояние крови, которая является транспортом как положительных, так и отрицательных веществ.

С развитием молекулярной медицины, физиологии питания и пищевых технологий теория питания претерпевала последовательные изменения. В середине XX века была сформирована теория сбалансированного питания, сформулировавшая коррелятивную зависимость между усвоением пищи и степенью сбалансированности её химического состава, основоположником которой является академик А.А. Покровский.

Вслед за ней, в 80-е годы прошлого века академик А.М. Уголев разработал основные положения новой междисциплинарной науки, изучающей процессы ассимиляции пищи и трофических взаимоотношений на всех уровнях организации биологических систем – трофологию. Дополнив теорию Покровского результатами расшифровки некоторых механизмов усвояемости пищевых веществ и показав значимость пищевых волокон для процессов пищеварения, А.М. Уголев разработал теорию адекватного питания.

Современной медицинской наукой принята теория оптимального питания В.А.Тутельяна. В своей основе эта теория логически развила переход от концепции адекватного питания, где в основном регламентировались и нормировались

макронутриенты – липиды, белки и углеводы, к концепции оптимального питания, когда количество необходимых для жизнедеятельности организма пищевых веществ, а также ряда дополнительных минорных компонентов пищи, которые раньше находились вне поля зрения нутрициологов, было значительно расширено. В дальнейшем, в рамках развития концепции оптимального питания сформировалось ещё одно направление науки о питании – теория функционального питания, которая формирует новый взгляд на пищу как на средство профилактики и лечения ряда заболеваний. В развитых странах сегодня производство функциональных продуктов и напитков поставлено на рельсы массового производства, поскольку функциональные продукты являются наиболее удобной и естественной формой внесения и обогащения организма человека микронутриентами и эссенциальными минорными компонентами, источником которых служит разнообразное растительное и животное сырьё.

Полученные за последние годы научные данные в области молекулярной биологии, пищевой антропологии, нутригенетики, пищевой химии и физиологии убедительно показали тесную взаимосвязь между состоянием здоровья человека и учётом индивидуальных особенностей его генома, формирующего индивидуальный биохимический портрет, норму функциональных биохимических реакций, адаптационные возможности в условиях действия факторов внешней среды, и обуславливающего индивидуальные нормы потребления физиологически активных макро- и микронутриентов.

Эти данные являются основанием для возникновения и развития нового направления, получившего название концепция «персонализированного питания».

Применение на практике продуктов и рационов персонализированного питания будет способствовать предотвращению экспрессии аллелей «генов предрасположенности», провокационных в отношении развития болезненных состояний, обеспечивая лучший метаболизм, а соответственно адаптационную способность и слаженность работы организма в стрессовых условиях и при нагрузках. Купирование экспрессии генов будет способствовать предотвращению развития заболевания на пресимптоматической стадии за счёт формирования комфортного физиологического статуса контролируемых органов и систем организма.

Развитие концепции персонализированного питания неразрывно связано с развитием современных технологий, и в определённой степени даже зависит от них.

Среди современных и развивающихся технологий, которые могут в будущем повлиять на внедрение модели персонализированного питания и обеспечить тем самым возможность качественного изменения системы продовольственного обеспечения и

питания населения, можно выделить собственно пищевые, а также медицинские технологии.

Пищевые технологии

Разработка и проектирование новых видов пищевой продукции, обладающей высокой пищевой ценностью и отличительными вкусовыми характеристиками, является самостоятельной наукой.

Перспективным направлением в данной области является генетическая инженерия, направленная на повышение урожайности, сопротивляемости болезням и формированию заданных пищевых и вкусовых показателей качества.

Машины и электронное оборудование для массового изготовления продуктов питания растительного и животного происхождения весьма радикально совершенствуется год от года. Доведение продукции до потребителя, создание новых видов и технологий упаковывания являются ещё одним аспектом, на котором сосредоточены усилия ее создателей, ведь она должна выглядеть достаточно привлекательно в магазине и достаточно аппетитно на столе.

3D-Принтинг пищевых систем. Одним из современных прикладных направлений в области аддитивных технологий является пищевой 3D-принтинг. Технологии и методы 3D-принтинга сегодня совершили революционный скачок в своём развитии. Качество готового продукта возросло в десятки раз, существенно увеличилась скорость печати, произошло снижение себестоимости готового продукта и снижение стоимости оборудования для печати.

Использование 3D-печати в современной пищевой промышленности является актуальным и перспективным направлением: об этом свидетельствует огромное количество startup-компаний, занимающихся выпуском 3D-принтеров собственных торговых марок, использующих в качестве сырья для печати разнообразные пищевые субстанции.

Учитывая специфику пищевой промышленности, применение находят три технологии – FDM (печать методом послойного наплавления), PBP (капельно-порошковая печать) и SLS (выборочное лазерное спекание).

В мире активно ведутся разработки 3DP для моделирования продуктов с повышенной пищевой ценностью, предназначенных для сбалансированного питания. Основные питательные вещества (например, углеводы и белки) измельчаются в порошок при температуре $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Затем получившееся сырьё нагревается и превращается в пористую плёнку. После этого из нескольких слоёв плёнок создаётся трёхмерный

продукт. Совмещая плёнки с различным содержанием белков, углеводов, микроэлементов и витаминов, можно получить продукт, насыщенный питательными веществами в необходимой пропорции.

Новая технология, как считают разработчики, значительно сократит количество пищевых отходов и снизит финансовые затраты на хранение и транспортировку продуктов.

Технологии направленной модификации состава и свойств животного и растительного сырья. Сегодня придание продукту биокорректирующего действия может осуществляться посредством направленной модификации сырья, используемого при производстве конкретного пищевого продукта. Такая модификация может влиять на изменение содержания в продукте микронутриентов, особенно тех, которые имеют ограничения по предельно допустимым концентрациям (например, тяжёлые металлы), а также способствовать эффективному обогащению необходимыми микронутриентами *in vivo*.

Новые технологические приёмы сохранения биоактивных веществ при производстве продуктов питания. Натуральные биоактивные компоненты включают большое разнообразие структур и способов воздействия, обеспечивая необходимый набор молекул для производства функциональных и специализированных пищевых продуктов, а также биодобавок к пище. Некоторые из этих компонентов встречаются в природном сырье в больших концентрациях.

Другие менее доступны, поэтому требуется переработка большого количества сырья для получения даже небольшого объёма. При этом их структурное разнообразие и сложность делает химический синтез нецелесообразным. Такая ситуация привела к развитию технологий, позволяющих увеличить эффективность выработки биологически активных веществ. Среди таких технологий: жидкостная экстракция под давлением, субкритическая и суперкритическая экстракция, экстракция с помощью микроволн и ультразвука.

Одна из новых технологий – криозаморозка, которая позволяет избежать разрушения межклеточной структуры и, соответственно, сохранить вкусовые свойства и пищевую ценность продукта.

Ещё одним способом сохранения витаминной и биологической ценности продукта является сушка с помощью ИК нагрева.

При последующем замачивании такие продукты восстанавливают свои натуральные органолептические и физико-химические показатели.

Формирование повышенной биодоступности некоторых пищевых нутриентов.

В процессе потребления пищи, содержащиеся в ней питательные вещества высвобождаются из матрицы и абсорбируются в кровь, а затем доставляются в ткани. При этом не все питательные вещества проходят такой путь ассимиляции. Понимание проблем биодоступности некоторых веществ может помочь оптимизировать диету и сформировать эффективные рекомендации по питанию. Например, факторами, улучшающими биодоступность кальция, являются растворимость и степень ионизации солей кальция, содержание в рационе лактозы, животного белка.

Отрицательно влияют на биодоступность некоторые пищевые волокна, оксалаты, фосфаты, кофеин, а также избыток жиров, продукты липолиза, которые образуют с кальцием нерастворимые соединения. Повышение биодоступности различных веществ в пищевых продуктах связывают с правильным комбинированием этих веществ, обогащением продуктов легкоусвояемыми формами микроэлементов, а также новыми формами пищи, в том числе наноэмульсиями (например, на основе полиэтиленгликоля).

Традиционные продукты могут подвергаться также обработке некоторыми веществами, например, фитазой, чтобы произошло разрушение содержащейся в обрабатываемых продуктах инозитгексафосфорной кислоты, препятствующей усвоению питательных веществ, в частности железа и цинка.

Медицинские технологии

Согласно современным представлениям, человек – это самый сложный «надорганизм», симбиотическое сообщество многочисленных эукариотических клеток и различных микроорганизмов (бактерий, вирусов, грибов, простейших, архей). Их оптимальное количество, соотношение, функционирование и взаимодействие определяет его здоровье. С химической точки зрения тело взрослого человека состоит из 2,5 миллионов различных молекул, включая около 1 миллиона белков, 300 тысяч липидов и сотен тысяч других простых и сложных соединений.

Взаимоотношения между хозяином и его микробиотой в конкретных условиях среды обитания – главный фактор, определяющий рост, развитие, здоровье и среднюю продолжительность жизни человека. Различные биологические и абиотические факторы и агенты способны стабильно или обратимо модифицировать эти взаимоотношения и, как следствие, предрасполагать к риску возникновения и развития тех или иных заболеваний. Для комплексного изучения этого «надорганизма» и отдельных его составляющих в последнее десятилетие находят все большее применение разнообразные молекулярные «омик» – технологии, существенно изменяющие наше представление о науках, связанных с живой природой.

Их отличие от традиционных методов исследования заключается в том, что они, используя современные технологические платформы (секвенирование нуклеиновых кислот, масс-спектрометрия, хроматография, биоинформационный анализ и другие), позволяют получать информацию о человеке, как о единой интегрированной системе, а не просто как коллекцию знаний об его отдельных функциональных системах. Для анализа данных, получаемых с помощью этих технологий, обязательно используют современные методы статистической оценки, новейшие компьютерные программы с большой разрешающей способностью.

Внедрение «омик»-технологий в современную профилактическую и восстановительную медицину позволяет лучше понять особенности жизни и функционирования генетических вариантов (фенотипов) в популяции человека засчёт выявления и функционального анализа множества присутствующих в его организме низкомолекулярных биологически активных соединений, что способствует получению комплексной объективной картины состояния различных физиологических систем человека и их потенциальных возможностей и служит основой для разработки научно обоснованных подходов к снижению риска заболеваний, к достижению максимальной продолжительности и наивысшего качества жизни. Ниже приведены новые области научных знаний, имеющие наиболее важное значение для внедрения технологий персонализированного питания.

Нутригенетика – наука, направленная на идентификацию генов человека и его симбиотической микробиоты, изучение предрасположенностей к заболеваниям с учётом потребления питательных веществ. Нутригенетика занимается изучением влияния вариаций в генах, приводящих к изменению усвоения различных пищевых веществ и, соответственно, выявлением генетических предрасположенностей к определённым заболеваниям, детерминированным вызванными нутриентными дефицитами. Генетические заболевания подразделяют на моногенные (определяются мутацией в одном гене) и полигенные или мультифакторные (определяются комбинацией нескольких мутантных генов и наличием провоцирующих факторов внешней среды).

К моногенным заболеваниям относят, например, муковисцидоз, фенилкетонурию, целиакию, непереносимость лактозы. Причина таких заболеваний достаточно полно раскрыта, заболевание легко идентифицируется, поэтому отрицательные последствия их проявления достаточно просто предотвратить: достаточно исключить из рациона не усваиваемый компонент пищи. Для профилактики мультифакторных наследственных заболеваний, таких как сахарный диабет II типа, остеопороз, психические и сердечно-сосудистые заболевания – важен не только контроль приёма пищи, но также значительную

роль играет степень физической активности, контроль над стрессом и пр. Тем не менее, накопленные на сегодняшний день знания из нутригенетики и нутригеномики позволяют индивидуально (в зависимости от генотипа) идентифицировать группы риска и определить перечень пищевых продуктов, которых данному человеку следует избегать, и, наоборот, сформировать перечень продуктов, которыми следует разнообразить своё ежедневное меню, чтобы минимизировать риски возникновения подобных заболеваний.

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ). Болезни сердца и сосудов являются главными причинами заболеваемости и смертности в мире. Среди них инсульт, инфаркт миокарда, склероз сосудов и артериальная гипертензия. Однако, развитие ССЗ зависит от очень большого количества генов предрасположенности, которых только на сегодняшний день известно более 150. В силу такого разнообразия учёные ещё достаточно далеки от идентификации всех факторов рисков и способов их устранения. Известно, что в генах липидного обмена (генах аполипопротеинов E, A1, A2, A54; PPARs; липоксигеназы-5 и др.) выявлены вариации, у обладателей которых статистически быстрее развивается ССЗ от высококалорийного питания. Медленный метаболизм кофеина, являющийся генетически детерминированной особенностью некоторых людей, также повышает риск развития ССЗ.

Однако, наиболее опасным фактором в отношении данной группы заболеваний являются повышенное артериальное давление, уровень сахара и липидов в крови, ожирение, в комплексе именуемые метаболическим синдромом. Поэтому главная актуальная задача в этой области - установление молекулярных механизмов общего патологического процесса, приводящего к каскаду нарушений, и в конечном счёте, развитию заболевания. Онкологические заболевания. Индивидуальные, генетически обусловленные особенности метаболизма являются основными факторами, влияющими на развитие раковых заболеваний. Встречается, например, распространённая мутация, снижающая эффективность фермента, необходимого для метилирования ДНК. При недостатке в рационе источников метильных групп (к которым относится фолат и холин), носители данной мутации имеют повышенную вероятность заболеть колоректальным раком. Риск развития колоректального рака значительно увеличивает употребления в пищу красного мяса у обладателей быстрой N-ацетилтрансферазы и у носителей особой комбинации полиморфизмов в гене цитохрома.

Мутация в гене одного из типов глутатионтрансфераз, участвующих в процессе детоксикации ксенобиотиков, также повышает вероятность онкологических заболеваний у её носителей. При этом можно повлиять на активность данного фермента с помощью диеты: включение в рацион крестоцветных (например, капусты) будет способствовать

увеличению активности глутатионтрансфераз за счёт содержания в них глюкозинолатов, являющихся предшественниками индолов.

Целиакия - пример заболевания, при котором ведущее место в лечении занимает персонализированное питание. Целиакия представляет собой хроническую иммунологически опосредованную форму энтеропатии, поражающую тонкую кишку у предрасположенных к ней детей и взрослых, и возникающую при употреблении глютеносодержащей пищи (пшеницы, ржи и ячменя), что можно контролировать соблюдением безглютеновой диеты.

Данное состояние детерминировано генетически и возникает в европейской популяции с частотой 0,5-1,0 %, при этом конкордантность между близнецами достигает 75 %. Однако носительство генов не определяет развитие заболевания, а выявляет генетическую предрасположенность к триггерам питания.

В генетической предрасположенности выделяют несколько генетических факторов, из которых чаще всего встречается вариабельность генетической информации в локусах генов HLA-DQ (DQ2 и/или DQ8). Генетическая предрасположенность необходима для развития заболевания, но для его манифестации этого недостаточно; включение в питание глютена способствует проявлению клинической симптоматики. Выявление генетического маркера данной патологии необходимо для оценки риска развития заболевания. Единственным достоверным способом лечения целиакии является строгая пожизненная безглютеновая диета с категорическим запретом использования продуктов, содержащих пшеницу, рожь и ячмень. В настоящее время на рынке представлено множество пищевых продуктов, не содержащих глютен. Хотя ныне генетическое скринирование не используют для выявления лиц с целиакией и непереносимостью глютена, потенциально это может быть внедрено в повседневную практику.

Ожирение – ещё одно заболевание, в лечении которого можно использовать данные нутригенетики. Мутация определённого типа в гене FTO (fat mass and obesity-associated gene) ассоциирована у людей с ожирением и диабетом.

Проведённые исследования по питанию людей с отрицательной мутацией в гене выявили, что неограниченный доступ к еде таким людям противопоказан, так как они склонны к перееданию и потреблению более калорийной пищи по сравнению с людьми, не являющимися носителями мутантного аллеля гена.

Важнейшим этапом в практической реализации концепции персонализированного питания может явиться создание антропологических нутригеномных нутригенетических индивидуальных паспортов (АННИП), позволяющих наиболее полно характеризовать особенности человека, состояние его микробиоты и среды обитания.

АННИП – это филогеографический нутригеномный портрет этносов и отдельных лиц, позволяющий реконструировать происхождение нутритивных гаплогрупп и гаплотипов. Эти паспорта позволяют определить пищевые предпочтения предков, устанавливать эволюционно сложившиеся связи метагенома конкретного человека и его микробиоты с отдельными нутриентами, выявлять аллельные варианты генов, участвующих в формировании его нутритивного статуса и определяющих склонность или устойчивость к риску алиментарно обусловленной патологии в определённых условиях среды обитания.

Эпигеномика – это технология изменения генетической экспрессии под воздействием различных факторов среды. Эпигеном (приставка «эпи-» в переводе с греческого означает «над») представляет собой совокупность генетических маркеров, обуславливающих экспрессию генов данной клетки. Эпигенетика – «...научное направление, изучающее эпигенетические модификации генома, пути реализации состояний генов, их передачу в клеточных поколениях и механизмы регуляции наследственной информации (без изменения нуклеотидной последовательности) в ответ на действие внешних факторов. Огромная работа, проведённая молекулярными биологами за последние полвека, позволила человечеству узнать важную информацию о хранении и передаче наследственных признаков. Был полностью расшифрован геном человека, раскрыта природа мутаций, исследованы принципы организации ДНК. Было установлено, что генетическая информация человека хранится в 23 парах хромосом, содержащих примерно 23 тысячи генов, или три миллиарда пар нуклеотидов, несущих азотистые основания преимущественно четырёх типов: аденин, тимин, гуанин, цитозин (А, Т, Г, Ц). Однако, учёт влияния внешних факторов в механизме и принципах реализации генетической информации только в последние годы стал учитываться, как неоспоримо важный и значимый факт в работе и передаче клеткой наследственной информации.

Эпигенетические системы следует рассматривать как мост между геномом человека и средой его обитания, которая напрямую способна влиять на экспрессию генов. Эпигенетика выявляет процессы, которые регулируют, как, и в каких условиях, определённые гены включаются и выключаются (экспрессируются и репрессируются); эпигеномика анализирует эпигенетические изменения во многих генах клетки или организме в целом.

Важно отметить, что спектр «работающих и неработающих» генов может меняться на протяжении всей индивидуальной жизни под воздействием физических, химических и биологических сигналов среды обитания. Вследствие нарушения скорости и

последовательности включения структурных генов могут наступать и возрастные модификации в функциях и биохимических процессах в клетках.

Нутригеномика – это технология изменения генетической экспрессии под воздействием питания человека. Нутригеномика исследует влияние различных компонентов пищи и биологически активных добавок на экспрессию генов. Установление связей, определяющих пути взаимодействия между определёнными факторами пищи и генами будет способствовать нахождению эффективных путей лечения неинфекционных заболеваний, имеющих генетическую предрасположенность, а также купировать их развитие за счёт выявления ранних маркеров нарушений метаболизма и составления персонализированной диеты. Экспрессия генов - это процесс, в ходе которого наследственная информация от гена преобразуется в функциональный продукт - РНК или белок. Экспрессия генов регулируется на разных стадиях, но главной контрольной точкой регуляции является процесс начала транскрипции (синтеза РНК на матрице ДНК).

Инициация транскрипции зависит от двух факторов: от наличия необходимых белков (транскрипционные факторы, ферменты и пр.), и от доступности (сродства) ДНК для этих белков. Компоненты пищи способны влиять на оба процесса.

Пища способна изменять экспрессию генов с помощью второго механизма по определённому алгоритму. Компонент пищи (нутриент или физиологически активное вещество) воздействует на рецептор, который запускает транскрипционный фактор, приводящий к отключению или, наоборот, запуску определённого гена. При этом рецепторы строго специфичны и способны распознавать структуру вещества, воздействующего на них, поэтому даже схожие по строению компоненты пищи по-разному воздействуют на организм.

Компоненты пищи - белки, жиры, углеводы, минорные вещества – расщепляются в процессе пищеварения до более простых веществ (аминокислоты, моносахара, жирные кислоты), которые далее транспортируются в клетки и связываются соответствующими рецепторами. Сигнал от рецептора передаётся на ядро клетки и экспрессия генов изменяется. Длительные изменения в экспрессии генов, в конечном счёте, сказываются на здоровье и продолжительности жизни.

При этом важна систематичность воздействия на рецепторы с целью запуска процесса экспрессии. Отдельно взятый приём пищи оказывает слабое влияние на организм и не приведёт к серьёзным последствиям для здоровья.

Для анализа изменений в экспрессии генов и метаболизма клетки используются следующие методы: эпигенетический анализ и анализ клеточных мРНК (транскриптома), белков (протеома) и метаболитов (метаболома).

Многие авторы считают, что современный образ жизни привёл к пробуждению генов, которые на протяжении тысячелетий находились в спящем режиме. Сейчас началась их негативная экспрессия. Патологии, которые проявляются у наших современников, стали следствием неправильного питания, растущего уровня стресса, сидячего образа жизни и сокращения часов сна, что связано с использованием электричества. Питание и лекарства меняют бактериальную флору кишечника.

Посредством диеты можно устранить неблагоприятный эффект некоторых генетических вариантов, точно так же, как неправильное питание может подстегнуть болезнь. Это доказано исследованиями, в результате которых было установлено, что средиземноморская диета особенно благотворно действовала на людей с генетической предрасположенностью к диабету и инсульту.

Ожидается, что в ближайшие годы произойдёт качественный переход в системе здравоохранения и продовольственного обеспечения на новые технологии, связанные в первую очередь с влиянием нутригеномики и нутригенетики.

Установление чётких корреляционных зависимостей между пищевыми факторами и генетическими особенностями организма позволят проводить эффективное превентивное лечение, а в долгосрочной перспективе будут способствовать купированию генетически обусловленных болезненных состояний через правильно организованную систему питания.

Таблица 1. Взаимосвязь между пищевыми факторами и генетическими особенностями организма

Название заболевания (болезненного состояния)	Гены, участвующие в его возникновении
Нейродегенеративные заболевания (рассеянный склероз, болезнь Альцгеймера, наследственная гиперхолестеринемия, медиаторные нарушения (серотониндофаминовый комплекс))	TNFRSF1a, CD40, HLA-DRB1, CASS4, CELF1, FERMT2, HLA-DRB5, INPP5D, MEF2C, NME8, PTK2B, SORL1, ZCWPW1, SIC24A4, CLU, PICALM, CR1, BIN1, MS4A, ABCA7, EPHA1, CD2AP, APP, TREM2 и PLD3, LDLR, APOB, PCSK9, ApoE E2/E3/E4, DBH (2), DRD2 (2), HTR2A (2), COMT, G6PD, 1q21, PKLR, HBA1, H, BA2, HBB, PGK1, GCLC, BPGM, AK1, HK1, SLEH1, TPI1, SLC4A1, GPI, GSS, NBPF3(ALPL), FUT2, DRD-2A, SR(HTR2A)
Заболевания сердечнососудистой системы (нарушения системы гомеостаза, нарушения фолатного цикла, артериальная гипертензия, атеросклероз, эндотелиальная дисфункция, гипоксия,	Gp-IIIa, Gp-Iba, Gp-Ia, GpVI, FII, FV, FXII, FXIII, FIX, FXI, FVII, FVIII, FGB, FGG, SERPINC1, ProC (x2), PLAT, PAI-1, MTHFR, MTHFD, MTRR, MTR, CBS, BHMT, TNA, CYP2C19 (*2, *3, *17), ABCB1, ACE, AGT,

нарушение липидного обмена, метаболизм кофеина)	AGTR1, AGTR2, ADD1, CYP11B2, GNB3, hANP, NOS3 (2), ACE, AGT, ADD1, CYP11B2, NOS3 (2) ApoA1, ApoA2, ApoA5, ApoC3, ApoE, LPL, LDLR, PAI-I, TNF α , TNF β , ACE, AGT, AGTR1, ADD1, CYP11B2, NOS3 (2), MMP3, MMP12, p22phox, HIF1A, TNF α , TGF β , MnSOD, COX2, VEGF, HIF1A1, ApoA1, ApoA2, ApoA3, ApoA4, ApoA5, ApoC3, ApoE, FADS1, LRP1, LEPR, SLC01B1, FTO, MC4R, CD36, CEPT, FABP2, LDLR, LPL, CYP1A2
Заболевания желудочнокишечного тракта (нарушения метаболизма железа, нарушение метаболизма глютена, лактазная недостаточность, синдром Жильбера)	HFE, SLC40A1, HFE: H63D, S65C, C282Y. 125, H63D, C282Y, S65C, IL22, HLA DQ2.2 (3), DQ2.5, DQ7, DQ8, MCM-6, UGT1A1
Заболевание эндокринной системы (метаболический синдром и ожирение, сахарный диабет II типа)	CDKAL1, FTO, HHEX, IGF2BP2, JAZF1, KCNJ11, KCNQ1, PLEKHA1, PPARG, TCF7L2, WFS1, BCMO1
Заболевания опорнодвигательного аппарата (нарушение костного метаболизма, ревматоидный артрит, болезнь Бехтерева)	CALCR, FDPS, COL1A1, COL1A2, COL5A1, VDR (5 мутации), BMP2, DGC, CYP19A1, ESR1, LCT, HLAB27, HIP1, HLAB27
Онкологические заболевания (неполипозный рак толстой кишки, рак молочной железы, кожи др.)	CDH1, RB1, TP53, MYC, BCL2, ERBB2, CDKN2A, CDKN2B, BRCA1, P1(PKD1), BRCA2, MSH6, MSH1, MSH2, RAG1, RAG2, P53, CYP2D6, GSTM1, GSTT1
Оксидантный стресс (иммунодефицит, нарушение биотрансформации ксенобиотиков)	RAG1, RAG2, P53, CYP1A1*2B,*4, CYP2D6*3,*4, CYP2C9*2, *3, CYP2C19*2, GSTT1, GSTM1, NAT2, TPMT

2.4. Персонализированное питание на основе микробиоты.

Одним из желаемых результатов диетического вмешательства является изменение состава бактериальных консорциумов в кишечнике от ассоциированного с заболеванием до более гомеостатического состояния. Хотя исследования близнецов показали роль генетики хозяина в формировании состава микробиоты кишечника человека, генетика перевешивается факторами окружающей среды. Несколько популяционных исследований показали, что диета является доминирующим детерминантом межличностной изменчивости микробиоты.

Экологически обусловленные колебания изменяют микробиоту кишечника, прежде всего это циклические изменения в микробиоте кишечника человека, вызванные сезонными изменениями в питании. Диетические сроки, включая сезонность, циркадную ритмичность и прерывистое голодание, формируют состав и функцию микробиома кишечника.

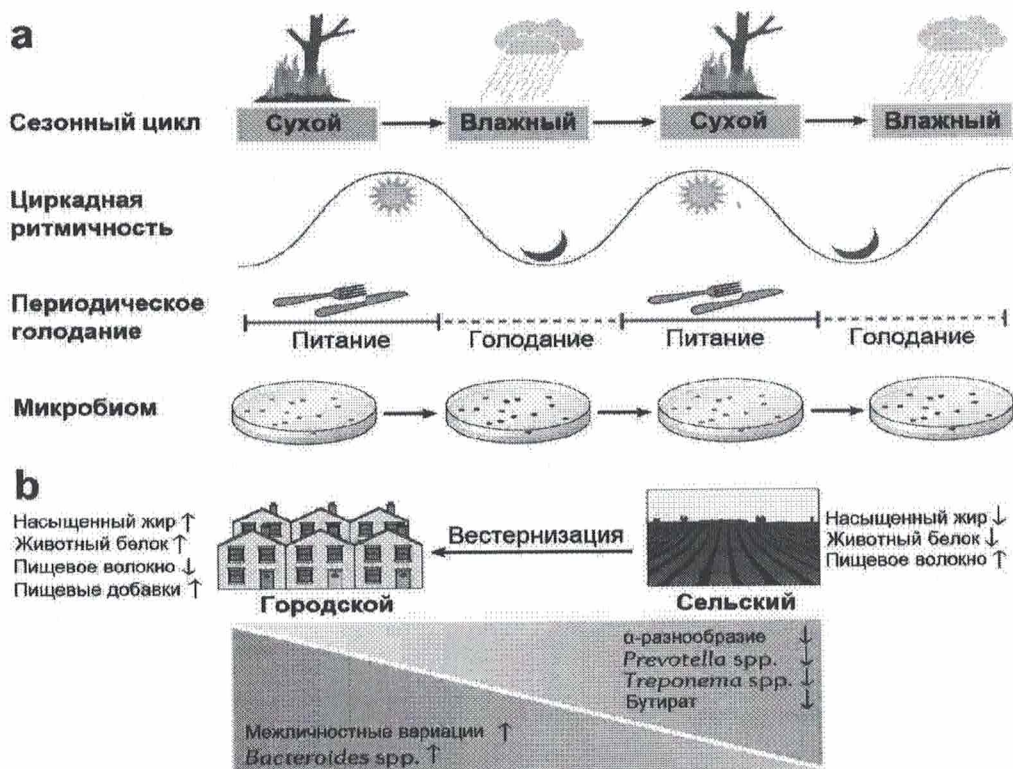


Рисунок 2. Динамические изменения в микробиоме в ответ на диету.

Еще одним важным фактором, определяющим диетические изменения и последующие изменения микробиома, является урбанизация. Изменения в структуре питания после вестернизации, сопровождающиеся изменениями в пищевых компонентах, приводят к значительным изменениям в составе и функции микробиома кишечника. Например, переход от низкожировой, высоковолокнистой диеты к высокожировой, высокобелковой, низковолокнистой диете приводит к снижению α -разнообразия (внутрииндивидуального богатства микробиоты кишечника), увеличению β -разнообразия (межиндивидуального разнообразия микробиоты кишечника) и снижению обилия или даже исчезновению видов *Prevotella* и *Treponema* с более низкими уровнями бутирата.

Изменения в составе пищевых макроэлементов, включая жиры, белки и углеводы, приводят к значительным сдвигам в микробиоте кишечника человека. У человека высокое потребление пищевых жиров (в основном насыщенных жирных кислот) связано с уменьшением богатства и разнообразия микробиоты как у взрослых, так и у младенцев. Современные данные свидетельствуют о том, что у здоровых людей потребление омега-3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) приводит к увеличению обилия нескольких бактерий, продуцирующих бутират, в сочетании с известными противоопухолевыми и противовоспалительными эффектами омега-3 ПНЖК.

Подобно жирам, содержание белка в пище оказывает влияние на состав микробиоты кишечника, при этом существенно различаются межиндивидуальные различия в видовом составе и обилии. Источник белка влияет на бактерии кишечника. У человека длительная диета, богатая животным белком, ассоциируется с энтеротипом *Bacteroides*. Напротив, потребление растительной белковой диеты, основанной на гликированных белках гороха, значительно повышает уровень комменсальных лактобактерий и бифидобактерий и повышает выработку короткоцепочечных жирных кислот у человека. Влияние углеводов на микробиоту кишечника является комплексным, в зависимости от их видов и количества. В людях, было показано, что долгосрочное потребление сложных углеводов повышает род *Prevotella*. Пищевые волокна влияют на микробную экологию кишечника человека, что приводит к высокому обилию *Bacteroidetes*

Рацион питания изменяет состав и функции микробиома кишечника специфическим для человека образом, что связано со специфическим профилем микробиома до вмешательства. Диета также приводит к сильно индивидуализированным изменениям в ответах хозяина (например, гликемический ответ), которые могут быть точно предсказаны уникальными сигнатурами микробиома хозяина. Используя оба аспекта, можно разработать персонализированные стратегии питания для изменения микробиома человека и дальнейшего улучшения реакции на конкретную диету

Специфичный по времени прием пищи, включая циркадные схемы питания и прерывистое голодание, может оказывать влияние на микробиоту кишечника и физиологию хозяина. Ритмичность рациона питания сочетается с циркадными часами хозяина для формирования суточных циркадных колебаний состава и функции микробиоты. Изменения в структуре питания могут гибко изменять ритмичность микробиоты; например, высокожирная диета гасит суточные колебания микробов, что в свою очередь влияет на циркадную функцию часов хозяина и метаболизм.

Хотя микробиота кишечника может быть изменена с помощью диеты, стоит отметить, что у значительной части людей изменения кишечной микробиоты, вызванные ожирением, сохраняются даже после успешной диеты.

Метаболиты, происходящие из метаболических реакций в кишечнике, могут влиять на физиологию человека как позитивным, так и негативным образом. Различные микробиомы имеют различные потенциалы для производства определенных метаболитов, в зависимости от метаболических возможностей и метаболических взаимодействий внутри популяции. Следовательно, другая стратегия персонализированного дизайна диеты заключается в том, чтобы поставлять соединения, которые являются

предшественниками полезных бактериальных метаболитов, или устранять те, которые приводят к токсичным или вредным метаболитам.

Кишечная микробиота участвует в переваривании пищи, и в частности, она переваривает сложные углеводы из рациона, которые в противном случае были бы недоступны для хозяина. Эти молекулы в основном представляют собой полисахариды, происходящие из клеточной стенки растений, и запасные углеводы. Волокна, такие как β -глюкан или пектины, не усваиваются в тонком кишечнике, потому что людям не хватает ферментов, которые их расщепляют, или потому что они не доступны действию ферментов (например, резистентных крахмалов). Дополнение диеты клетчаткой является относительно распространенной практикой в западном мире. Разработка персонализированных диет в отношении клетчатки требует понимания метаболических возможностей микробиома каждого человека, поскольку некоторые углеводы могут быть переварены и полезны для одного человека, но непереварены и инертны для другого. Синтез и модуляция биологически активных соединений. Широкий спектр молекул, синтезируемых микробиотой, оказывает разнообразное влияние на физиологию человека.

В зависимости от синтетического потенциала микробиоты, элиминация или поставка специфических субстратов приводит к изменению продукции тех или иных метаболитов. Знание этих синтетических путей может привести к разработке целевых диетических мероприятий, которые модулируют уровни этих метаболитов.

Витамины, по определению, не синтезируются хозяином, а наоборот, их нужно дополнять. Пища является главным источником витаминов и их предшественников; однако при наличии субстратов кишечные бактерии могут вносить свой вклад в синтез витаминов (главным образом витаминов из семейства В и витамина К). Полученные микробиотой витамины недостаточны для поддержания физиологии человека, и оценки их вклада в суточное потребление существенно варьируются, в среднем от 0,078% для пантотената (витамин В5) до 86% для пиридоксина (витамин В6). Способность микробиоты продуцировать витамины не является стабильной; например, число генов, участвующих в биогенезе фолата, увеличивается с возрастом, в то время как гены, кодирующие ферменты синтетического пути кобаламина (витамина В12), уменьшаются с возрастом. Поскольку потенциал для синтеза витаминов различается между микробиотами, диетические потребности в различных витаминах будут варьироваться у разных людей.

С другой стороны, бактерии могут конвертировать L-карнитин, холин и фосфатидилхолин в триметиламин N-оксид (ТМАО), соединение, которое связано с развитием сердечно-сосудистых заболеваний. Обратите внимание, что бактерии,

кодирующие ферменты, необходимые для этого преобразования, в среднем присутствуют в большем количестве в популяциях всеядных, чем у вегетарианцев или веганов.

Регулирование усвоение пищи. Бактерии влияют на физиологию человека и поглощение пищи, регулируя размер и состав желчных кислот. Первичные желчные кислоты образуются из холестерина в гепатоцитах и высвобождаются в двенадцатиперстную кишку при приеме пищи человеком. В кишечнике бактерии превращают первичные желчные кислоты во вторичные желчные кислоты путем деконъюгации таурина и глицина и дегидроксилирования. Это приводит к расширению гетерогенности пула желчных кислот. Детергентные свойства желчных кислот способствуют перевариванию и всасыванию жира путем доставки липидов, жирорастворимых витаминов и других гидрофобных соединений к щеточной каемке кишечника. Кроме того, желчные кислоты являются мощными сигнальными молекулами, которые передают сигналы через фарнезоидный X-рецептор (FXR) и связанный с G-белком рецептор желчной кислоты и регулируют метаболизм практически во всех тканях. Поглощение глюкозы и глюкозо-6-фосфата регулируется желчными кислотами с помощью сигналов FXR135. Различия в составе пула желчных кислот у людей с разной микробиотой и разными рационами питания могут привести к различиям в передаче сигналов FXR и GPBAR1 и в поглощении пищевых компонентов, но на сегодняшний день нет углубленных исследований по этим темам.

Модуляция метаболизма хозяина. Метаболическое здоровье и контроль веса являются основными целями диетических вмешательств. В настоящее время практика заключается в том, чтобы рекомендовать людям есть продукты с низким содержанием калорий и высоким содержанием клетчатки, с низким гликемическим индексом. Существуют убедительные доказательства роли микробиома в увеличении веса. Большое разнообразие видов бактерий в кишечнике связано с улучшением метаболического здоровья и худобой. Еще одна особенность микробиома у людей, страдающих ожирением, - более высокое соотношение видов Firmicutes и Bacteroidetes. У пациентов, перенесших такие операции, как вертикальная бандажированная гастропластика или желудочное шунтирование, кишечные бактериальные консорциумы резко изменяются, и было высказано предположение, что положительные эффекты этих вмешательств по крайней мере частично опосредованы изменениями микробиоты. Этот эффект опосредуется изменениями в сборе энергии (то есть способности микробиоты собирать энергию из рациона) и взаимодействием между бактериями или их компонентами и хозяином. Все эти наблюдения свидетельствуют о том, что состав диеты не является единственным

определяющим фактором для увеличения веса, и что микробиота является ключевым фактором в регулировании сбора энергии и обмена веществ.

Модуляция иммунитета хозяина. Наиболее изученным аспектом полученных из микробиоты является их влияние на иммунную систему кишечника, барьерную функцию, воспалительные заболевания, такие как воспалительные заболевания кишечника (и метаболические заболевания).

Вещества, продуцируемые членами микробиоты, питают эпителиальные клетки кишечника, способствуют барьерной функции в кишечнике и, таким образом, оказывают противовоспалительное действие. Целостность слизистого барьера регулируется микробиомом через индол-индуцированную PXR сигнализацию, через и через модуляцию продукции слизи бокаловидными клетками. В случае дисфункционального кишечного барьера более высокие количества липополисахаридов (ЛПС) поступают в системный кровоток, вызывая так называемую метаболическую эндотоксемию, которая приводит к низкодифференцированному воспалению в тканях. Кроме того, ЛПС может также трансцеллюлярно пересекать кишечный барьер в хиломикронах. ЛПС, который входит в портальную циркуляцию, сначала действует на мезенхимальные и иммунные клетки печени, изменяя их функцию, а затем ЛПС, который выходит из печени, входит в системную циркуляцию и действует системно.

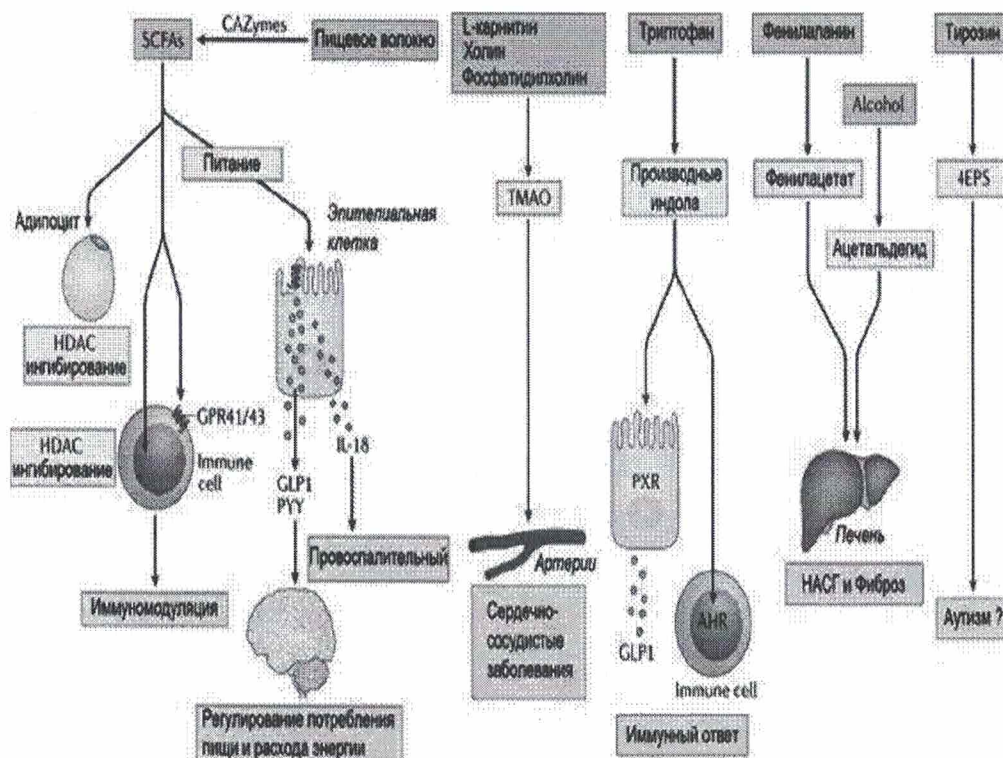


Рисунок 3. Клинически значимые бактериальные метаболиты.

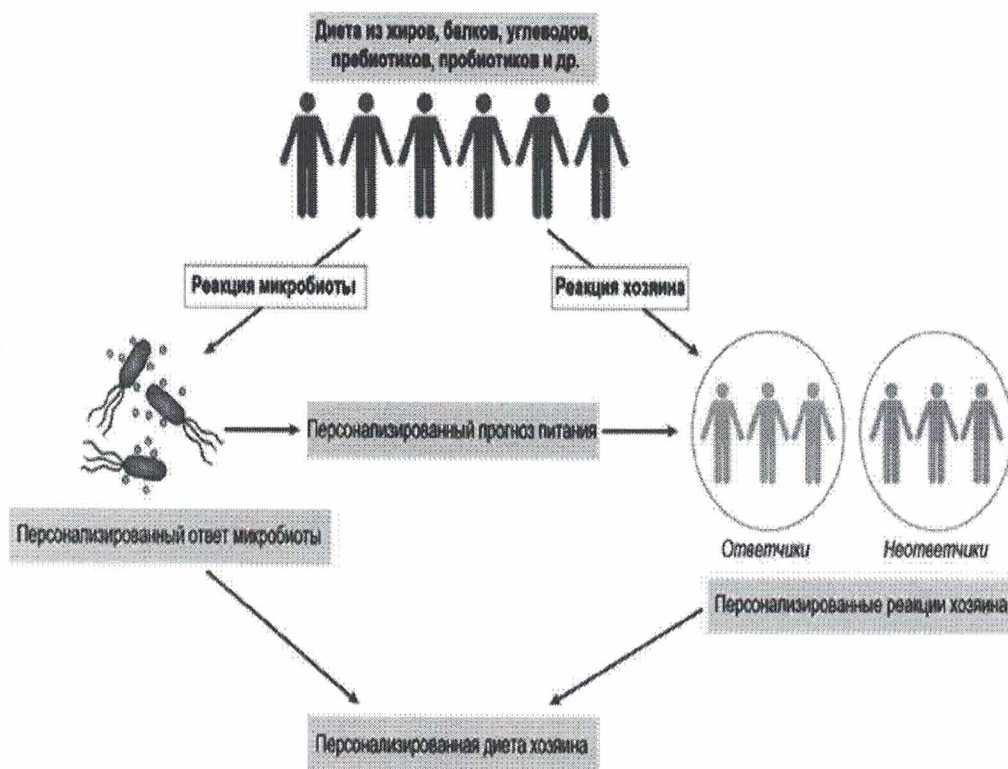


Рисунок 4. Персонализированное питание на основе микробиоты

III. МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ПИТАНИЯ

Персонализированное питание охватывает основную или вспомогательную терапию при заболеваниях от болезней обмена веществ и иммунных заболеваний кишечника до неврологических расстройств и рака; профилактику заболеваний, для которых индивидуум подвержен более высокому риску из-за генетики или образа жизни; а также повышение работоспособности и достижение различных физиологических целей, как это необходимо, например, в спорте

При разработке персонализированного питания, факторы, которые необходимо учитывать в дополнение к составу микробиома и функции включают генетику, клинические параметры, образ жизни и конкретные личные цели человека. Все или подмножества этих признаков могут быть использованы для идентификации персонализированных диетических комбинаций, которые будут влиять на состав и функции микробиома, а также физиологию хозяина. Цели персонализированного питания включают, но не ограничиваются ими, контроль и профилактику заболеваний, а также модуляцию физиологии для достижения определенного образа жизни

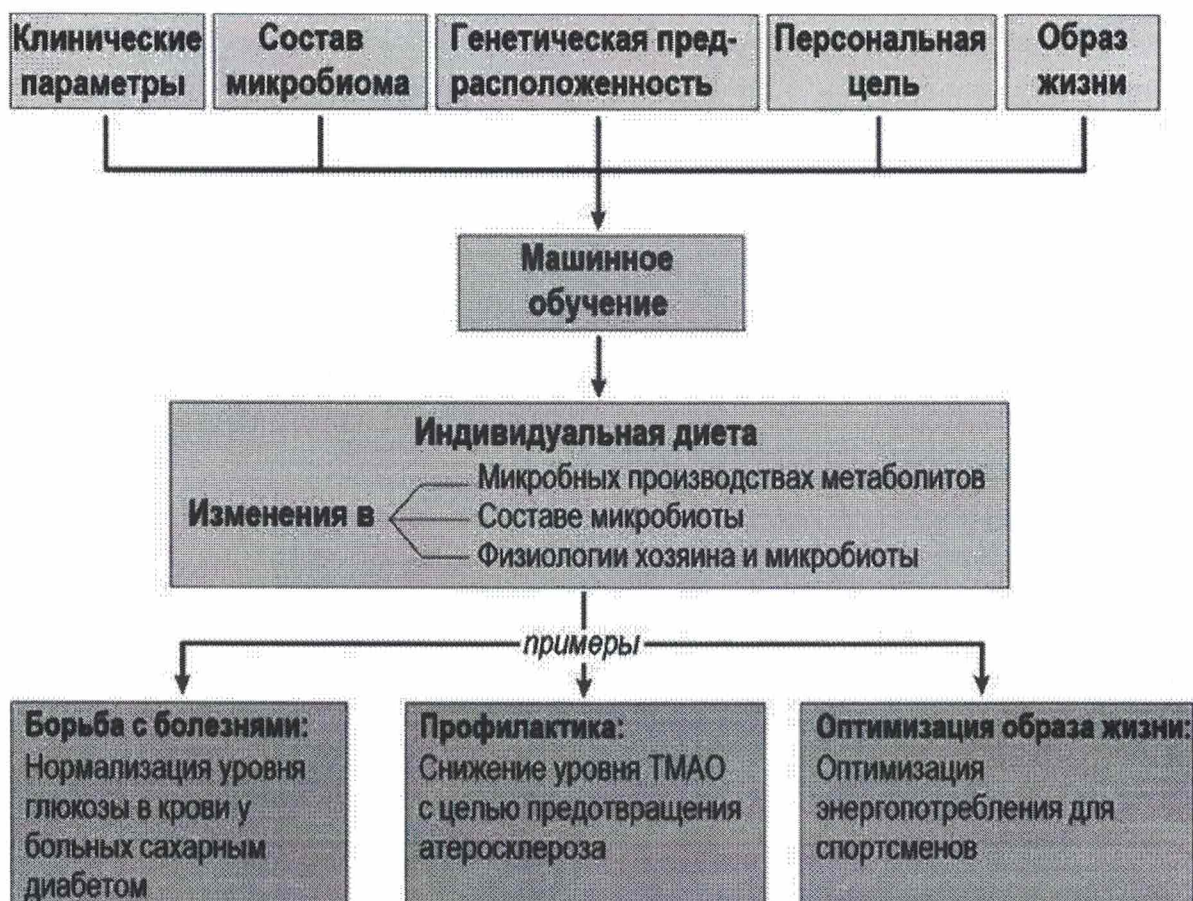


Рисунок 5. Факторы, обуславливающие подготовку индивидуальной диеты

3.1. Проектирование персонализированной диеты

Персонализированная диета может быть разработана традиционными приёмами или с использованием цифровых технологий. Первый подход включает идентификацию определенных сигнатур. Такие расчёты могут быть простыми - наличие или отсутствие определенных видов, генов или энтеротипов в микробиоме - или могут быть сложными и включать в себя множество различных признаков. После того, как популяция расслаивается, вторым шагом является определение полезных продуктов для достижения желаемых результатов. Верстка меню и расчёт нутриентного состава может быть выполнена с использованием модуля «Разработка рациона» компьютерной программы «1С: Медицина. Диетическое питание».

Первый подход является приемлемым для некоторых мер и достаточным для прогнозирования ответчиков и не ответчиков в некоторых случаях, но при решении сложных характеристик методы машинного обучения, скорее всего, будут работать лучше.

3.2. Методы проектирования персонализированной диеты на основе цифровых технологий

Методы проектирования персонализированной диеты на основе цифровых технологий по наборам данных микробиома и клинических особенностей, а также физиологических реакций на диету, чтобы изучить влияние конкретной пищи на физиологию, имеют значительные преимущества так, как он не требует предварительного знания и понимания сложных механистических взаимодействий, связанных с микробиотой, поэтому его теоретически можно выполнить для любого количественно определяемого признака.

Для возможности рассмотрения объектов персонализированного питания с точки зрения потенциального участия в системе цифровой трансформации необходимо выделить несколько факторов, обеспечивающих возможность их вхождения в данную систему. Такими факторами являются возможность создания цифровой базы данных пищевых продуктов (включающей базу данных нутриентов, рецептов блюд и рационов) и цифровой модели потребителя, объединенных на единой платформе. Говоря о цифровой базе данных нутриентов пищевых продуктов, подразумевается, что нутриенты используются для цифровой характеристики продуктов, блюд, рационов. Набор (вектор) значений по нутриентам используется для формулирования индивидуальных назначений питания. Проблема неполноты имеющихся справочных научных сведений о нутриентах продуктов, потерях нутриентов при кулинарной обработке, дороговизна лабораторных исследований требуют постоянно функционирующей системы сбора, рецензирования сведений нутриентного состава от профильных НИИ, из промышленности, ведомственных систем исследования, гармонизации имеющихся сведений по опубликованным источниками и зарубежным публикациям. База данных рецептов блюд подразумевает сбор и обработку сведений о практически используемых в коллективной и семейной кулинарии блюдах («цифровые модели блюд»), используются при разработке и оценке рационов, а также в регламентах практического управления питанием. Существует проблема множественности негармонизированных печатных источников непроверенного качества, без сверки с фактически используемыми новыми технологиями, которая создает практические трудности при оценке рационов экспертами из-за 247 неадекватности модели. Существующая практика публикации подобной нормативно-справочной информации (НСИ) общепита только в виде бумажных сборников увеличивает время обработки информации при оценке рационов и конструировании персонализированных рационов, увеличивает трудозатраты при внесении НСИ в практические расчетные

системы. Практика поставки электронных источников фрагментарна. Необходим выход на потребителя, поставка электронных сборников рецептур и типовых меню; электронная публикация типовых меню для региональных систем управления питанием; лицензирование поставщиков информации (авторов) для использования ими разработанных форматов; платные услуги по разработке средств загрузки в тиражные компьютерные системы.

Цифровая модель рациона преследует своей целью полное представление в базе данных информации о блюдах, включая состав продуктов с нормами закладки (включая сезонные и варианты), технологические процессы; описания технологии, источника; нутриентный состав (включая средства расчета по составу с учетом потерь и технологических процессов); описание замен и вложенных рецептур; а также постадийное описание, иллюстрации и пополняемый набор свойств произвольного формата. Гармонизированная система нумерации (идентификации) источников, рецептур и их вариантов. Методика именования (кодификации) блюд и продуктов. Формат электронного описания для тиражирования. Не менее важным условием для возможности цифровизации объектов персонализированного питания является понятие цифровой модели потребителя, под которой понимается некий объем информации (как фиксированной, так и постоянно пополняемой) о потребителе, на основании которой можно говорить о предельно высокой конкретизации его нутрициологических потребностей с целью возможности разработки для него персонализированного меню (рациона, набора специально спроектированных пищевых продуктов и т.д.).

3.3. Применение метода кластеризации многомерных объектов

Применение метода кластеризации многомерных объектов при формировании персонализированных рационов для целевых групп потребителей. Современные научные исследования в области нутригенетики показывают, что подбор оптимального рациона питания с учетом генетических особенностей потребителя многократно повышает эффективность его питания и может способствовать сохранению здоровья в долгосрочной перспективе. Генетические маркеры - полиморфизмы генов - могут быть использованы для диагностики и прогноза алиментарно-зависимых заболеваний, а также в качестве предиктора для разработки персонализированной диетотерапии и прогноза ее эффективности. При этом задача разработки индивидуального рациона или пищевого продукта для каждого потребителя сталкивается с экономической неэффективностью и возрастанием стоимости конечного продукта. Одним из путей решения данной проблемы

является задача объединения потребителей в целевые группы (кластеры) со схожими показателями и, соответственно, потребностями, и отыскание типовых решений формирования меню и рационов для сформированных кластеров. Опыт проектирования технологических систем показывает, что учет внутренних показателей многомерных объектов, по которым происходит объединение потребителей в группы, и настройка параметров их обработки, значительно повышает эффективность работы с ними. В настоящем разделе рассматривается применение мягких вычислений (метода кластеризации многомерных объектов) при определении типовых кластеров для целевых групп потребителей.

3.4. Организации продовольственного обеспечения отдельной социальной группы на принципах персонализированного питания

В общем виде построение типового ситуационного плана описывается следующими шагами.

1) Получение (регистрация, фиксация) фактов о питающемся: антропометрических показателей и физической активности для оценки потребностей в энергии; медицинских показаний (заболеваний); генетических данных, связанных с особенностями метаболизма и спецификой усвоения определенных нутриентов; задач коррекции состава тела и т.д. – для выработки индивидуальных назначений питания. Результат формулируется в численном виде (нормы по нутриентам, натуральные нормы и др.). Для целей минимизации риска появления генетически обусловленных заболеваний выявляются нутриенты, изменение значений по которым будет улучшать рацион.

2) Учет индивидуальных потребностей/непереносимостей и обстоятельств, сопутствующих закупке/поставке продуктов, возможностей кулинарной обработки. Результатом является перечень рецептов блюд, допустимых для меню, их персональный рейтинг. Здесь также необходимо учесть, что часть нутриентов и калорийности питающийся будет получать, употребляя специально спроектированные пищевые продукты, включение которых в рацион позволит обеспечить более плотное «прилегание» фактических нутриентных показателей к нормативам потребления.

3) Составление («верстка») меню (наборов блюд и специально разработанных пищевых продуктов) с учетом шаблона меню по приемам пищи (разделам меню), сочетаемости и неповторяемости блюд, допустимых выходов порций по блюдам и приемам пищи, рейтинга блюд, равномерности показателей.

4) Коррекция/оптимизация меню для достижения лучших показателей. При этом используются сведения о нутриентном составе блюд и продуктов, а для проверки натуральных норм – об ингредиентном составе рецептур блюд.

5) Для обеспечения удовлетворительных экономических, логистических и других управленческих показателей персонализированного питания, в случае, если меню разрабатывается для отдельной социальной группы, выполняется предварительная кластеризация питающихся по их типам. Аналогом этой работы в клиническом питании является разработка номенклатуры диет, для каждой из которых устанавливаются свои нормативы потребления по нутриентам и натуральные, средние по больнице, независимо от веса, роста и других данных о пациенте. Отличие персонализированного питания от коллективного (массового) состоит в использовании данных о конкретном индивидуе (масса тела, показатели состава тела, генетическая информация, предпочтения и т.д.). Но и в этом случае, в силу неравномерности распределение особенностей, выделяются некоторые общие кластеры (группы) питающихся со схожей задачей нутрициологической коррекции (снижение веса, увеличение веса и т.д.). Внутри одного кластера даже для персонализированного питания возможно предварительное составление нескольких вариантов наиболее часто используемых типовых меню. Для учета индивидуальных особенностей потребителей к таким типовым меню применяется масштабирование (изменение массы потребления), частичная замена блюд, изменение выходов. Наличие типовых меню позволяет сократить время разработки индивидуальных рационов, при этом, не запрещая и «разработку с нуля» в отдельных случаях.

6) Как правило, требуется несколько циклов изменения (доводки) меню для удовлетворения многокритериальному набору нормативов потребления. Повторение цикла «составление-оптимизация» также требуется при появлении новой и уточненной информации: генетической, медицинской, новых рецептур и новых продуктов. Результатом разработки рациона является меню на цикл дней питания, с приложенной технологической рецептурой блюд и номенклатурой продуктов, а также данными нутрициологического расчета на соответствие норме потребления. В этом состоит сходство процедур разработки меню коллективного и персонализированного питания.



Рисунок 6. Структурная схема типового ситуационного плана организации продовольственного обеспечения

3.5. Существующие и перспективные сервисы реализации персонализированного питания

Появление новых технологий и удешевление ДНК-тестирования способствовало изменению глобальной парадигмы производства и развитию тренда персонализации – в первую очередь в медицине и в фудтехе. Сейчас мировой рынок персонализированного питания, включая всю экосистему — сервисы, диагностические компании, функциональные продукты питания, витамины, БАД – превышает 7 млрд долларов, а к 2025 году, согласно аналитического отчета J’son & Partners Consulting, достигнет 11,5 млрд.

История персонализированного питания как бизнеса начинается с обычной доставки продуктов – из магазинов и ресторанов – и постепенно движется от общего к частному, все больше подстраиваясь под конкретного заказчика и его особенности. Сначала – к рекомендательным сервисам, основанным на персональных предпочтениях и образе жизни, а на следующем этапе персональные предпочтения сменяются персональным здоровьем. Благодаря появлению новых и удешевлению уже существующих технологий появляются рекомендательные системы, которые учитывают результаты анализа крови, генетического анализа и анализа микробиома и подбирают

продукты под конкретного человека. Разработка этих диагностических тестов стала большим шагом к трансформации рынка персонализированного питания.

Мировые тренды рынка персонализированного питания

- Сегодня на рынке персонализированного питания и медицины появляется все больше компаний и сервисов, специализирующихся на потребительской генетике. Например, в США FDA официально утвердило технологию 23andMe, которая позволяет определять повышенный риск для 10 генетических заболеваний, а также потенциальную реакцию организма на различные лекарства.
- Другой тренд связан с активной интеграцией сервисов персонализированного питания в систему здравоохранения. Например, компания DayTwo, предлагающая систему персонализированного питания на основе микробиома кишечника, подписала соглашение с крупной израильской сетью клиник. И теперь пациенты клиники могут получать персонализированные рекомендации по диете и советоваться через интернет с больничным диетологом. Предполагается, что постепенно эта опция будет включена в государственную систему страхования с полным покрытием расходов для пациентов.
- Также активно развиваются сервисы персонализированного питания для очень узких групп потребителей. Например, израильская компания Nutrino совместно с Medtronic разрабатывает платформу персонализированного питания для больных сахарным диабетом, компания Astarte использует анализ микробиома кишечника для недоношенных младенцев, MDSure развивает персонализированное питание для онкобольных.
- Еще один тренд мирового рынка персонализированного питания — развитие интегрированных платформенных решений. Например, американская компания Habit предоставляет персонализированные рецепты на основе генетического теста (в перспективе и микробиома кишечника) в партнерстве с AmazonFresh (что упрощает заказ ингредиентов). Партнерство компании с FitBit позволяет клиентам отслеживать свой прогресс с помощью носимых устройств. В будущем данные одноразовых генетических тестов будут интегрированы с регулярными анализами крови и микробиомными тестами. Вся эта информация будет анализироваться параллельно с данными о состоянии здоровья человека, поступающими с носимых устройств.

Создание единой базы данных о влиянии потребляемой пищи на здоровье и активность человека и предоставление к ней доступа компаниям-производителям

продуктов питания позволит создавать последним новые продукты, в том числе, персональное и функциональное питание.

В России рынок персонализированного питания отстает от общемировых трендов и сегодня развивается в основном в сегменте доставки готовых наборов питания, основанных не на объективных данных о здоровье потребителя, а на его индивидуальных предпочтениях.

Эти сервисы появляются появляются постепенно и стараются отстроиться от конкурентов по целевой аудитории: обеды и ужины для большой семьи, высокобелковая диета для спортсменов, сложносочиненные блюда для требовательных хозяек, вегетарианское меню, программы для похудения и т. д.

Наиболее яркие бренды: Elementaree, Яндекс.Шеф, Ужин дома, Easy Meal, Шефмаркет, Just Food.

В России на рынке персонализированной геномики можно выделить следующие компании: Atlas, Genotek, Геоаналитика (сервис «Мои ген»), MyGenetics. Составлением рациона с учетом генетических особенностей человека занимается компания Genotek (вместе с Elementaree является участником рабочей группы FoodNet НТИ). Genotek проводит обработку ДНК для научных организации, диагностику генетических заболеваний, а также разрабатывает домашние генетические тесты для людей, которые хотят улучшить качество жизни и больше знать о своем организме. Например, с помощью тестов можно определять риски развития заболеваний или планировать беременность. Одно из важных направлений работы компании — подбор индивидуальной диеты с учетом особенностей метаболизма человека. При составлении диеты учитываются вес, рост, пол, возраст человека, а также его пожелания.

Персонализированным питанием на основе генетических тестов в России занимаются и другие компании. Например, новосибирский проект MyGenetics, — сервис по предоставлению персонального рациона на основе исследования генома заказчика. На сайте компании можно заказать специальный набор для проведения теста, с его помощью можно собрать образцы эпителия и отправить в Новосибирск, а через три недели получить подробный ответ из лаборатории о том, что можно и нельзя есть, как организм реагирует на глютен и лактозу, как расщепляет жиры, насколько быстро расходует энергию.

Еще одна компания – Atlas — предлагает тесты для исследования здоровья, составления плана питания и реакции на лекарства. Это единственная в России компания, которая предлагает домашние наборы для анализа микробиоты кишечника и, основанные на нем, рекомендации по питанию.

Также в России запущен проект по персонализированному питанию «БиоРитм», в рамках которого разрабатывается функциональное питание с учетом принадлежности человека к тому или иному региону и микроэлементного статуса этого региона. Компания планирует запустить на российском рынке устройства для домашнего определения микронутриентного статуса. С помощью мобильного приложения можно отслеживать динамику и изменения, а также постоянно корректировать питание на основе этих данных.

Также планируется выпускать аналогичные тесты для определения состава и качества продуктов питания.

Компании, которые сегодня предлагают сервисы персонализированного питания, различаются по параметрам, которые лежат в основе персонализации. Это могут быть:

- персональные предпочтения, физическая активность, образ жизни,
- анализ крови, генетический анализ, анализ микробиома.

Решения на основе персональных предпочтений потребителей, образе жизни и физической активности

В эту группу входят цифровые платформы, предоставляющие услуги «персонального тренера», который с помощью анализа предпочтений пользователей и образа жизни разрабатывает программу тренировок и питания и контролирует процесс, пока не будет достигнута цель.

Zipongo (США, 2011)

Цифровая платформа используют следующие входные данные: опрос пользователя, медицинская история, предпочтения. Сердцем платформы является мощная база данных о питании, с рецептами и т.д. Работает с поставщиками для сбора биометрических данных (кровяное давление, уровень холестерина, строение тела и т.д.). Также работает со сторонними провайдерами (например, 23andMe), чтобы учитывать генетические показатели.

LifeFuels (США, 2015)

Инновационная бутылка с водой, оснащенная дисплеем, которая сама подмешивает в воду питательные вещества и разные «вкусы», исходя из персональных предпочтении каждого пользователя, а также с учетом данных, собираемых через фитнес-приложения (такие как FitBit, MyFitnessPal, Apple Health). Компания заключила соглашения с 40 производителями разной воды.

Innit (США, 2013)

Приложение Shopwell использует алгоритмы искусственного интеллекта для анализа упакованных продуктов (сканирование штрих-кода) и сопоставления с персонализированными профилями питания. Сами профили питания разрабатываются с учетом таких факторов, как возраст, пол, аллергия, диеты и т.д. Изначально приложение интегрировано с базой данных «сырых» продуктов Inpit, соответственно сканируемый состав продуктов дает рекомендации по продуктам, которые могут лучше помочь пользователям в достижении диетических целей.

Решения на основе анализа крови и биометрических показателей, а также на генетическом анализе

По прогнозам компании Transparency Market Research (TMR), мировой рынок диагностики и терапии, основанной на секвенировании микробиома к 2024 достигнет 1,5 млрд долларов. В эти показатели включена деятельность всех компаний, которые предоставляют услуги по анализу микробиома.

Habit (США, 2015)

Одно из самых полных решений на рынке: тест ДНК, анализ крови, в перспективе анализ микробиома. Партнерство с AmazonFresh и Fitbit позволяет потребителям заказывать необходимые продукты и отслеживать изменения показателей здоровья.

Vitagene (США, 2014)

Персонализированные рекомендации по питанию и диете по наиболее подходящим физическим нагрузкам и спорту, а также по витаминам и пищевым добавкам, основанные на анализе ДНК (собственные тесты).

Nutrino / Medtronic (Израиль, 2011)

Интеллектуальная платформа, позволяющая разрабатывать персонализированное питание для больных сахарным диабетом. В качестве входных данных используются анализ крови, ДНК, образ жизни и активность, уровень инсулина.

Решения на основе анализа микробиома (бактерии в кишечнике)

DayTwo (Израиль, 2015)

DayTwo секвенирует ДНК микробиома, а затем использует полученную персонализированную информацию в соответствующем приложении, которое предлагает выбор продуктов. В планах создание платформы DayTwo Discovery Human Platform для развития персонализированной медицины для больных с метаболическими и прочими заболеваниями.

Thryve (США, 2016)

Ежемесячная программа по подписке: анализ микробиома, персонализированные рекомендации по питанию и образу жизни, персонализированные пробиотики.

Astarte Medical (США, 2016)

Интеллектуальная платформа, с помощью которой на основе анализа микробиома можно стандартизировать протоколы кормления и индивидуализировать планы лечения для недоношенных младенцев.

IV. ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОЕ ПИТАНИЕ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ.

4.1. Особенности питания детей и подростков

Организм детей и подростков имеет ряд других существенных особенностей. Ткани организма детей на 25% состоят из белков, жиров, углеводов, минеральных солей и на 75% из воды. Основной обмен у детей протекает в 1,5-2 раза быстрее, чем у взрослого человека. В организме детей и подростков, в связи с их ростом и развитием, процесс ассимиляции преобладает над диссимиляцией. В связи с усиленной мышечной активностью у них повышены общие энергетические затраты. Средний расход энергии в сутки (ккал) на 1 кг массы тела детей различного возраста и взрослого человека составляет:

- до 1 года – 100
- от 1 до 3 лет – 100-90
- 4-6 лет – 90-80
- 7-10 лет – 80-70
- 11-13 лет – 70-65
- 14-17 лет – 65-46
- взрослые люди – 45

Для нормального физического и умственного развития детей и подростков необходимо полноценное сбалансированное питание, обеспечивающее пластические процессы энергетические затраты организма с учетом его возраста. Энергетическая ценность суточного рациона питания детей и подростков должна быть на 10% выше их энергетических затрат, так как часть питательных веществ необходима для обеспечения процессов роста и развития организма. Соотношение белков, жиров, углеводов в питании детей старше 1 года и подростков должно составлять 1:1:4. Потребность в пищевых веществах у детей обратно пропорциональна их возрасту (чем меньше ребенок, тем

потребность больше), так как особенно усиленно ребенок растет в первые годы жизни. Большое внимание в питании детей и подростков уделяют его аминокислотному составу как основному пластическому материалу, из которого строятся новые клетки и ткани. При недостатке белка в пище у детей задерживается рост, отстает умственное развитие, изменяется состав костной ткани, снижается сопротивляемость к заболеваниям и деятельность желез внутренней секреции. При сбалансированности незаменимых аминокислот лучшим продуктом питания в детском возрасте считается молоко и молочные продукты. Для детей до 3 лет в рационе питания ежедневно следует предусматривать не менее 600 мл молока, а школьного возраста – не менее 50 мл. Кроме того, в рацион питания детей и подростков должны входить мясо, рыба, яйца, крупы – продукты, содержащие полноценные белки с богатым аминокислотным составом. Жиры играют важную роль в развитии ребенка. Они выступают в роли пластического, энергетического материала, снабжают организм витаминами А, D, E, фосфатидами, полиненасыщенными жирными кислотами, необходимыми для развития растущего организма. Особенно рекомендуют сливки, сливочное масло, растительное масло (5-10% общего количества). Суточная потребность в жирах такая же, как и в белке. Энергетическая ценность жиров в суточном питании должна быть не менее 30%. При недостаточном потреблении жиров у детей снижается сопротивляемость болезням, замедляется рост. У детей наблюдается повышенная мышечная активность, в связи с чем потребность в углеводах у них выше, чем у взрослых, и должна составлять 10-15 г на 1 кг массы тела. В питании детей важное значение играют легкоусвояемые углеводы, источником которых являются фрукты, ягоды, соки, молоко, сахар, печенье, конфеты, варенье. Количество сахаров должно составлять 25 % общего количества углеводов. Однако избыток углеводов в питании детей и подростков приводит к нарушению обмена веществ, ожирению, снижению устойчивости организма к инфекциям.

4.2. Персонализированное питание детей с генетическими и наследственными заболеваниями

В Российской Федерации в соответствии с Приказом Минздравсоцразвития РФ от 22.03.2006 N 185 "О массовом обследовании новорожденных детей на наследственные заболевания" в целях их раннего выявления, своевременного лечения, профилактики инвалидности и развития тяжелых клинических последствий осуществляется обследования новорожденных детей - неонатальный скрининг адреногенитальный синдром, галактоземию, врожденный гипотиреоз, муковисцидоз, фенилкетонурию

30.12. 2019 года Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации утверждены методические рекомендации МР 2.4.0162-19 «Организация питания детей, страдающих сахарным диабетом и иными заболеваниями, сопровождающимися ограничениями в питании (в образовательных и оздоровительных организациях). Эти рекомендации, по существу, определяют персонафицированные диеты для детей с сахарным диабетом, целиакией, муковисцидозом (кистофиброз поджелудочной железы) фенилкетонурией.

В соответствии с этими методическими рекомендациями:

При сахарном диабете. В меню для ребенка с сахарным диабетом рекомендуется включать продукты источники полноценного белка (творог, мясо, рыба, птица, яйца, сыр, гречка, рис, фасоль, овес) и продукты с низким гликемическим индексом (перец сладкий, баклажаны, брокколи, цветная капуста, спаржевая фасоль; свежая зелень, листовая зелень, фрукты, бобовые, макаронные изделия из муки твердых сортов). Для предотвращения риска развития избыточной массы тела у детей с сахарным диабетом, общее потребление жиров рекомендуется сократить до 30% от суточной калорийности рациона. Суточная потребность в углеводах определяется с учетом возраста ребенка, пола, пубертатного статуса и степени двигательной активности. Указан перечень пищевой продукции, которая не допускается в питании детей и подростков с сахарным диабетом. Представлен рекомендуемые наборы продуктов по приемам пищи для организации питания детей с сахарным диабетом, а также технологические карты технологические карты приготовления блюд.

При целиакии. Целиакия - это хроническая генетически детерминированная аутоиммунная энтеропатия, характеризующаяся нарушением усвоения белкового компонента пищевых злаков - глютена. Распространенность целиакии у детей и подростков в Европейских странах составляет в среднем 1 случай на 250 человек. Количество скрытых и атипичных форм целиакии в 7 раз превышает число клинически выраженных форм. Основа профилактики обострений целиакии - соблюдение диеты, основанной на принципе исключения из меню глютеносодержащих пищевых продуктов. При составлении меню рекомендуется учитывать, что самое высокое содержание глютена отмечается в пшенице и ржи (33 - 37%), умеренное - в ячмене и овсе (10%). Соответственно, в список запрещенных к включению в меню продуктов попадают все продукты и блюда, содержащие пшеницу, рожь, ячмень и овес. В меню не включаются продукты промышленного изготовления, содержащие скрытый глютен, это - полуфабрикаты мясные и рыбные, колбасные изделия, мясные и рыбные консервы,

молочные продукты (йогурты, творожки, сырки), кукурузные хлопья, овощные полуфабрикаты в панировке, а также блюда, приготовленные с использованием этих продуктов. При составлении меню необходимо учитывать, что исключение из питания глютеносодержащих пищевых продуктов может приводить к снижению антиоксидантной защиты у детей, дефициту витаминов (В1, В2, В6, РР, пантотеновой кислоты) и минеральных веществ (кальций, магний, селен), в связи с чем, рекомендуется предусмотреть обязательность восполнения потребности организма в витаминах и микроэлементах за счет иных продуктов. Природными поставщиками антиоксидантов и витаминов являются свежие фрукты, овощи и зелень, которые рекомендуется включать в меню в обязательном порядке. Высокий антиоксидантный потенциал имеют перец, томаты, капуста (белокочанная, брюссельская, брокколи), чеснок, лук, чернослив, изюм, цитрусовые, красный грейпфрут, ягоды (черника, клюква, брусника, черная смородина, клубника, земляника, малина). Возможной причиной нарушения диеты в образовательной (оздоровительной) организации может стать неосознанное нарушение технологии приготовления блюд в связи с заменой безглютеновых продуктов на глютеносодержащие продукты, при отсутствии должного внимания и настороженности со стороны персонала столовой

При муковисцидозе. Муковисцидоз (кистофиброз поджелудочной железы) - генетически детерминированное заболевание, характеризующееся поражением желез внешней секреции, кистозным перерождением поджелудочной железы, поражением кишечника и дыхательной системы вследствие закупорки выводящих протоков вязким секретом. При муковисцидозе в патологический процесс вовлекается весь организм. Ведущим в клинической картине является поражение бронхолегочной и пищеварительной систем. Распространенность муковисцидоза в России ниже, чем в европейских странах.

Вместе с тем, статистика распространенности муковисцидоза среди детей и подростков свидетельствует о ежегодном росте заболеваемости. Муковисцидоз хорошо поддается лечению, которое может предотвратить, задержать или облегчить симптомы заболевания. Основным принципом в организации питания детей и подростков больных муковисцидозом - увеличение энергетической ценности рациона питания за счет увеличения потребления белка в 1,5 раза по сравнению с возрастной нормой и доведения жировой компоненты питания до 40 - 50% от общей энергетической емкости рациона. Для детей с муковисцидозом рекомендуется увеличивать энергетическую ценность суточного рациона питания в возрастной группе до трех лет на 200 ккал/сутки, 3 - 5 лет - на 400 ккал/сутки, 6 - 11 лет - на 600 ккал/сутки, старше 12 лет - на 800 ккал/сутки. В каждый основной прием пищи рекомендуется включать блюда, содержащие белки животного

происхождения (мясо, субпродукты, рыба, яйца или молочные продукты - сыр, творог), жиры (растительное, сливочное масло, сметана, сливки), сложные углеводы (крупы, хлеб, овощи), в меньшей степени - простые углеводы (фрукты, сладости, варенье, мед). Дополнительные приемы пищи рекомендуется представлять специализированными высокобелковыми продуктами питания, кисломолочными продуктами, творогом и фруктами. Рекомендаций по особенностям технологии приготовления блюд для детей с муковисцидозом - нет.

При фенилкетонурии. Фенилкетонурия - наследственное нарушение аминокислотного обмена, при котором блокируется работа фермента фенилаланингидроксилазы, в результате аминокислота фенилаланин оказывает токсическое действие. Динамика общей заболеваемости фенилкетонурией среди детей и подростков характеризуется ежегодным приростом более чем на 5% [4 - 15]. Патогенетическим методом профилактики обострений фенилкетонурии является диетотерапия с заменой высокобелковых натуральных продуктов (мясо, рыба, творог) на специализированные смеси, не содержащие фенилаланин. Перечень пищевой продукции, которая не допускается в питании детей и подростков с фенилкетонурией:

- 1) мясо и мясные изделия;
- 2) рыба и рыбные продукты;
- 3) творог, творожки, творожные массы, творожные сырки, брынза, сыры твердые и мягкие, сыры и сырки плавленые;
- 4) мука (пшеничная, ржаная, овсяная, гречневая, рисовая, кукурузная), хлеб белый и черный, хлебные палочки, баранки, сушки, булочки, печенье, пирожные, торты;
- 5) крупы и хлопья: крупа гречневая, кукурузная, манная, перловая, ячневая, рис, толокно, хлопья овсяные;
- 6) все виды яиц;
- 7) все виды орехов;
- 8) подсластитель аспартам;
- 9) желатин;
- 10) молоко, кефир, ряженка, простокваша, йогурты;
- 11) соевые продукты

Технология приготовления блюд предусматривает замену высокобелковых натуральных продуктов (мясо, рыба, творог) на специализированные смеси.

Алгоритм организации индивидуального питания в организованном детском коллективе.

Для постановки ребенка на индивидуальное питание в организованном детском коллективе родителю ребенка (законному представителю) рекомендуется обратиться к руководителю образовательной (оздоровительной) организации с заявлением (обращением или иной принятой в организации формой) о необходимости создания ребенку специальных (индивидуальных) условий в организации питания по состоянию здоровья, представив документы, подтверждающие наличие у ребенка заболевания, требующего индивидуального подхода в организации питания. На основании полученных документов, руководитель (образовательной, оздоровительной) организации, совместно с родителем (законным представителем) прорабатывает вопросы меню и режима питания ребенка; для детей с сахарным диабетом - контроля уровня сахара в крови и введения инсулина, особенности в организации питания, возможность использования в питании блюд и продуктов, принесенных из дома. Руководителю (образовательной, оздоровительной) организации рекомендуется проинформировать классного руководителя (воспитателя, вожатых) и работников столовой о наличии в классе (группе, отряде) детей с заболеваниями - сахарный диабет, целиакия, фенилкетонурия, муковисцидоз, пищевая аллергия; особенностях организации питания детей, мерах профилактики ухудшения здоровья и мерах первой помощи. О детях с сахарным диабетом рекомендуется дополнительно проинформировать учителя физической культуры (инструктора по физической культуре), проинструктировать его о симптомах гипогликемии, мерах первой помощи и профилактики. Для детей с сахарным диабетом, целиакией, фенилкетонурией, муковисцидозом, разрабатывается цикличное меню с учетом имеющейся у ребенка патологии. Для детей с пищевой аллергией к имеющемуся в организации цикличному меню разрабатывается приложение к нему с заменой продуктов и блюд, исключающих наличие в меню пищевых аллергенов. Планируемое (на цикл) и фактическое (на день) меню, вместе с технологическими картами и продуктами рекомендуется размещать на сайте образовательной (оздоровительной) организации. В случае если принимается решение об организации питания детей из продуктов и блюд, принесенных из дома рекомендуется определить порядок их хранения, упаковки и маркировки; создать условия для хранения продуктов (блюд) и их разогрева, условия для приема пищи; определить режим питания ребенка.

4.3. Персонализированное питание детей – спортсменов.

Питание в детско-юношеском спорте, как и во взрослом, основано на концепциях сбалансированного и адекватного питания. Основная цель – полноценное обеспечение организма спортсменов энергетическими и пластическими веществами, повышение эффективности учебно-тренировочного процесса и спортивных результатов, сохранение здоровья юных спортсменов. Вместе с тем питание детей в спорте существенно отличается от взрослого. Разница заключается в том, что наряду с решением спортивных задач необходимо обеспечить естественные процессы роста и развития ребенка. Адаптационные возможности юного атлета при выполнении тренировочных и соревновательных нагрузок соответственно функциональным и анатомо-физиологическим особенностям растущего организма существенно отличаются от сформированного морфофункционального состояния организма взрослого спортсмена. Организм ребенка быстро реагирует даже на минимальный дефицит энергии и пищевых веществ дисфункцией органов и систем; развитием вторичного иммунодефицита; нарушением гомеостаза, физического и психического развития. В связи с этим питание должно соответствовать по составу, количеству и качеству всех компонентов пищи возрастным физиологическим потребностям детского организма. Основа рационального питания детей спортсменов – соответствующая физической нагрузке калорийность рациона, обеспечение сбалансированного поступления белков, жиров и углеводов, а также витаминов и микроэлементов. В свою очередь, питание детей в спорте должно удовлетворять связанным не только с необходимостью обеспечения эффективного тренировочного процесса и достижения максимальных спортивных результатов, но и с поддержанием непрерывного роста и развития ребенка потребностям юных спортсменов в пищевых веществах и энергии. Рационально организованное питание укрепляет здоровье, повышает спортивную работоспособность, способствует процессам восстановления и адаптации к физическим нагрузкам. Достаточная калорийность рациона питания обеспечивает эффективную работу мышечной системы, предупреждает раннее наступление усталости. Кроме того, в настоящее время проблема нутритивной поддержки юных спортсменов разрабатывается как специалистами спортивной педагогики, так и специалистами спортивной физиологии и медицины. Особое внимание уделяется персонализированному подходу, который базируется в том числе на учете закономерностей физического развития юного организма, особенно в период полового созревания. При этом одним из важнейших критериев управления процессом развития

адаптированности (тренированности) к мышечным нагрузкам декларируется применение такой характеристики, как биологический возраст

Особенности энергообеспечения физической работы При организации питания следует учитывать и особенности энергообеспечения физической работы:

- аэробная энергопродукция — способность выполнять мышечную работу в условиях кислородной задолженности — характерна для видов спорта, требующих выносливости;

- анаэробная энергопродукция реализуется преимущественно в видах спорта, требующих «молниеносного выброса» энергии (тяжелая атлетика и др.);

- смешанная анаэробно-аэробная энергопродукция характерна для таких видов спорта с чередующимися нагрузками разного характера, как спортивные единоборства, игровые виды спорта.

Для повышения спортивных результатов на разных этапах тренировочного процесса могут быть использованы различные виды физической нагрузки, что также учитывается при составлении рациона. Таким образом, соотношение основных нутриентов в общей энергетической ценности пищи у спортсменов разны

Режим питания спортсменов должен обеспечить оптимальные условия для усвоения значительного количества нутриентов, необходимых для удовлетворения повышенных потребностей, и при этом создать комфортные условия для тренировок. При организации режима питания для спортсменов следует придерживаться следующих принципов: • оптимальным является 4–5-разовое (при необходимости 6-разовое) питание с интервалами между приемами пищи 2,5–3,5 ч; допускаются перекусы; • непосредственно перед тренировкой прием пищи не должен быть обильным, поскольку при активном пищеварении ухудшается кровообращение и обеспечение кислородом работающих мышц; • между основным приемом пищи и началом интенсивной мышечной работы должен быть перерыв не менее 1–1,5 ч; по окончании тренировки основной прием пищи должен быть не ранее чем через 40–60 мин;

Рацион спортсмена перед тренировкой должен включать только легкоусвояемые продукты. Следует исключить трудноперевариваемые и длительно задерживающиеся в желудке животные жиры и жареное мясо (табл. 3), а также продукты с большим количеством клетчатки (фасоль, горох, бобы и др.), вызывающие вздутие кишечника. Питание после спортивной нагрузки С целью смещения кислотно-щелочного равновесия в организме спортсмена после интенсивных физических нагрузок в щелочную сторону следует частично ограничивать поступление продуктов с кислой валентностью и увеличивать — с щелочной. К продуктам, содержащим кислые валентности, относят мясо,

рыбу, яйца, сыр, зерновые продукты, хлеб, орехи, маринованные и квашеные овощи; из фруктов — сливу и клюкву. Поступление щелочных валентностей увеличивают фрукты (абрикос, ананас, апельсин, виноград, вишня, ежевика, клубника, крыжовник, лимон, малина, манго, мандарин, оливки, персик, смородина, яблоки), натуральные соки, овощи (капуста, лук, морковь, редис, салат, свекла, томаты, картофель, зелень), грибы, бобовые, водоросли, молоко и кисломолочные продукты [6].

Специализированные продукты спортивного питания. Для создания оптимального рациона у спортсменов могут применяться специализированные — спортивные — продукты питания. Таким термином обозначают пищевые продукты, обладающие специфическим влиянием на адаптивные возможности человека к физическим и/или психоэмоциональным нагрузкам с целью достижения высших спортивных результатов. Важное достоинство специализированных пищевых продуктов для спортсменов — это их заданный химический состав (в небольшом объеме содержится адекватное количество сбалансированных нутриентов в легкоусвояемой форме), повышенная пищевая и биологическая ценность и/или направленная эффективность. Их можно использовать как на дистанции или соревнованиях, так и между/после тренировок или стартов. Компонентами специализированных продуктов для спортсменов могут быть сухая молочная сыворотка и цельный молочный белок, цельный яичный белок, яичный альбумин, изолят соевого белка, водоросли (ламинария, хлорелла, спирулина и др.), продукты гидролиза пивных дрожжей, ПНЖК и лецитин, глюкоза, сахароза, мальтодекстрин, крахмал, разнообразные формы витаминов и минеральных веществ, а также нутриенты специального назначения.

V. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Диета и метаболизм. Персональный генетический отчет. – Режим доступа :http://www.lifemedical.ru/netcat_files/File/5678%20FIT%20russian.pdf. – 13.07.2018
2. Добрина, Н. А. Питание для спортсменов / Н. А. Добрина. – М. : Человек, 2019. – 194 с
3. Еду можно будет напечатать на 3D-принтере. – Режим доступа : <https://sciencepop.ru/edu-mozhno-budet-napечatат-na-3d-printere/>. – 02.08.2018.
4. Иванова, В.Н. Разработка методологии проектирования пищевых продуктов для лиц с предрасположенностью к онкологии толстого кишечника на основании результатов генетического тестирования / В.Н. Иванова, И.А. Никитин, Н.А. Жученко, М.Ю. Сидоренко, С.В. Штерман, А.Ю. Сидоренко // Хлебопечение России. – 2018. - № 3. – С.15 – 19
5. Иванова, В.Н. Разработка методологии формирования рационов питания для целевых групп потребителей на основе анализа их геномов / В.Н. Иванова, Н.А. Жученко, И.А. Никитин, М.Ю. Сидоренко, С.В. Штерман, А.Ю. Сидоренко // Пищевая промышленность. – 2018. - № 10. – С. 40 – 44
6. Никитин, И.А. Разработка модели персонализированного питания, основанной на учете генетических предрасположенностей организма потребителя / И.А. Никитин, В.А. Богатырев, Ш. Муталлибзода // Материалы V Международной научно-практической конференции «Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции» / ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина». – Краснодар. - 2019. – С. 633 - 638
7. Нутригеномика: питание vs. заболевания. – Режим доступа :<https://biomolecula.ru/articles/nutrigenomika-pitanie-vs-zabolevaniia>. – 05.08.2018.
8. Laursen, M. F., Bahl, M. I., Michaelsen, K. F. & Licht, T. R. First foods and gut microbes. *Front. Microbiol.* 8, 356 (2019).
9. Yatsunenko, T. et al. Human gut microbiome viewed across age and geography. *Nature* 486, 222–227 (2020).
10. David, L. A. et al. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature* 505, 559–563 (2018).
11. Muegge, B. D. et al. Diet drives convergence in gut microbiome functions across mammalian phylogeny and within humans. *Science* 332, 970–974 (2019).
12. Rothschild, D. et al. Environment dominates over host genetics in shaping human gut microbiota. *Nature* 555, 210–215 (2018).

13. Kau, A. L., Ahern, P. P., Griffin, N. W., Goodman, A. L. & Gordon, J. I. Human nutrition, the gut microbiome and the immune system. *Nature* 474, 327–336 (2019).
14. Zmora, N., Suez, J. & Elinav, E. You are what you eat: diet, health and the gut microbiota. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 16, 35–56 (2019).
15. Smits, S. A. et al. Seasonal cycling in the gut microbiome of the hadza hunter-gatherers of tanzania. *Science* 357, 802–806 (2017). This paper provides an excellent example of how the gut microbiome changes dynamically with seasonal dietary shifts as well as westernization.