

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА КОНСТРУИРОВАНИЯ НОВЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кондратенко В. В. – к. т. н., доцент

Кондратенко Т. Ю. – ассистент, соискатель

Чубит Л. Ю. – соискатель

Кубанский государственный аграрный университет

Предложена концептуальная схема конструирования новых многокомпонентных пищевых продуктов функционального назначения с использованием методов математического моделирования на основе линейного программирования.

Suggested the conceptual scheme of construction the new functional multicomponent food items, using the methods of mathematical modeling on a base of linear programming.

В последнее время одним из наиболее перспективных направлений научных исследований в области переработки пищевой продукции является "конструирование" новых продуктов. При этом основное внимание уделяется "функциональности" продукта, под которой понимают совокупность интенсивных свойств, обуславливающих область его применения в питании человека. Основное отличие моделирования в пищевой отрасли от аналогичного процесса в других отраслях промышленности заключается в том, что формирование интенсивных свойств продукта определяется не только содержанием и оптимальным соотношением основных пищевых компонентов. Здесь необходимо учитывать также факторы, которые играют далеко не последнюю роль в формировании потребительских свойств, но в настоящее время не имеют или почти не имеют адекватной численной характеристики, дающей возможность применения к ним основных правил

математического моделирования. К таким факторам относятся почти все органолептические показатели: вкус, запах, консистенция, цвет. Особым препятствием к полноценному вовлечению этих факторов в процесс моделирования является субъективность их восприятия. Каждый человек имеет свои индивидуальные органолептические (вкусовые, цветовые, обонятельные, осязательные и звуковые) предпочтения, формируемые условиями проживания, пищевым статусом, социальным положением и личными физиологическими особенностями. Это часто является причиной того, что одна и та же качественная характеристика пищевого продукта может быть по-разному оценена разными людьми. Следствием такого подхода становится "однобокость" в выборе критериев, на основании которых производится конструирование пищевого продукта. В то же время результат такого конструирования по своим органолептическим свойствам в ряде случаев оставляет желать лучшего, из-за чего приходится "наугад" дорабатывать состав продукта, используя весьма ненадежную систему оценки "вкусно – невкусно", что в свою очередь приводит к нарушению изначально рассчитанного баланса питательных компонентов. Особенно актуальной эта проблема становится в случае конструирования новых овощных напитков на молочной основе. В этом случае кроме названных проблем появляется еще одна. Суть ее заключается в том, что молочная основа представляет собою крайне нестабильную субстанцию, в ряде случаев стремящуюся к самопроизвольному расслоению. Положение усугубляет добавление овощных соков, обладающих слабокислой, а подчас и слабощелочной реакцией среды. При таком положении дел образуются исключительно благоприятные условия для бурного развития микрофлоры, что в конечном итоге может привести к окончательной порче продукта. Данная проблема редко возникает на больших производствах с высокотехнологичными линиями асептического консервирования. Однако внедрение подобных технологий на предприятиях средней и малой мощности связано со значительными затра-

тами, непозволительными в условиях существующих рыночных отношений, требующих скорейшего возвращения вложенных средств.

В соответствии с изложенными положениями нами была разработана концептуальная схема комплексного конструирования новых пищевых продуктов, основной идеей которой является необходимость рассмотрения всех факторов, определяющих функциональные и общепотребительские свойства разрабатываемого пищевого продукта как единого комплекса показателей, неразрывно связанных друг с другом (рис.).

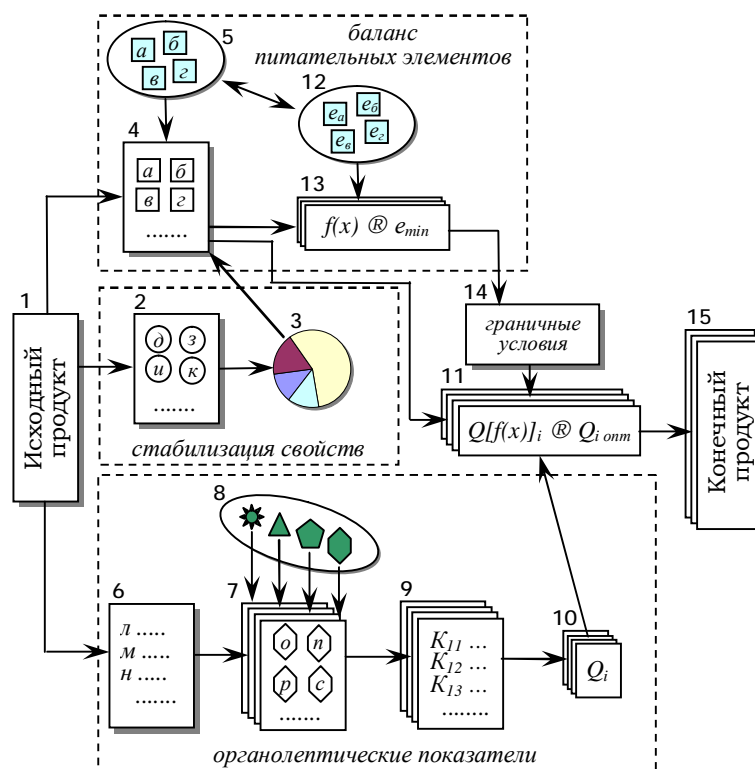


Рисунок – Концептуальная схема комплексного конструирования пищевых продуктов

Согласно предлагаемой схеме подбор качественного и количественного состава продукта проводится сразу в трех направлениях: по балансу питательных элементов, по стабилизации свойств и по органолептическим показателям. Первым и определяющим шагом в таком конструировании становится выбор исходного продукта (1), коренную или частичную модификацию которого желательно провести, поскольку его вид определяет

принадлежность к той или иной группе пищевых продуктов. А это в свою очередь очерчивает комплекс требований, предъявляемых к его функциональности, стабильности и органолептическим показателям. На этом же этапе производится предварительная оценка всех положительных и отрицательных сторон исходного продукта, основных предполагаемых путей модификации исходного продукта с целью увеличения его функциональности, а также выбор основных сторонних ингредиентов, которые предположительно будут входить в конечный продукт.

Например, в случае с овощными напитками на молочной основе в качестве "носителя" выступает молоко, что предопределяет свойства конечного продукта как белковой высокопитательной субстанции, отличающейся значительной аминокислотной насыщенностью на фоне малой стабильности, ограниченности витаминного комплекса и отсутствия пищевых волокон. Для повышения стабильности такой системы необходимо введение в нее дополнительных компонентов, предотвращающих самокоагуляцию белкового комплекса (это в основном высокомолекулярные заряженные структуры коллоидной природы, в качестве которых могут выступать пектиновые вещества). Кроме того, следует предусмотреть корректировку витаминного комплекса путем введения в систему компонентов растительного происхождения – овощных соков, обладающих широким спектром витаминов и являющихся ценным источником пищевых волокон.

Следующий этап конструирования заключается в идентификации всех компонентов, входящих в состав исходных ингредиентов, которые могут выступать как в качестве стабилизаторов свойств продукта, так и в качестве элементов, препятствующих этому (2). Так, в качестве элементов, стабилизирующих свойства, могут выступать коллоидные структуры, которые несут на своей поверхности заряд того же знака, что и структурные компоненты, и служат основой конструируемого пищевого продукта. Результатом недоучета влияния того или иного компонента может быть либо

пониженная стабильность разработанного продукта, либо полная его неспособность сохранять свои свойства в течение существенного промежутка времени.

На этом этапе очень важным является грамотное определение соотношения стабилизирующих и дестабилизирующих компонентов (3) таким образом, чтобы влияние дестабилизирующих компонентов нивелировалось, а стабилизирующих – увеличивалось. Это возможно только при сравнительном анализе степени выраженности стабилизирующих и дестабилизирующих свойств у входящих компонентов по отношению к какому-либо из них, взятому в качестве эталона (контроля). Такой эталон определяется по наиболее распространенному стабилизирующему и дестабилизирующему компоненту данной группы пищевых продуктов. В качестве основного численного параметра для сравнения целесообразно брать коэффициент ионизации в комплексе с концентрацией. Затем производится определение степени взаимного нивелирования стабилизирующих признаков антогонизирующих эталонов по эталону-стабилизатору, после чего стабилизирующие и дестабилизирующие свойства всех соответствующих компонентов приводятся к одному знаменателю. При этом коэффициенты, выражающие сравнительные стабилизирующие свойства компонентов-стабилизаторов, берутся со знаком "+", а компонентов-дестабилизаторов – со знаком "-".

Результат подбора соотношения компонентов-стабилизаторов не может не сказаться на общем количественном и качественном составе всего пищевого продукта в целом, поэтому данные, полученные на этом этапе конструирования, будут являться отправной точкой для следующего этапа – определения баланса питательных компонентов в разрабатываемом продукте (4).

В соответствии с концепцией сбалансированного питания для осуществления нормальной ежедневной деятельности человека обязательным

условием является ежедневное поступление в организм основных пищевых компонентов (белков, липидов, углеводов, витаминов, минеральных солей, пищевых волокон и др.) в установленном соотношении, определяемом питательными свойствами каждого из компонентов, а также их участием в процессах жизнедеятельности организма [3].

Одной из наиболее рациональных форм представления питательной ценности пищевых продуктов является сравнение компонентного состава всей суммы ингредиентов, предположительно входящих в разрабатываемый продукт, со стандартными значениями суточной потребности человеческого организма (5). При этом для практических целей необходимо учитывать не только отдельно взятые сравнительные значения, но и соотношение питательных компонентов, а также долю каждого в суточной потребности. Особо важная роль при этом принадлежит так называемым "лимитирующим" компонентам, доля которых в общем списке минимальна, но они при этом определяют соотношение, в котором питательные компоненты будут усвоены из продукта организмом. Потребность в некоторых компонентах и их соотношениях представлена в таблице.

Параллельно с определением баланса питательных элементов производится балансировка разрабатываемого пищевого продукта по основным органолептическим показателям. На современном этапе развития науки и техники практическому претворению этого этапа в жизнь в обязательном порядке должны предшествовать комплексные исследования по численной идентификации каждого органолептически значимого компонента любого пищевого продукта. Для этого в первую очередь необходимо определиться с набором органолептических показателей и степенью их выраженности для того вида пищевых продуктов, к которому принадлежит и объект конструирования (6). Известно, что в пределах каждого органолептического показателя существует несколько его непрерывных или дискретных градаций (так, например, вкус характеризуется четырьмя градациями – соленый,

кислый, сладкий и горький; цвет – по спектральному диапазону – красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый; запах – по степени "мягкости" и выраженности; и т. д.). Кроме того, восприятие того или иного продукта органами чувств, как правило, основывается на комплексном анализе некоторого соотношения и/или смещения двух и более градаций. В соответствии с этим в пределах каждой градации каждого органолептического показателя необходимо идентифицировать все компоненты продукта, участвующие в их формировании, определить количественный состав всех входящих в конструируемый продукт ингредиентов в отношении этих компонентов (7).

Таблица – Потребность организма человека в некоторых питательных компонентах в соответствии с концепцией сбалансированного питания [2]

Компонент продукта	Потребность (в среднем), г/сутки
Липиды	60,0...154,0 (107,0)
Белки	58,0...117,0 (88,0)
Углеводы	50,0...100,0 (75,0)
Соотношение аминокислот: триптофан – метионин – лизин	1,0 – 2,0...4,0 – 3,0...5,0
Соотношение минеральных веществ кальций – фосфор – магний	1,0 – 1,5 – 0,7
Незаменимые аминокислоты	25,0...26,0 (25,5)
Балластные вещества	20,0...25,0 (22,5)

На этом этапе моделирования также определяется степень выраженности эффекта совместного воздействия, когда значение того или иного показателя определяется не столько отдельными компонентами, сколько их взаимным влиянием (примером этого может служить известный сахарокислотный индекс, когда кислота "маскирует" сладость сахара). При этом необходима обязательная ориентировка на "базовые" показатели, характеризующие данную градацию или совокупность градаций данного ор-

ганолептического показателя (8). Особое значение при этом следует придавать не выраженности какого-либо одного компонента, а сведению нескольких базовых характеристик того или иного показателя в безразмерный критерий или комплекс критериев (9). В качестве исходных численных данных, как и в случае со стабилизацией свойств, могут быть использованы концентрации и константы ионизации компонентов, участвующих в формировании вкусовых и обонятельных ощущений, так как действие их проявляется только в условиях формирования водных растворов. Для компонентов, определяющих цветовые ощущения, такими данными являются пики спектра пропускаемого видимого светового излучения в комплексе с коэффициентом оптической активности и концентрацией (при анализе совокупности таких компонентов важно учитывать основные правила цветового смешения). Такой подход позволит уйти от субъективности и расплывчатости описания.

На следующем этапе на основании совокупности критериев составляется критериальное уравнение для каждой группы показателей, а также, по возможности, задание примерной численной области, в которой значения показателей являются приемлемыми или оптимальными. Далее методом линейного программирования определяется "оптимальное" соотношение компонентов для получения композиции, удовлетворяющей основным требованиям по каждому органолептическому показателю (10).

В общем виде математическая постановка экспериментальной задачи состоит в определении экстремума целевой функции при заданных условиях [1]. Сама целевая функция может быть изначально определена как система алгебраических уравнений с включением в качестве переменных основных численных критериев, определяющих значимость и выраженность факторов, формирующих в конечном счете функциональные, стабилизирующие и органолептические свойства продукта (11).

Однако в настоящее время из двух продуктов одного класса со схожими показателями при прочих равных условиях в первую очередь будет

отдаваться предпочтение тому, калорийность которого ниже. В силу этого в процессе моделирования необходимо также учитывать и энергетическую ценность каждого компонента, входящего в состав исходных ингредиентов (12). Эти данные в комплексе с концентрациями соответствующих компонентов могут быть затем сведены в отдельную систему алгебраических уравнений (13), которая будет определять граничные условия (14) области решений целевой функции (11).

Алгоритм решения системы алгебраических уравнений выбирается в зависимости от ее вида и сложности. В силу широты диапазона граничных условий результатом решения станет некоторое множество рецептов конечного продукта (15), удовлетворяющих всем заданным условиям, что и требовалось получить. Разница между отдельными рецептурами в пределах этого множества может быть небольшой. В таком случае необходимо провести стандартную оценку значимости различий между полученными продуктами стандартными методами математической статистики. Это позволит выделить небольшое количество конечных рецептов, на основании которых и будут получены пищевые продукты, удовлетворяющие всем заданным показателям.

Использование предлагаемой концептуальной схемы на первых этапах, несомненно, сопряжено со значительными затруднениями, связанными с необходимостью первоначальной идентификации множества компонентов исходных ингредиентов, входящих в продукт, а также определением их качественных характеристик. Однако результатом такого подхода станет алгоритм полностью автоматизированной разработки рецептов новых пищевых продуктов с заданными комплексными целевыми показателями.

Список литературы

1. Проектирование состава продуктов детского питания: Обзорная информация / А. В. Анисимова, Н. А. Михайлов, Б. С. Бедных и др. – М. : АгроНИИТЭИММП, 1995. – 35 с.

2. Захарова, Л. М. Проектирование состава новых кисломолочных белковых продуктов с зерновыми добавками / Л. М. Захарова, И. А. Мазеева // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты : сб. науч. тр. – М. : Изд-во РАЕН, 2002. – Вып. 6. – С. 77–82.
3. Остроумов, Л. А. Комбинированные молочные белковые продукты с использованием растительного сырья / Л. А. Остроумов, В. В. Бобылин, Т. А. Остроумова // Хранение и переработка сельхозсырья. – М., 1998. – № 8. – С. 28–30.