

Разработка функциональных кисломолочных напитков на основе компьютерной экспертной системы адекватного питания

Д-р техн. наук Н.А. ТИХОМИРОВА, д-р техн. наук Ю.А. ИВАШКИН, канд. техн. наук М.А. НИКИТИНА,
В.В. ВАСИЛЬЕВ

Московский государственный университет прикладной биотехнологии

An example of creation of the formulation of the functional product using the computer expert system is demonstrated. An optimum ratio of ingredients of the kefir herodietetic product with biological additive «Vitazar» possessing probiotic properties has been selected. The results obtained during computer modeling and in the experiments are identical.

Современный уровень развития науки о питании говорит о том, что пища — главный фактор, определяющий состояние здоровья человека.

Здоровье каждого человека и нации в целом определяется рационом питания. Правильно подобранный рацион питания позволяет удовлетворять физиологические потребности организма в пищевых нутриентах и энергии, способствовать поддержанию жизненного тонуса, повышать работоспособность.

В настоящее время средняя продолжительность жизни населения РФ [8] составляет: 57 лет у мужчин и 63 года у женщин против 72 и 80 лет соответственно для населения Западной Европы.

Состояние здоровья населения на начало XXI в. охарактеризовано [8] следующим образом:

- ✓ около 80 % имеют различного вида патологии;
- ✓ 40 – 60 % страдают избыточным весом и ожирением;
- ✓ у 19 % выявлены симптомы выраженной белково-калорийной недостаточности;
- ✓ всего 6 – 8 % рождающихся детей признается врачами здоровыми.

Сложившаяся ситуация требует изменения концептуальных подходов к процессу разработки рецептур новых видов продуктов.

На современном этапе развития науки о питании оптимизация состава индивидуальных пищевых продуктов для детерминированных групп населения может достаточно эффективно осуществляться путем математического моделирования и компьютерного проектирования.

Концепция математического проектирования многокомпонентных продуктов питания, позволяющая рационально использовать сырьевые ресур-

сы, получать комбинированные продукты питания с заданным составом и уровнем биологической ценности, была изложена в трудах И.А. Рогова, А.М. Бражникова, Н.Н. Липатова (мл.).

В Московском государственном университете прикладной биотехнологии на кафедре «Компьютерные технологии и системы» разработана *Экспертная система адекватного питания* (Роспатент № 2003611592 от 03.07.2003 г.).

Экспертная система адекватного питания [1] на основе математических моделей обеспечивает компьютерное решение задач рецептурной, ингредиентной и моноструктурной оптимизации с учетом физиологических особенностей, региональных, этнических и социальных условий с последующими многокритериальной оценкой и выбором оптимального решения по заданным функциям полезности.

Информационной основой системы являются базы данных физиологических особенностей питания детерминированных групп населения, химического состава, физических свойств, пищевой, биологической и энергетической ценности, санитарно-гигиенических норм безопасности и других характеристик сырья, полуфабрикатов и конечных продуктов.

База данных структурированно отображает физико-химические параметры продуктов питания животного и растительного происхождения, критерии оптимизации, функционал адекватности, рекомендации и нормы потребления ФАО/ВОЗ, а также включает в себя поисковую систему, обеспечивающую подбор продуктов или сырья, удовлетворяющих заданным требованиям.

На основе базы данных формируется база знаний

Таблица 1

Содержание витаминов и микроэлементов в БАД
«Витазар», мг/100 г

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Витамин В ₁ (тиамин)	2,3	Марганец	27,2
Витамин В ₂ (рибофлавин)	0,6	Железо	7,8
Витамин В ₃ (ниацин)	94	Медь	0,96
Витамин В ₅ (пантотеновая кислота)	6,0	Цинк	20,0
Витамин В ₉ (фолиевая кислота)	1,0	Селен	0,02
Калий	1113,5	Фосфор	1320
Кальций	547	Кремний	1,0
Вольфрам	0,3	Магний	38,0

в виде параметрических описаний проектируемого продукта, вариантов рецептур, балансных уравнений и структурных соотношений между определяющими компонентами и свойствами продукта.

Экспертная система адекватного питания использовалась для создания ряда продуктов, а именно: для рецептур геродиетических продуктов в ПНИЛЭФМОПП МГУПБ, диетических продуктов из мяса птицы в ВНИИПП, сублимированных напитков из ягодных и фруктовых пюре в НИИ пищевого белка и экологии.

Молочные продукты функционального назначения кроме своей энергетической ценности обладают и лечебно-профилактическими свойствами. Употребление молочных продуктов функционального назначения способствует активизации функции желудочно-кишечного тракта, подавлению активности гнилостных и прочих патогенных бактерий, обеспечению противоопухолевой защиты кишечника, активизации иммунитета, защите от кишечной и других инфекций, синтезу витаминов, препятствует проникновению в кровь токсинов, образующихся при метаболизме пищевых веществ.

Иллюстрацией применения компьютерной экспертной подсистемы геродиетического адекватного питания является разработка рецептур классических кисломолочных напитков: кефир, ацидофилин, йогурт. В качестве функциональной геродиетической добавки предложено использовать отечественную БАД «Витазар» [3], представляющую собой муку из проросших зародышей пшеницы, образующуюся после отжима масла и содержащую 25 – 37 % белка, 19 – 25 % сахара, 6 – 8 % растительного масла, микро- и макроэлементы, витамины и другие биологически активные вещества. Содержание витаминов и минеральных веществ в БАД «Витазар» представлено в табл. 1.

Повышенная пищевая ценность, гипоаллергенные свойства, богатый витаминно-минеральный состав, хорошие вкусовые качества и легкая усвояемость делают возможным включение добавки «Витазар» в кисломолочные продукты функционального назначения.

В результате анализа сведений, содержащихся в экспертной системе, необходимо было подобрать сырье таким образом, чтобы его использование позволило сбалансировать компоненты готового продукта, гарантировать гигиеническую безопасность, не придать выраженных оттенков и запахов при комбинировании с другими наполнителями, обогатить биологически активными веществами. В

итоге были подобраны оптимальные составляющие кефирного геродиетического продукта – «Кефир нежирный» и БАД «Витазар».

Поиск оптимального соотношения ингредиентов продукта сводится к последовательному улучшению значения критерия адекватности, отражающего интегральную характеристику квадратного отклонения текущих показателей продукта питания от заданных стандартных показателей при ограничениях, вытекающих из структурно-параметрических моделей адекватного питания [2], а именно:

- отношение содержания белка к содержанию жира должно быть не менее 0,8:

$$\frac{\sum_{i=1}^m b_i^a x_i}{\sum_{i=1}^m b_i^x x_i} = 0,8,$$

где b_i^a, b_i^x – массовые доли соответственно белка и жира в i -м рецептурном компоненте продукта;
 x_i – массовая доля i -й компоненты рецептуры;

- отношение массовой доли аминокислоты лизина к массовым долям аминокислот метионина и цистина должны стремиться к единице:

$$\sum_{i=1}^m [a_{\text{лиз}} - (a_{\text{мет}} + a_{\text{цис}})] b_i^a x_i \leq \text{eps},$$

где $a_{\text{лиз}}, a_{\text{мет}}, a_{\text{цис}}$ – массовые доли аминокислот лизина, метионина и цистина, г/100 г белка;
eps – малая величина;

- массовая доля аминокислоты триптофана должна быть менее 1 г в 100 г белка:

Кефир с БАД Витазар

Пищевая ценность

Белки	Жиры	Углеводы	Зола	Сухие вещества	СОМО
3,27	0,13	39,6	0,69	43,69	43,56

ВИТАМИНЫ (мг/100г)

A	B1	B2	B3	B6	B9	B12	C	E	PP
0,02	0,06	0,17	1,26	0,06	0,02	0	0,69	0,02	0,1

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА (мг/100г)

K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	P	Si	Mg	Na
161	130	0,27	0,18	0,01	0,2	107,2	0,01	15,2	51,4

ПРОИЗВЕСТИ РАСЧЕТ ОТМЕНА

Диалоговое окно «Пищевая ценность продукта»

$$\sum_{i=1}^m a_{\text{трп},i} b_i^a x_i \leq 1,$$

где $a_{\text{трп},i}$ – массовая доля аминокислоты триптофана в i -м компоненте, г/100 г белка.

Пищевая ценность готового продукта при оптимально подобранном соотношении массовых долей ингредиентов с учетом представленных, а также лимитных ограничений по рецептурным компонентам представлена на рисунке.

В ходе лабораторных исследований при определении массовой доли БАД «Витазар» основными критериями были кислотообразующая способность, количество жизнеспособных клеток микроорганизмов и органические показатели. В результате установлено, что при дозе добавки 1...2 % процесс кислотообразования происходит активнее по сравнению с контрольным образцом (в качестве контрольного образца использовали кефир, полученный в идентичных условиях). Продолжительность образования сгустка снижается на 1 ч, а кислотность сгустка составляет $K = 85...90$ °Т. Сгусток имеет гомогенную консистенцию, чистые кисло-молочные, слегка острые вкус и запах с незначительным привкусом добавки.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что БАД «Витазар» стимулирует развитие молочнокислой микрофлоры. Для проверки этого предположения были проведены исследования с культурами заквасок для йогурта (термофильный стрептококк + болгарская палочка) и биокефира (термофильный стрептококк + бифидобактерии).

Дальнейшее увеличение дозы добавки до 5 % приводило к незначительному повышению кислотности на 1...2 °Т, но ухудшались органолептические показатели. Сгусток приобретал сильно выраженные вкус и запах добавки (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика полученных сгустков

Образцы	Активность сквашивания, ч	Кислотность сгустка, °Т	Органолептические показатели	Время истечения, с	Синерезис, %
Контроль (обезжиренный кефир)	12,0	80 ± 2	Гомогенная консистенция, чистые кисло-молочные слегка острые вкус и запах, белый цвет	20,46 ± 0,41	51 ± 2
Образец с массовой долей БАД "Витазар" 0,5 %	11,5	87 ± 1	Гомогенная консистенция, кисло-молочные вкус и запах со слабым привкусом БАД, белый цвет с кремовым оттенком	22,51 ± 0,38	47 ± 1
Образец с массовой долей БАД "Витазар" 1 %	11,0	88 ± 1	Гомогенная консистенция, кисло-молочные вкус и запах со слабым привкусом БАД, цвет кремовый	23,47 ± 0,45	46 ± 2
Образец с массовой долей БАД "Витазар" 1,5 %	10,0	90 ± 2	Гомогенная консистенция, кисло-молочные вкус и запах с привкусом БАД, цвет кремовый	23,56 ± 0,33	45 ± 1
Образец с массовой долей БАД "Витазар" 2 %	10,0	88 ± 2	Гомогенная консистенция, кисло-молочные вкус и запах с сильным привкусом БАД, цвет кремовый	24,37 ± 0,24	45 ± 1
Образец с массовой долей БАД "Витазар" 3 %	10,0	88 ± 2	Гомогенная консистенция, кисло-молочные вкус и запах с сильно выраженным привкусом БАД, цвет кремовый	25,16 ± 0,28	44 ± 1

Таблица 3
Физико-химические и микробиологические показатели кефира с БАД «Витазар»

Показатель	Характеристика
Массовая доля сухих веществ, %	Не менее 10
Массовая доля белка, %:	
общего	Не менее 3,26
животного	3,00
растительного	0,26
Массовая доля жира, %:	
общего	0,13
животного	0,05
растительного	0,08
Массовая доля углеводов, %:	
общих	3,90
животных	3,80
растительных	0,10
Массовая доля золы, %	0,75
Энергетическая ценность, ккал/100 г продукта	38,7
Температура, °С	6 ± 2
Скорость истечения, с	23 ± 2
Кислотность сгустка, Т	87 ± 2
Количество жизнеспособных клеток, КОЕ в 1 см ³	Не менее 8 · 10 ⁸
БГКП, КОЕ в 0,001 см ³	Отсутствуют

Высокое содержание жизнеспособных клеток (10^9 в 1 см³) отмечено при массовой доле добавки 1,0; 1,5; 2,0 %, при 3,0 % наблюдалось снижение их количества [7]. Характеристика выработанного продукта представлена в табл. 3.

Полученный продукт обладает пробиотическими свойствами, его состав стимулирует развитие микрофлоры, которое выражается в повышении кислотообразующей способности и увеличении количества жизнеспособных клеток микроорганизмов [6].

Таким образом, установлено, что $1,5 \pm 0,5$ % — рациональная массовая доля БАД «Витазар».

Выводы, полученные в ходе компьютерного моделирования и экспериментальным путем, идентичны — оптимальная концентрация БАД «Витазар» составляет $1,5 \pm 0,5$ % [4, 5].

По результатам проведенных исследований разработаны технологии функциональных кисломолочных продуктов на основе традиционных заквасок.

Выработанные по новым технологиям продукты обладают синбиотическими свойствами, содержат повышенное количество ненасыщенных жирных кислот, макро- и микроэлементов (особенно кальция), а также пищевых волокон. Поэтому они могут быть рекомендованы для геродиетического питания.

Полученные результаты подтверждают возможность эффективного применения разработанной компьютерной системы адекватного питания при разработке новых молочных продуктов, в частности функциональных кисломолочных напитков для геродиетического питания.

Список литературы

1. *Ивашкин Ю.А., Никитина М.А.* Компьютерная система оценки и оптимизации адекватного питания // Доклады V МНТК «Пища. Экология. Человек». — М., 2003.
2. *Ивашкин Ю.А., Юдина С.Б., Никитина М.А.* Информационные технологии проектирования пищевых продуктов // Мясная индустрия. 2000. № 5.
3. *Патент 2005116112 РФ.* Способ производства кисломолочного продукта с мукой из зародышей пшеницы «Витазар» / Н.А. Тихомирова, В.В. Васильев. Опубл. 2005.09.10.
4. *Тихомирова Н.А., Ивашкин Ю.А., Никитина М.А., Васильев В.В.* Кефир для функционального питания // Молочная промышленность. 2005. № 1.
5. *Тихомирова Н.А., Ивашкин Ю.А., Никитина М.А., Васильев В.В.* Совершенствование технологии кефира для функционального питания // Сборник материалов научных чтений «Кафедре технологии молока и молочных продуктов МГУПБ 60 лет». — М., 2005.
6. *Тихомирова Н.А., Васильев В.В.* Исследование влияния муки из зародышей пшеницы «Витазар» на пробиотическую молочную микрофлору // Материалы Международной конференции «Пробиотики, пребиотики, синбиотики и функциональные продукты питания. Современное состояние и перспективы». — М., 2004.
7. *Тихомирова Н.А., Васильев В.В., Черных А.Ю.* Разработка функционального продукта геродиетического питания // Сборник научных трудов, посвященных 75-летию ВНИМИ. — М., 2004.
8. *Тутельян В.А., Княжев В.А.* Реализация Концепции государственной политики здорового питания населения России: научное обоснование // Вопросы питания. 2000. № 3.