

Концептуальный подход к конструированию продуктов энтерального питания

Е.Ю. Агаркова, В.В. Кондратенко, Н.С. Пряничникова

Всероссийский
научно-исследовательский
институт молочной
промышленности, г. Москва,
Российская Федерация

Корреспонденция:
Евгения Юрьевна Агаркова,
E-mail: e_agarkova@vnimi.org

Конфликт интересов:
авторы сообщают
об отсутствии конфликта
интересов.

Поступила: 20.04.2024
Принята: 16.12.2024
Опубликована: 27.12.2024

Финансирование:
Исследования проведены
в рамках государственного
задания Министерства науки
и высшего образования
Российской Федерации
FNSS-2022-0006 «Исследование
функционального потенциала
национальных молочных
продуктов для формирования
их идентификационных матриц,
интегрируемых в глобальные
базы данных».

Copyright: © 2024 Авторы

АННОТАЦИЯ

Введение: Нутритивная поддержка является важным компонентом базисного лечения различных патологических состояний. Однако в настоящее время разработка формулы продукта энтерального питания носит частный точечный характер без единой методологии, что делает каждую такую разработку эксклюзивной и весьма дорогостоящей. Анализ существующих подходов к конструированию продуктов ЭП в связи со специфичностью их использования обнаружил ряд проблем, связанных с ограничениями применимости. В этой связи в условиях сложившейся геополитической обстановки разработка унифицированного подхода к созданию спектра специализированных продуктов, в том числе энтерального питания (ЭП), является актуальной задачей.

Цель: Разработать принципиально новую концепцию конструирования продуктов ЭП, основанную на конъюгации системы цифрового профилирования от сырья до реципиента с базовыми положениями пищевой комбинаторики и модульностью технологии.

Материалы и методы: В качестве объектов исследования выступал пул информации о существующих подходах к конструированию продуктов ЭП, базовых принципах пищевой комбинаторики и цифрового профилирования. Разработку принципа модульности технологической трансформации ингредиентов в продукт ЭП проводили с использованием модифицированной функции желательности Харрингтона с введением цифрового профиля ингредиентов.

Результаты: В статье рассмотрены основные виды проектирования продукции: базовая пищевая комбинаторика, цифровое профилирование и расширенное цифровое профилирование с учетом трансформации нутриентов в процессе производства, выявлены их позитивные и негативные стороны применительно к ЭП и разработан новый подход к конструированию продуктов ЭП, Предложен новый концептуальный подход к конструированию продуктов ЭП на основе комплексного рационального цифрового профилирования с учётом принципов модульности технологической трансформации ингредиентов в готовый продукт.

Выводы: В существующем виде механизм проектирования продуктов ЭП не позволяет унифицировать процесс их создания, что в условиях ухода зарубежных компаний-разработчиков с отечественного рынка создаёт риск возникновения недостаточности обеспечения отечественной медицины данными продуктами. Предложенный концептуальный подход в первом приближении позволяет решить данную проблему, в том числе, и в части применимости пищевой комбинаторики. Разработка является основополагающим вектором для проведения дальнейших научных исследований в данной области.

Ключевые слова: энтеральное питание; нутритивная поддержка; пищевые комбинаторные технологии; цифровое профилирование нутриентов; модульные технологии трансформации ингредиентов; разработка специализированных продуктов питания



Для цитирования: Агаркова, Е. Ю., Кондратенко, В. В., & Пряничникова, Н. С. (2024). Концептуальный подход к конструированию продуктов энтерального питания. *FOOD METAENGINEERING*, 2(4), 26–35. <https://doi.org/10.37442/fme.2024.4.74>

Conceptual Approach to the Design of Enteral Nutrition Products

Evgeniya Yu. Agarkova, Vladimir V. Kondratenko, Nataliya S. Pryanichnikova

All-Russian Dairy Research Institute,
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction: Nutritional support is a vital component of the basic treatment for various pathological conditions. However, the current development of formulas for enteral nutrition products is carried out in a fragmented and case-specific manner, lacking a unified methodology. This makes each development unique and significantly expensive. An analysis of existing approaches to the design of enteral nutrition (EN) products, considering the specificity of their use, has revealed several issues related to their applicability. In this context, given the current geopolitical situation, the development of a unified approach to creating a range of specialized products, including enteral nutrition (EN), has become a pressing challenge.

Purpose: To develop a fundamentally new concept for designing EP (functional food) products, based on the integration of a digital profiling system from raw materials to the recipient with the basic principles of food combinatorics and the modularity of technology.

Materials and Methods: The research objects included a pool of information on existing approaches to the design of EP (functional food) products, the basic principles of food combinatorics, and digital profiling. The development of the principle of modularity in the technological transformation of ingredients into an EP product was carried out using a modified Harrington desirability function, incorporating the digital profile of the ingredients.

Results: The article examines the main types of product design: basic food combinatorics, digital profiling, and extended digital profiling that accounts for nutrient transformations during production. Their positive and negative aspects in relation to EN are identified, and a new approach to the design of EN products is proposed. A novel conceptual approach to EN product design is introduced, based on comprehensive rational digital profiling that considers modular principles of technological transformation of ingredients into the final product.

Conclusion: The current mechanism for designing EN products does not allow for the unification of their development processes. This creates a risk of insufficient supply of such products to domestic healthcare in the context of the withdrawal of foreign developers from the domestic market. The proposed conceptual approach provides a preliminary solution to this problem, including its applicability to food combinatorics. This development serves as a foundational direction for further scientific research in this area.

Keywords: enteral nutrition; nutritional support; food combinatorics technologies; digital nutrient profiling; modular technologies for ingredient transformation; development of specialized food products

Correspondence:

Evgeniya Yu. Agarkova,
E-mail: e_agarkova@vnimi.org

Conflict of interest:

The authors report the absence of a conflict of interest.

Received: 20.04.2024

Accepted: 16.12.2024

Published: 27.12.2024

Funding:

The research was conducted within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation FNSS-2022-0006 "Study of the functional potential of national dairy products for the formation of their identification matrices integrated into global databases."

Copyright: © 2024 The Authors



To cite: Agarkova, E. Yu., Kondratenko, V. V., & Pryanichnikova, N. S. (2024). Conceptual approach to the design of enteral nutrition products. *FOOD METAENGINEERING*, 2(4), 26–35. <https://doi.org/10.37442/fme.2024.4.74>

ВВЕДЕНИЕ

Результаты многочисленных исследований в области нутритивной терапии подтверждают важность проведения нутритивной поддержки, то есть обеспечения такими необходимыми специализированными продуктами, как энтеральные¹ (Barbalho et al., 2020; Derosa, D'Angelo, Maffioli, 2020; Murphy et al., 2024; Talavera, 2023). Мнение большинства специалистов медицинских учреждений сводится к тому, что данная терапия благоприятно сказывается на здоровье больного в целом, препятствует истощению организма после тяжёлых оперативных вмешательствах (Bear et al., 2021; Cass & Charlton, 2022; Correia et al., 2017; Gillis & Wischmeyer, 2019; Ignowski et al., 2018; Kashiwagi et al., 2024).

Российский рынок специализированного лечебного питания, в том числе энтерального, сегодня, к сожалению, на 96 % перекрывается за счет импорта, на 1 % за счет поставок из Белоруссии (Агаркова & Шерстнева, 2024), а доля отечественной продукции составляет 3 % от общего объема потребления, в то время как емкость рынка оценивается в 30 млрд. руб.² Наполнение рынка продукцией ЭП отечественного производства, разработанными с применением современных научных подходов, — приоритетная задача российской пищевой промышленности³ (Луфт и соавт., 2017; Обухова и соавт., 2022). Необходимо понимать, что скопировать импортные продукты достаточно сложно: подавляющее большинство смесей имеет запатентованные формулы, то есть состав готового продукта указан в маркировке, но конкретные наименования используемых компонентов и их рецептурное соотношение неизвестно (Correia et al., 2017; Gillis & Wischmeyer, 2019; Ignowski et al., 2018; Mohajir et al., 2022). Второй проблемой является трансформация некоторых веществ в процессе технологической обработки и хранения, что ведет к необходимости установления баланса между необходимыми для решения медицинских задач веществами ЭП (Bear et al., 2021; Ekici et al., 2024; Inciong et al., 2020), указанными в маркировке продукта значениями этих веществ, и установленным в рецептуре количеством ингредиентов (Тутельян, 2020).

В настоящее время в пищевой промышленности применяют три основных вида проектирования продуктов:

- (1) базовая пищевая комбинаторика — метод конструирования новых пищевых продуктов посредством введения пищевых и биологически активных добавок для достижения необходимых органолептических, физико-химических и иных характеристик (Липатов, 1995).
- (2) цифровое профилирование — создание математической модели продукта (цифрового профиля), включающего матрицы ингредиентов и нутриентного состава, а также физико-химических, органолептических и иных свойств продукта (Семипятный, 2021).
- (3) расширенное цифровое профилирование с учётом трансформации нутриентов в процессе производства — разработка комплексных математических моделей, отвечающих на воздействия виртуальных факторов аналогично, как сам продукт отвечал бы на воздействие реальных факторов.

Исследование существующих подходов к конструированию пищевых систем в целом и продуктов ЭП в частности показало, что в подавляющем большинстве в их основе лежит принцип пищевой комбинаторики Липатова (Липатов, 1995; Липатов & Рогов, 1987), базирующийся на классической теории сбалансированного питания с учётом современных её вариаций — теорий адекватного, оптимального и функционального питания⁴. В основу вышеупомянутого принципа пищевой комбинаторики положено априорное представление, что основным целевым назначением пищевых продуктов является обеспечение поддержания в организме человека условного оптимального материального и энергетического баланса. Практическая реализация представляет собой алгоритм определения сочетания исходных ингредиентов, из которых будет произведён продукт с известными данными о химическом составе каждого из них, с учётом требований к сочетанию нутриентов в конечном продукте на фоне ряда граничных условий, формируемых посредством целевых особенностей конструируемого продукта и его потребительских свойств. Однако такой подход не учитывает изменения, происходящие с хими-

¹ Рыжкова, О. В. (2022). Энтеральное и парентеральное питание: Учебное пособие. Иркутск: ИГМУ.

² Эксперт оценил долю российской продукции на рынке спецпитания РФ: 2022. <https://www.interfax.ru/business/842790>

³ Рыжкова, О. В. (2022). Энтеральное и парентеральное питание: Учебное пособие. Иркутск: ИГМУ.

⁴ Забодалова, Л. А. (2015). Научные основы создания продуктов функционального назначения: Учебно-методическое пособие. СПб: Университет ИТМО.

ческими компонентами исходных ингредиентов в процессе ряда технологических операций, необходимых для трансформации исходного сырья в конечный продукт. Необходимость включения динамики компонентов в процессе технологической трансформации в принцип пищевой комбинаторики находит отражение в работах по данной тематике (Oganesyants, 2020; Семипятный, 2017; Хуршудян & Рябова, 2021).

В последние несколько лет вектор исследований в области пищевой комбинаторики начал смещаться в сторону цифрового профилирования конструируемого продукта с созданием так называемого цифрового двойника (Семипятный, 2021). Он представляет собой цифровой профиль продукта, включающий наряду с матрицей состава основных и второстепенных нутриентов, сопутствующих компонентов и компонентов-маркеров принадлежности или свойств, также матрицы физико-химических и органолептических параметров, и метаданные, характеризующие продукт. Таким образом, в процессе конструирования продукта оперирование проходит с комплексной математической моделью, отвечающей на воздействия виртуальных факторов аналогично тому, как сам продукт отвечал бы на воздействие реальных факторов. Особенностью такого подхода является многопараметрический контроль соответствия цифрового профиля продукта матрице «идеализированного отпечатка» (Семипятный, 2021). Подобное цифровое профилирование потенциально позволяет гибко моделировать формирование свойств конструируемого продукта с учётом каскада технологических качественных и количественных преобразований. Такой вариант совершенствования подхода к пищевой комбинаторике позволяет итеративно приближать цифровой профиль получающегося продукта к результату, удовлетворяющему некоторой контрольной матрице, формирующей множество допустимых девиаций целевых свойств.

Несмотря на все преимущества, в реализации цифрового профилирования конструируемого продукта с созданием цифрового двойника имеет место ряд проблем ограниченной применимости при конструировании продуктов ЭП, следствием чего является необходимость совершенствования вышеописанного подхода цифрового профилирования и пищевой комбинаторики с гибкой двусторонней связкой проектируемого продукта и модульных технологий.

Целью текущего исследования являлось разработка принципиально новой концепции конструирования продуктов ЭП, основанной на конъюгации системы цифрового профилирования от сырья до рецепиента с базовыми положениями пищевой комбинаторики и модульностью технологии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования

Объектами исследования выступал пул информации о существующих подходах к конструированию продуктов ЭП, видах продуктов, требованиях, предъявляемых к ним, базовых принципах пищевой комбинаторики и цифрового профилирования.

Процедура исследования

Усовершенствование принципов пищевой комбинаторики осуществляли основываясь на существующих представлениях о цифровом профилировании (Семипятный, 2021; Oganesyants, 2023; Oganesyants, 2020) и направлениях его применения, а также принципов пищевой комбинаторики (Липатов, 1995; Липатов & Рогов, 1987).

Разработку принципа модульности технологической трансформации ингредиентов в продукт ЭП проводили с использованием модифицированной функции желательности Харрингтона с введением цифрового профиля ингредиентов (Галстян, 2009).

Разработку схемы принципа комбинаторной модульности технологического процесса основывали на обработке принципов модульности, полученных на предыдущем этапе работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Усовершенствование принципов пищевой комбинаторики

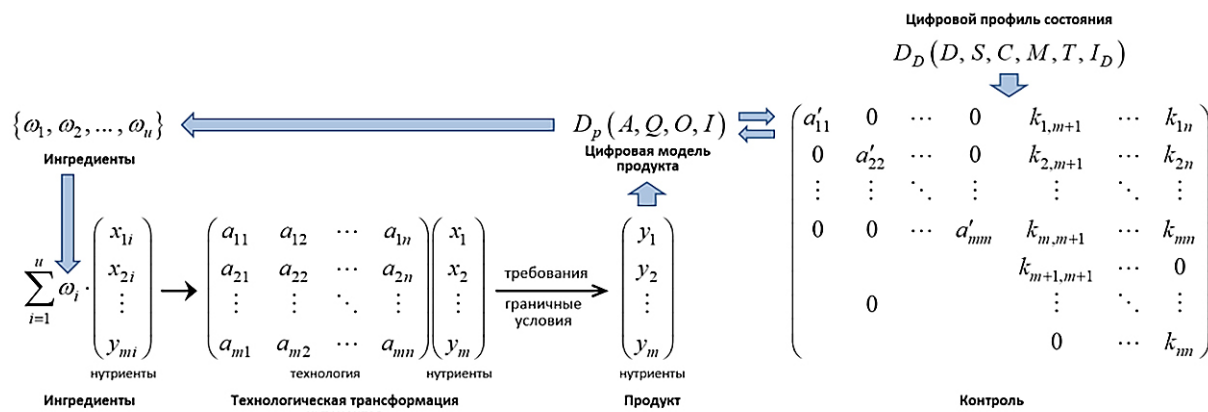
В связи с ограниченной применимостью существующих методов проектирования пищевых систем к продуктам ЭП в структуру пищевой комбинаторики введём понятие цифрового профиля состояния (Рисунок 1), отражающего состояние пациента как субъекта, нуждающегося в адекватной нутритивной и энергетической поддержке.

Рисунок 1

Усовершенствованный вариант пищевой комбинаторики

Figure 1

Enhanced Version of Food Combinatorics



Примечание.

A — базовая матрица продукта; Q — матрица физико-химических параметров; O — матрица органолептических показателей; I — кортеж метаданных; ω — массовая доля ингредиента; x — массовая доля нутриента; y — массовая доля нутриента в продукте; a — коэффициент технологической трансформации; a' — эталонное значение; i — индекс; m — количество строк матриц; n — количество столбцов матриц; u — количество ингредиентов; k — коэффициент; D — нутритивные факторы болезни, Q — нутритивные факторы осложнения, O — нутритивные факторы состояния, I_D — кортеж метаданных, T — временные факторы нутритивной и энергообеспеченности.

Note.

A — base product matrix; Q — matrix of physicochemical parameters; O — matrix of organoleptic characteristics; I — metadata tuple; ω — ingredient mass fraction; x — nutrient mass fraction; y — nutrient mass fraction in the product; a — technological transformation coefficient; a' — reference value; i — index; m — number of matrix rows; n — number of matrix columns; u — number of ingredients; k — coefficient; D — disease-related nutritional factors; Q — complication-related nutritional factors; O — condition-related nutritional factors; I_D — metadata tuple; T — temporal factors of nutritional and energy provision.

Пусть цифровой профиль состояния включает в себя базовую матрицу нутритивных факторов болезни (D), коррекционную матрицу возраста пациента (S), матрицу нутритивных факторов сопутствующих осложнений (C), матрицу нутритивных факторов текущего физиологического состояния (M), матрицу временных факторов нутритивной и энергообеспеченности (T), метаданные (I_D). При конструировании продуктов ЭП цифровой профиль состояния неизбежно является базой, определяющей требования к форме и свойствам продукта, а также комплекс граничных условий. Следствием этого является необходимость дополнения существующего цифрового профиля продукта включением в кортеж его метаданных форм-фактора продукта. Таким образом, цифровой профиль состояния становится эссенциальной составляющей конструирования продуктов ЭП.

В результате анализа взаимодействия цифрового профиля продукта как элемента существующего подхода к пищевой комбинаторике и введенного нами цифро-

вого профиля состояния была установлена его слабая детерминированность. Для адаптации существующего подхода к пищевой комбинаторике для конструирования продуктов ЭП необходимо обеспечение жёсткой детерминированности между введённым нами цифровым профилем состояния и цифровым профилем продукта.

Второй проблемой применимости существующих подхода является эмпирическая ориентированность на установление допустимых интервалов значений в матрицах физико-химических и органолептических показателей в соответствии с принципом желательности Харрингтона, следствием чего является детерминированность этих интервалов только в форме граничных условий для определения *post factum*. Для решения этой проблемы необходимо сами физико-химические показатели представить не в дискретной форме, а в виде многопараметрической функции от компонентного состава $Q_j = f_{Q_j}(A)$. В свою очередь органолептические показатели представим в виде много-

параметрической функции от компонентного состава и от физико-химических свойств $O_j = f_{O_j}(A, f_Q)$. Данный подход основан на априорном представлении о формировании физико-химических и органолептических свойств продукта как производных от состава и соотношения компонентов. Тогда цифровой профиль продукта будет включать в себя не матрицы физико-химических параметров и органолептических показателей, а соответствующие матрицы их функций: $D_p = (A, f_Q, f_O, I)$. Отсюда логически вытекает третья проблема применимости — необходимость включения физико-химических параметров и органолептических показателей в виде соответствующих функций в пул оперативных факторов пищевой комбинаторики с допустимыми коридорами варьирования, задаваемыми ограниченными значениями частных функций желательности Харрингтона, *in situ*. Естественным препятствием к функциональной реализации предложенного варианта является достаточно малая либо фрагментарная изученность численных зависимостей физико-химических параметров и органолептических показателей от компонентного комплекса продукта, что является поводом для исследований в данном направлении. Подобный скорректированный подход становится рабочим, при условии учёта каскадов преобразований компонентов пула задействованных в комбинаторике ингредиентов. Однако, на сегодняшний момент само существование матрицы технологических трансформаций как цифровое отражение количественных и качественных преобразований в процессе переработки ингредиентов в готовый продукт ЭП носит скорее декларативную форму, что является четвёртой проблемой применимости существующего подхода.

Учитывая вариативность компонентного состава и физико-химических параметров, используемых при производстве ЭП ингредиентов, для полноты операционной манёвренности возникает необходимость введения цифрового профиля ингредиентов $D_s = (A_s, Q_s, B, I_s)$,

включающего по аналогии с цифровым профилем продукта базовую матрицу сырья (A_s), матрицу физико-химических параметров (Q_s), матрицу микробиологических показателей (B) и кортеж метаданных (I_s). При этом в силу нативной детерминированности ингредиентов все матрицы могут включать только дискретные значения.

Принцип модульности технологии ЭП

Следует учитывать, что технологическая трансформация ингредиентов в готовый продукт ЭП представляет собой каскад преобразований компонентов практически в каждом технологическом процессе. В соответствии с этим введем принцип модульности технологической трансформации ингредиентов в продукт ЭП, в соответствии с которым совокупность последовательности процессов может состоять не более чем из трёх групп-модулей (Рисунок 2).

Первая группа процессов (модуль 1) по большей части детерминирована физико-химическими параметрами исходных ингредиентов. В свою очередь завершающая — третья группа — детерминирована свойствами конечного продукта ЭП (модуль 3). В силу необходимой истинной или квазинепрерывности передела S в P имеет место некоторая условная граница в общей цепи технологических процессов, формально отделяющая один модуль от другого. В отдельных случаях можно рассмотреть наличие некоторой промежуточной — относительно универсальной — группы процессов (модуль 2). Тогда при наличии некоторого пула исходных ингредиентов, виртуально представленных соответствующим пулом цифровых профилей, и пула конечных продуктов, также представленных цифровыми профилями, сопровождаемыми цифровыми профилями состояний, конкретное воплощение технологии может быть представлено комбинаторным образом в виде некоторой комбинации модулей (Рисунок 3).

Рисунок 2

Принцип модульности технологической трансформации ингредиентов (S) в продукт ЭП (P)

Figure 2

The Principle of Modularity in the Technological Transformation of Ingredients (S) into the EN Product (P)

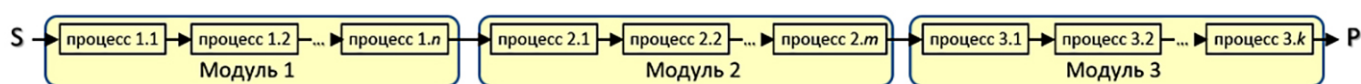
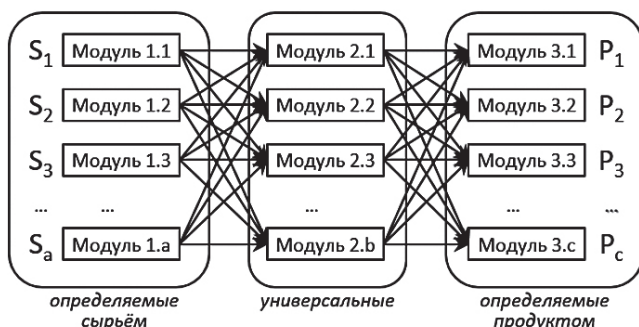


Рисунок 3

Упрощённая схема принципа комбинаторной модульности технологического процесса

Figure 3

Simplified Diagram of the Principle of Combinatorial Modularity in the Technological Process



Формирование рационального множества решений

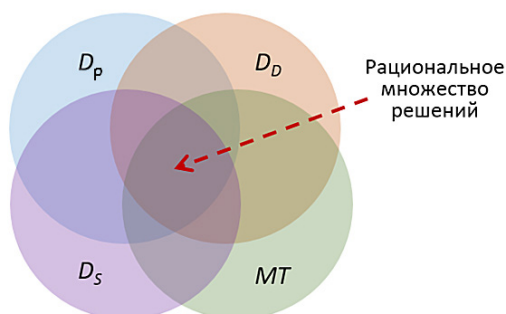
Предложенный подход позволяет реализовать комбинаторно-вариативную модульную технологию получения продукта ЭП, имеющую некоторое конечное рациональное множество вариантов реализаций. Таким образом, для конструирования продуктов ЭП вычислительный процесс должен быть организован в системе, одновременно включающей совокупность всех трёх цифровых профилей с учётом разработанного принципа модульности формирования технологии его производства. В итоге реализации подобного подхода в условиях доступного множества ингредиентов, опе-

Рисунок 4

Принцип формирования рационального множества решений

Figure 4

Principle of Forming a Rational Set of Solutions



ративного множества цифровых профилей состояния при доступном множестве комбинаций модулей и, как следствие, рациональном множестве цифровых профилей продуктов ЭП получим некоторое множество решений, являющееся пересечением указанной системы цифровых профилей (Рисунок 4). Данное множество включает весь комплекс комбинаторных механизмов, ограничительных правил, функций преобразования и т.д., а также комбинаторного рационального множества модульных технологий.

Искомое множество будет заключать в себе совокупность всех возможных решений в части конструирования продуктов ЭП с возможностью детерминации вектора решаемых задач: создания целевого ассортимента ЭП, конкретных реализаций технологических продуктов и т.д.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ранее проведённые исследования по проектированию пищевых систем были сфокусированы исключительно на продуктах массового спроса и продуктах перорального применения. Существующие методы конструирования пищевых систем категорически неприменимы к таким специфическим продуктам, как продукты энтерального питания, поскольку в них не учитываются многие критерии, необходимые в случае энтерального питания. При этом традиционный подход к разработке продуктов ЭП является «штучным» (индивидуальным для каждого конкретного случая), трудозатратным и практически немасштабируемым.

Целью текущего исследования являлось заполнение пробела существующих знаний посредством разработки новой концепции конструирования продуктов ЭП, основанной на усовершенствовании системы цифрового профилирования от сырья до потребителя и ко-нюгации её с базовыми положениями пищевой комбинаторики и модульностью технологии.

Выдвинутые предположения о неприменимости существующих подходов для разработки цифровых двойников были подтверждены необходимостью введения дополнительного цифрового профиля состояния и представления цифрового профиля продукта в виде матриц не самих физико-химических параметров и органолептических показателей, а соответствующих матриц их функций, что позволит учесть критерии, необходимые при разработке продуктов ЭП.

Полученные результаты указывают на то, что интеграция принципов пищевой комбинаторики и цифрового профилирования в сферу разработки продуктов ЭП возможна при усовершенствовании их путём расширения критериев с учётом каскадов преобразований компонентов пула задействованных в комбинаторике ингредиентов. Такой вывод основан на том, что при условии учёта изменений свойств ингредиентов потенциального продукта, его разработка несёт более дискретный характер, обеспечивая заданные показатели конечного продукта ЭП.

Результаты текущего исследования зафиксировали возможность реализовать комбинаторно-вариативную модульную технологию получения продукта ЭП, имеющую некоторое конечное рациональное множество вариантов реализаций. Этот вывод коррелирует с основными положениями, изложенными в работах авторитетных специалистов, где в результатах аналогичных исследований показана гибкость и вариативность методов цифрового профилирования (Семипятный, 2017; 2021; Хуршудян & Рябова, 2021; Oganesyants, 2020) и пищевой комбинаторики⁵ (Липатов, 1995; Липатов & Рогов, 1987).

Данное исследование имеет ряд сильных сторон. Например, результаты, полученные в ходе выполнения работы позволили нивелировать недостатки существующих подходов к проектированию пищевых продуктов применительно к продуктам ЭП. Также усовершенствование принципов пищевой комбинаторики путём введения дополнительных цифровых профилей обеспечит адекватность и дискретность полученных модульных технологий поставленной задаче — разработке конкретной формулы энтерального продукта, не уступающей по свойствам и качеству импортным аналогам. Разработанный принцип формирования рационального множества решений в общем виде является научным заделом, определяющим вектор дальнейших теоретических и практических исследований, направленных на восполнение недостаточности отечественных продуктов энтерального питания.

Основным ограничением исследования является то, что непосредственное воплощение разработанного концептуального подхода на данный момент отсутствует и планируется его практическое воплощение в дальнейших работах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ существующих подходов к конструированию продуктов ЭП в связи со специфичностью его использования обнаружил ряд проблем, связанных с ограничениями применимости; предложен новый концептуальный подход к конструированию продуктов ЭП на основе комплексного рационального цифрового профилирования с учётом принципов модульности технологической трансформации ингредиентов в готовый продукт.

Применение разработанного подхода позволит решить актуальные вопросы применимости принципа пищевой комбинаторики для производства продуктов ЭП. Дальнейшие исследования будут направлены на практическую реализацию предложенной концепции совокупного цифрового профилирования ингредиентов, состояния и продуктов ЭП, операционной формализации принципа модульности технологий и подходов к цифровым методам установления мультипараметрических взаимосвязей.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Евгения Юрьевна Агаркова: концептуализация; разработка методологии исследования; руководство исследованием.

Владимир Владимирович Кондратенко: создание рукописи и её редактирование; формальный анализ; работа с программным обеспечением.

Наталия Сергеевна, Пряничникова: проведение исследований; создание черновика рукописи; визуализация данных.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Evgeniya Yu. Agarkova: conceptualization; development of research methodology; research management.

Vladimir V. Kondratenko: creation of the manuscript and its editing; formal analysis; work with software.

Nataliya S. Pryanichnikova: conducting research; creating a draft manuscript; data visualization.

⁵ Забодалова, Л. А. (2015). Научные основы создания продуктов функционального назначения: Учебно-методическое пособие. СПб: Университет ИТМО.

ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Агаркова, Е. Ю., & Шерстнева, Н. Е. (2024). Состояние рынка продуктов для энтерального питания. *Молочная промышленность*, 2, 16–24. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2024-2-1>
- Agarkova, E. Y., & Sherstneva, N. E. (2024). The state of the enteral nutrition products market. *Dairy Industry*, 2, 16–24. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2024-2-1>
- Галстян, А. Г. (2009). *Развитие научных основ и практические решения совершенствования технологий, повышения качества и расширения ассортимента молочных консервов* [Диссертация доктора технических наук]. Москва.
- Galstyan, A. G. (2009). *Development of scientific foundations and practical solutions for improving technologies, quality, and assortment of dairy preserves* [Unpublished dissertation dissertation]. Moscow. (In Russ.)
- Липатов, Н. Н. (1995). Предпосылки компьютерного проектирования продуктов и рационов питания с задаваемой пищевой ценностью. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (3), 4–9.
- Lipatov, N. N. (1995). Prerequisites for computer design of products and diets with specified nutritional value. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, (3), 4–9. (In Russ.)
- Липатов, Н. Н., & Рогов, И. А. (1987). Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности. *Известия вузов. Пищевая технология*, (2), 9–15.
- Lipatov, N. N., & Rogov, I. A. (1987). Methodology for designing food products with the required set of nutritional value indicators. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Pishchevaya Tekhnologiya*, (2), 9–15. (In Russ.)
- Луфт, В. М., Лапицкий, А. В., & Захарова, Е. В. (2017). *Протоколы нутриционной поддержки больных (пострадавших) в интенсивной медицине*. Санкт-Петербург: «Геликон Плюс.
- Luft, V. M., Lapitsky, A. V., & Zakharova, E. V. (2017). *Protocols for nutritional support of patients in intensive medicine*. St. Petersburg: Helikon Plus. (In Russ.)
- Обухова, О. А., Курмуков, И. А., & Рык, А. А. (2022). Влияние нутритивной поддержки на питательный статус, качество жизни и выживаемость у онкологических больных, получающих системное лекарственное противоопухолевое лечение. *Клиническое питание и метаболизм*, 3(1), 50–61. <https://doi.org/10.17816/clinutr104771>
- Obukhova, O. A., Kurmukov, I. A., & Ryk, A. A. (2022). The impact of nutritional support on nutritional status, quality of life, and survival in cancer patients receiving systemic antitumor therapy. *Clinical Nutrition and Metabolism*, 3(1), 50–61. (In Russ.) <https://doi.org/10.17816/clinutr104771>
- Семипятный, В. К. (2021). *Идентификация пищевых продуктов. Цифровые мета-информационные решения*. Москва: ВНИМИ.
- Semipyatny, V. K. (2021). *Identification of food products. Digital meta-information solutions*. Moscow: VNIMI. (In Russ.)
- Семипятный, В. К. (2018). Оптимизация экспериментального моделирования новых рецептур напитков методами математической статистики. *Пиво и напитки*, (3), 48–51.
- Semipyatny, V. K. (2018). Optimization of experimental modeling of new beverage recipes using mathematical statistics methods. *Beer and Beverages*, (3), 48–51. (In Russ.)
- Тутельян, В. А., & Никитюк, Д. Б. (Ред.). (2020). *Нутрициология и клиническая диетология: Национальное руководство*. Москва: ГЭОТАР-Медиа.
- Tutelyan, V. A., & Nikityuk, D. B. (2020). *Nutritional science and clinical dietology: National manual*. Moscow: GEOTAR-Media. (In Russ.)
- Хуршудян, С. А., & Рябова, А. Е. (2021). Качество продукции: Проблема обобщенной модели. *Контроль качества продукции*, (5), 50–53. <https://doi.org/10.35400/2541-9900-2021-5-50-53>
- Khurshudyan, S. A., & Ryabova, A. E. (2021). Product quality: The problem of a generalized model. *Product Quality Control*, (5), 50–53. (In Russ.) <https://doi.org/10.35400/2541-9900-2021-5-50-53>
- Barbalho, S. M., Flato, U. A. P., Tofano, R. J., Goulart, R. de A., Guiguer, E. L., Detregiachi, C. R. P., Buchaim, D. V., Araújo, A. C., Buchaim, R. L., Reina, F. T. R., Biteli, P., Reina, D. O. B. R., & Bechara, M. D. (2020). Physical exercise and myokines: Relationships with sarcopenia and cardiovascular complications. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(10), 3607. <https://doi.org/10.3390/ijms21103607>
- Bear, D. E. et al. (2021). The role of nutritional support in the physical and functional recovery of critically ill patients: A narrative review. *Critical Care*, 21, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1810-2>
- Cass, A. R. & Charlton, K. E. (2022) Prevalence of hospital-acquired malnutrition and modifiable determinants of nutritional deterioration during inpatient admissions: A systematic

- review of the evidence. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 35(6), 1043–1058. <https://doi.org/10.1111/jhn.13009>
- Correia, M. I. T. D., Perman, M. I., & Waitzberg, D. L. (2017) Hospital malnutrition in Latin America: A systematic review. *Clinical Nutrition*, 36(4), 958–967. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.06.025>
- Derosa, G., D'Angelo, A., & Maffioli, P. (2020) Change of some oxidative stress parameters after supplementation with whey protein isolate in patients with type 2 diabetes. *Nutrition*, 73, 110700. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.110700>.
- Ekcici, M., Isci G., & Bicer, N. C. (2024) Enteral nutrition formulas: Analysis of phthalate esters and deterministic assessment of health risks. *Journal of Food Composition and Analysis*, 126, 105848. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105848>.
- Gillis, C. & Wischmeyer, P. E. (2019). Pre-operative nutrition and the elective surgical patient: Why, how and what? *Anaesthesia*, 74, 27–35. <https://doi.org/10.1111/ANAE.14506>
- Ignowski, E. et al. (2018) The cysteine-rich whey protein supplement, Immunocal®, preserves brain glutathione and improves cognitive, motor, and histopathological indices of traumatic brain injury in a mouse model of controlled cortical impact. *Free Radical Biology and Medicine*, 124, 328–341. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.06.026>
- Inciong, J. F. B., Chaudhary, A., Hsu, H.-S., Joshi, R., Seo, J.-M., Trung, L. V., Ungpinpong, W., & Usman, N. (2020). Hospital malnutrition in northeast and southeast Asia: A systematic literature review. *Clinical Nutrition ESPEN*, 39, 30–45. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.06.001>
- Kashiwagi, S., Kanda, N., Yoshida, M., Yuji Wakimoto, Hiroyuki Ohbe, & Nakamura, K. (2024). Effects of early enteral nutrition on persistent inflammation, immunosuppression, and catabolism syndrome in critically ill patients: A claims database study using a propensity score analysis. *Clinical Nutrition*, 43(8), 1872–1879. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2024.06.033>
- Mohajir, W. A., O'keefe, S.J., Seres, D.S. (2022) Disease-related malnutrition and enteral nutrition. *Medical Clinics of North America*, 106(5), e1-e16, <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2022.10.002>
- Murphy, J. D., Cooke, K. R., Symons, H. J., & Brigit VanGraafeiland. (2023). Enteral nutrition optimization program for children undergoing blood & marrow transplantation: A quality improvement project. *Journal of Pediatric Nursing*, 74, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2023.11.015>
- Oganesyants, L. A., Khurshudyan, S. A., Galstyan, A. G., Semipyatny, V. K., Ryabova, A. E., Vafin, R. R., Nurmukhanbetova, D. E., & Assembayeva, E. K. (2023) Base matrices — Invariant digital identifiers of food products. *News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 6(432), 6–15. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X.30>
- Oganesyants, L. (2020) Multi-criteria food products identification by fuzzy logic methods. *Foods and Raw Materials*, 8(1), 12–19. <https://doi.org/10.21603/2308-40>
- Santana Porbén, S. (1974). *El esqueleto en la taquilla del hospital* [The skeleton in the hospital closet]. *Nutrition Today*, 9, 4–8.
- Talavera, M. L. (2023) Ethical duty, ethics and right to nutritional care. *Clinical Nutrition Open Science*, 48, 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.nutos.2023.01.001>.
- Turan, M., Cengiz, Z., Olmaz, D. (2024) Evidence-based investigation of nurses' nutrition interventions in intensive care patients regarding enteral nutrition. *Dimensions of Critical Care Nursing*, 43(3), 123–129. <https://doi.org/10.1097/TA.00000000000004303>