

УДК 613.2+577.112+547.96+544.77

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ПРОТЕИНОВЫХ СМЕСЕЙ И НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Шавалеев Денис Александрович, Распопин Дмитрий Алексеевич, Васильев Александр Андреевич, Тихонова Ирина Леонидовна, Белоконова Надежда Анатольевна

Кафедра общей химии

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России

Екатеринбург, Россия

Аннотация

Введение. Протеиновые (белковые) смеси активно используются в питании спортсменов, пациентов в качестве энтерального и парентерального питания. Основными критериями выбора препаратов белков, используемых при создании функциональных напитков, являются физико-химические характеристики, биологическая ценность в части содержания незаменимых аминокислот, стоимость. Наиболее важными физико-химическими характеристиками белка являются его растворимость, вязкость и диспергируемость. И эти характеристики существенно зависят от способа получения и происхождения белковых смесей. **Цель исследования** - сравнить аминокислотный состав протеиновых смесей животного и растительного происхождения, некоторые физико-химические показатели их растворов для приготовления функциональных напитков. **Материал и методы.** Расчетным методом определили аминокислотный скор сыровоточного, соевого, яичного белка и говяжьего протеина. Исследовали растворимость, смачиваемость, вязкость приготовленных растворов протеиновых смесей методом турбидиметрии и вискозиметрии. **Результаты.** Эталонному образцу белка не соответствует ни одна смесь. Содержание практически всех незаменимых АК в смесях превышает норму в среднем в 1,16 раза. Растворы протеиновых смесей показывают относительно низкую вязкость, различные показатели: смачиваемость, растворимость при pH=2, термостабильность. **Выводы.** Потребительские свойства протеиновых смесей существенно зависят от аминокислотного состава и происхождения, которые определяют физико-химических показатели их растворов. Комбинацией протеиновых смесей животного и растительного происхождения можно создать специализированные продукты – функциональные напитки - для решения проблем, связанных с коррекцией массы тела, мышечной массы, индивидуализации питания пациентов.

Ключевые слова: спортивное питание, энтеральное питание, протеиновые смеси, аминокислоты, растворимость, вязкость

COMPARATIVE ANALYSIS OF AMINO ACID COMPOSITION OF PROTEIN MIXTURES AND SOME PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF THEIR SOLUTIONS DEPENDING ON ORIGIN

Shavaleev Denis Aleksandrovich, Raspopin Dmitry Alekseevich, Vasiliev Alexander Andreevich, Tikhonova Irina Leonidovna, Belokonova Nadezhda Anatolyevna

General chemistry department

Ural state medical university

Yekaterinburg, Russia

Abstract

Introduction. Protein mixtures are widely used in the nutrition of athletes, patients as enteral and parenteral nutrition. The main criteria for selecting protein preparations used in the creation of functional drinks are their physicochemical characteristics, biological value in terms of essential amino acids and cost. The most important physicochemical characteristics of protein are its solubility, viscosity and dispersibility. And these characteristics significantly depend on the method of obtaining and the origin of protein mixtures. **The aim of the study** is to compare the amino acid composition of protein mixtures of animal and plant origin, some physicochemical indicators of their solutions for the preparation of functional drinks. **Material and methods.** The amino acid score of whey, soy, egg and beef protein was determined using a calculation method. Solubility, wettability, viscosity of the prepared solutions of protein mixtures were studied by turbidimetry and viscometry. **Results.** None of the mixtures corresponded to the reference protein sample. The content of almost all essential amino acids in the mixtures exceeds the norm by an average of 1.16 times. Solutions of protein mixtures show relatively low viscosity, various indicators: wettability, solubility at pH = 2, thermal stability. **Conclusions.** Consumer properties of protein mixtures significantly depend on the amino acid composition and origin, which determine the physicochemical indicators of their solutions. A combination of protein mixtures of animal and plant origin can create specialized products - functional drinks - to solve problems associated with adjusting body weight, muscle mass, and individualizing patient nutrition.

Keywords: sports nutrition, enteral nutrition, protein mixtures, amino acids, solubility, viscosity

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире постоянно растет потребность в белках и продуктах на их основе. По данным ВОЗ более 60 % человечества не получают достаточного количества белка. Недостаток белков в питании нарушает динамическое равновесие метаболических процессов с участием белков, сдвигая его в сторону преобладания распада собственных белков клетки, и приводит к истощению организма. В связи с этим особую значимость приобретают вопросы обеспечения населения белковыми компонентами питания, а также повышается приоритет исследований в этом направлении [1].

Современный спорт характеризуется интенсивными физическими, психическими и эмоциональными нагрузками. Процесс подготовки спортсмена к соревнованиям включает, как правило, двух- или даже трехразовые ежедневные тренировки, оставляя все меньше времени для отдыха и восстановления физической работоспособности. Одним из первых и мощных средств восстановления является питание, именно оно в первую очередь способно расширить границы адаптации организма спортсмена к экстремальным физическим нагрузкам [2]. Растворы незаменимых и заменимых аминокислот являются одним из компонентов для проведения парентерального питания. На сегодняшний день к сбалансированным растворам аминокислот предъявляются определенные требования, в том числе высокое содержание незаменимых аминокислот, без которых невозможен полноценный белковый синтез [3]. Ключевую роль в питании человека играет животный белок как наиболее сбалансированный по аминокислотному составу, однако его потребление часто вызывает аллергические реакции. Заменой животному белку служит растительный. Наиболее перспективными источниками растительного белка являются семена зерновых, бобовых, масличных и злаковых культур [4]. Основными критериями выбора препаратов белков, используемых при создании функциональных напитков, являются физико-химические характеристики, биологическая ценность и их стоимость [5].

Наиболее важными физико-химическими характеристиками белка при производстве функциональных напитков являются его растворимость, вязкость и диспергируемость. И эти характеристики существенно зависят от способа получения и происхождения белковых смесей [6].

Цель исследования - сравнить аминокислотный состав протеиновых смесей животного и растительного происхождения, некоторые физико-химических показатели их растворов, важных для приготовления функциональных напитков.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для приготовления напитков использовались протеиновые смеси (далее-смеси) животного происхождения: сывороточный белок (концентрат, производитель «Russian Superfood»), говяжий протеин (изолят, производитель «Proteinrf»), яичный белок (изолят альбумина, производитель «Spirulinafood»); растительного происхождения: соевый белок (изолят, производитель «Success»). Растворы протеиновых смесей готовили путем растворения их в дистиллированной среде при температуре 20°C и тщательном перемешивании пропорционально количеству, рекомендованному производителями, в среднем из расчета 5 г смеси на 30 мл воды.

Методом расчета аминокислотного сора (%) оценивали аминокислотный состав белка каждой смеси, указанной производителем в прилагаемой документации и на упаковке, в сравнении с аминокислотными показателями стандартного («идеального») белка (белок куриного яйца). Химический сора незаменимых аминокислот (АС, %) определяли по формуле, предложенной объединенным экспертным комитетом продовольственной и сельскохозяйственной организации при ООН (ФАО) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [2]:

$$AC = AK_{\text{пр}} / AK_{\text{иб}} * 100\%,$$

где $AK_{\text{пр}}$ – содержание любой незаменимой α -аминокислоты (АК) в 1 г белка исследуемого продукта, мг;

АКиб – содержание любой незаменимой α -аминокислоты (АК) в 1 г стандартного (эталонного, «идеального») белка, мг.

Оценку диспергируемости (скорости растворения) смесей в дистиллированной воде проводили следующим образом: фиксировали время перемешивания растворов смесей в секундах до полного растворения комочков [2].

Смачиваемость сухой смеси определяли следующим образом: через сухую воронку насыпали 5 г сухой смеси в химический стакан, заполненный 30 мл дистиллированной воды, фиксировали время полного погружения. Смачиваемость оценивали по времени, необходимого для полного смачивания (погружения) сухой смеси [2].

Изменение растворимости смесей при повышенной кислотности с рН=2 (в условиях физиологической нормы рН желудочного сока) проводили турбидиметрическим методом на спектрофотометре КФК–3 при длине волны 500 нм, фиксируя величину светопропускания Т (%) приготовленных растворов при рН=2. Повышение кислотности добивались добавлением определенного количества 2М раствора соляной кислоты (важного ингредиента желудочного сока) к растворам смесей.

Термостабильность белковых смесей оценивали также по изменению величины светопропускания Т (%). Для этого раствор каждой смеси нагревали на водяной бане с 20°C до 50°C.

Относительное изменение светопропускания растворов смесей, выраженное в %, при повышенных значениях кислотности и температуры рассчитывали по формуле:

$$\Delta T = ((T_1 - T_0) / T_0) * 100 \% (\%),$$

где T_0 – светопропускание приготовленной протеиновой смеси в обычных условиях, %;

T_1 – светопропускание протеиновой смеси при пониженном значении рН или при повышенной температуре, %.

Методом вискозиметрии оценили динамическую вязкость смесей при температуре 20°C. Экспериментальные данные динамической вязкости рассчитаны по значениям, полученным вискозиметром Оствальда.

Полученные результаты были обработаны статистически в программе Microsoft Excel (версия 2020).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Аминокислотный скор исследуемых протеиновых смесей (Таблица 1) показал, что эталонному образцу не соответствует ни одна смесь: по лейцину, лизину и триптофану превышает норму сывороточный белок, по метионину+цистеину и фенилаланину+тироzinу – яичный белок. Лимитирующие по биологической ценности АК для яичного белка – лизин, для соевого белка – фенилаланин+тирозин. Тем не менее, содержание практически всех незаменимых АК в смесях превышает норму в среднем в 1,16 раза.

Таблица 1.

Аминокислотный скор исследуемых протеиновых смесей

Название незаменимой АК	Аминокислотный образец (ФАО/ВОЗ), мг/1г [2]	Содержание АК, мг/1г (Аминокислотный скор, %)			
		сывороточный белок	соевый белок	яичный белок (альбумин)	говяжий протеин
изолейцин	40	62 (155)	55 (138)	61 (153)	29 (73)
лейцин	70	128 (183)	91 (130)	95 (136)	75 (107)
лизин	55	103 (187)	70 (127)	10 (18)	78 (142)
метионин + цистеин	35	20 (57)	14 (40)	43 (123)	25 (71)
фенилаланин + тирозин	60	38 (63)	10 (17)	67 (112)	41 (68)
треонин	40	42 (105)	43 (108)	55 (138)	51 (128)
триптофан	10	25 (250)	13 (130)	19 (190)	14 (140)
валин	50	51 (102)	53 (106)	10 (20)	50 (100)

При приготовлении растворов все смеси в условиях тщательного перемешивания до однородной массы приобретали консистенцию молочного цвета с разными оттенками. Самую высокую диспергируемость наблюдали при растворении соевого белка: смесь приобрела однородную консистенцию через 29 секунд. Самую низкую - у яичного белка и говяжьего протеина: 120 и 118 секунд, соответственно (Таблица 2).

Минимальное время смачивания и максимальное смачивание показали сывороточный и говяжий протеин (Таблица 2).

Растворы всех смесей показали вязкость, ниже, чем у дистиллированной воды ($1,004 \cdot 10^{-3}$ Па*с) (Таблица 2), минимальная вязкость наблюдалась у соевого белка, в среднем по всем смесям вязкость воды выше в 1,1 раза.

С увеличением кислотности среды увеличивается растворимость всех смесей, растворимость яичного белка возросла в большей степени, чем у других - почти в 21 раз. На белок растительного происхождения кислая среда повлияла гораздо в меньшей степени. При повышенной температуре растворимость уменьшилась у сывороточного, соевого, яичного белка; говяжий белок проявил термостабильность: его растворимость не изменилась.

Таблица 2.

Физико-химические показатели растворов исследуемых смесей

Показатель	сывороточный белок	соевый белок	яичный белок (альбумин)	говяжий протеин
время перемешивания до однородной смеси (диспергируемость или скорость растворения), сек	55	29	120	118
цвет раствора	бледно-молочный	молочный с коричневым оттенком	молочный с зеленым оттенком	молочный с желтым оттенком
время смачивания 10 мин	мутный раствор, частично растворился	растворения не произошло	растворения не произошло	мутный раствор, частично растворился
время смачивания 48 часов	полного погружения не произошло	полного погружения не произошло, протеин набух и расслоился	полного погружения не произошло, протеин остался на поверхности	полного погружения не произошло
относительное изменение светопропускания, при понижении кислотности до pH=2, %	238	100	2089	300
относительное изменение светопропускания при нагревании до 50°C, %	-88	-100	-56	0
вязкость раствора, $10^3 \cdot \text{Па} \cdot \text{с}$	0,987	0,796	0,985	0,889

ОБСУЖДЕНИЕ

Безусловно, аминокислотный состав белков зависит от их происхождения: растительного или животного. Питательная ценность функциональных напитков, приготовленных на основе исследуемых смесей, будет незначительно, но отличаться. В свою очередь, аминокислотный состав, а именно, соотношение незаменимых аминокислот, влияет на физико-химические свойства растворов протеиновых смесей, включая потребительские свойства.

Из всех исследуемых протеиновых смесей говяжий протеин (изолят) не является лидером по аминокислотному составу, однако, он будет оптимальным для людей, страдающих аллергией на лактозу, имеющуюся в небольшом количестве в сывороточном протеине, а также аллергией на альбумин.

Высокая диспергируемость важна в тех случаях, когда приготовление смесей носит массовый характер, например, для большого количества пациентов с зондовым видом питания. Смачиваемость влияет на равномерное распределение веществ в растворе, что имеет практическое медицинское значение, поскольку за счёт равномерной концентрации при зондовом кормлении происходит лучшее усвоение аминокислот организмом человека. Также низкий показатель смачиваемости может привести к закупорке зонда, и, следовательно, к осложнениям при энтеральном питании.

Растворимость белка увеличивается с повышением кислотности среды вследствие протекания процесса частичного гидролиза, что способствует лучшему усвоению смесей, особенно альбумина, при приготовлении протеиновых напитков с использованием кислых соков. Однако использование горячей воды при приготовлении всех напитков, кроме говяжьего, напитков ухудшает потребительские свойства, поскольку растворимость при повышении температуры, вследствие процессов денатурации, незначительно, но уменьшается.

На вязкость водных растворов смесей влияют уровни межмолекулярного взаимодействия в растворе, молекулярная масса белка, форма и размеры белковых глобул, которые также зависят от происхождения белка [7]. Лучшему усвоению белков организмом человека будет способствовать меньшая вязкость растворов всех протеиновых смесей по сравнению с водой. Это имеет важное значение для перорального и зондового питания. Такие напитки будут создавать меньшее сопротивление при прохождении по желудочно-кишечному тракту и зонду и, возможно, повышать биодоступность питательного белка.

ВЫВОДЫ

1. Потребительские свойства протеиновых смесей существенно зависят от аминокислотного состава и происхождения, которые определяют физико-химических показатели их растворов. Лидерами по аминокислотному составу и соотношению незаменимых α -аминокислот среди исследуемых протеиновых смесей является сывороточный белок (концентрат), по термостабильности и смачиваемости - говяжий протеин (изолят), по низкой вязкости и хорошей диспергируемости – соевый белок (изолят), по растворимости в кислой среде – яичный белок (изолят альбумина).

2. Комбинацией протеиновых смесей животного и растительного происхождения можно создать специализированные продукты – функциональные напитки - для решения проблем, связанных с коррективкой массы тела, мышечной массы, индивидуализации питания пациентов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Компанцев Д.В. Белковые изоляты из растительного сырья: обзор современного состояния и анализ перспектив развития технологии получения белковых изолятов из растительного сырья / Д.В. Компанцев, А.В. Попов, И.М. Привалов, Э.Ф. Степанова // Современные проблемы науки и образования. - 2016. № 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24132> (дата обращения: 16.03.2025). Текст: электронный.
2. Гаврилова, Ю.А. Использование белковых концентратов в спортивном питании: специальность 19.04.04 - Технология продукции и организация общественного питания: диссертация магистра/ Гаврилова Юлия Анатольевна; Дальневосточный федеральный университет. - г. Владивосток, 2018. – 73 с.
3. Обухова О.А. Компоненты парентерального питания: аминокислоты / О.А. Обухова, И.А. Курмуков, Ш.П. Кашия // Трудный пациент. - 2010. №10. - С. 22-26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/komponenty-parenteralnogo-pitaniya-aminokisloty> (дата обращения: 16.03.2025). Текст: электронный.
4. Красноштанова А.А. Получение и оценка функциональных свойств белковых изолятов и гидролизатов из растительного сырья / А.А. Красноштанова, Л.В. Шульц Л.В. // Химия растительного сырья. - 2022. №4. - С. 299–309. DOI: 10.14258/jcprm.20220410952 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-i-otsenka-funktsionalnyh-svoystv-belkovyh-izolyatov-i-gidrolizatov-iz-rastitelnogo-syrya> (дата обращения: 16.03.2025). Текст: электронный.
5. Кочеткова А.А. Научное обоснование составов и свойств функциональных напитков / А.А. Кочеткова, В.М. Воробьева, Е.А. Смирнова, И.С. Воробьева // Пиво и напитки. - 2011. №6. - С. 18-21. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchnoe-obosnovanie-sostavov-i-svoystv-funktsionalnyh-napitkov> (дата обращения: 16.03.2025). Текст: электронный.

6. Токаев Э.С. Современный опыт и перспективы использования препаратов сывороточных белков в производстве функциональных напитков / Э.С. Токаев, Е.Н. Баженова, Р. Ю. Мироедов // Молочная промышленность. - 2007. №10 – С.55-56. <https://ac-t.ru/upload/sivog-belki.pdf> (дата обращения: 16.03.2025). Текст: электронный.
7. Миняева О.А. Концентрационные зависимости вязкости белковых систем и рефрактометрический анализ растворов белков / О.А. Миняева, Д.И. Ботова, Е.С. Нелюбина // Современные проблемы науки и образования. - 2014. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15323> (дата обращения: 16.03.2025). Текст: электронный.

Сведения об авторах

Д.А. Шавалеев – студент
Д.А. Распопин – студент
А.А. Васильев – студент
И.Л. Тихонова* – кандидат химических наук, доцент
Н.А. Белоконова – доктор технических наук, профессор

Information about the authors

D.A. Shavaleev – Student
D.A. Raspopin – Student
A.A. Vasiliev – Student
I.L. Tikhonova* - Candidate of Sciences (Chemistry), Associate Professor
N.A. Belokonova - Doctor of Sciences (Technics), Professor

***Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):**

koritcal4@gmail.com

УДК: 613.5

ОЦЕНКА УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ СТУДЕНТОВ УГМУ ЖИЛИЩНО-БЫТОВЫМИ УСЛОВИЯМИ, ВЛИЯНИЕ ШУМА НА ЗДОРОВЬЕ СТУДЕНТОВ

Юферова Елена Максимовна, Орлова Анна Николаевна, Самылкин Алексей Анатольевич, Гусельников Станислав Реамюрович

Кафедра гигиены и медицины труда

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, Россия

Аннотация

Введение. В статье рассмотрена актуальная проблема студенческого сообщества: удовлетворенность студентов Уральского государственного медицинского университета (УГМУ) жилищно-бытовыми условиями, а также влияние шума на здоровье студентов. **Цель исследования** – оценить удовлетворенность студентов УГМУ жилищно-бытовыми условиями и определить влияние шума на студентов УГМУ. **Материал и методы.** Было проведено анкетирование среди 142 студентов УГМУ с 1 по 6 курс, а также проведено измерение шума на территории общежития по адресу Анри Барбюса, 2. **Результаты.** Студенты, проживающие в квартире чаще (50 %, n=48) отмечали, что удовлетворены своими жилищными условиями (t=7,1), чем проживающие в общежитии. Опрошенные студенты, проживающие в шумных районах, чаще отмечали у себя снижение слуха в последнее время (40 %, n=22), уровень значимости (t) равен 3. Проживающие в спокойных районах наоборот чаще отвечали, что признаки снижения слуха отсутствуют (83,8 %, n=62), уровень значимости равен 2,8. **Выводы.** Большая часть респондентов, проживающих в общежитии, неудовлетворены условиями проживания. Шум негативно влияет на организм человека, приводя к субъективному снижению слуха и экстраауральным эффектам.

Ключевые слова: студенты, удовлетворенность, жилищные условия, шум, здоровье.

ASSESSMENT OF USMU STUDENTS' SATISFACTION WITH HOUSING AND LIVING CONDITIONS, THE IMPACT OF NOISE ON STUDENTS' HEALTH

Yuferova Elena Maksimovna, Orlova Anna Nikolaevna, Samylkin Alexey Anatolyevich, Gusel'nikov Stanislav Reamyurovich

Department of Occupational Hygiene and Medicine

Ural State Medical University

Yekaterinburg, Russia

Abstract

Introduction. The article examines the current problem of the student community: satisfaction of students of Ural State Medical University (USMU) with housing and living conditions, as well as the impact of noise on students' health. **The aim of the study** is to assess the satisfaction of USMU students with housing and living conditions and to determine the impact of noise on USMU students. **Material and methods.** A survey was conducted among 142 USMU students from 1st to 6th year, and noise was measured in the dormitory at Henri Barbusse, 2. **Results.** Students living in an apartment were more likely (50%, n=48) to report that they were satisfied with their living conditions (t=7.1) than those living in a