УДК 615 + 544.35

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ВЯЗКОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НЕКОТОРЫХ АЛИФАТИЧЕСКИХ АМИНОКИСЛОТ

Миняева О.А., Хисматуллина А.Р., Джафарова Т.Р., Тупкало Н.А., Якушева В.А., Пуховская К.С.

ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет», Челябинск, e-mail: kanc@chelsma.ru

Показана роль алифатических аминокислот линейного строения (глицина, β-аланина, ε-аминокапроновой кислоты), применяющихся в качестве биологически активных добавок и лекарственных средств, для живого организма. Включение аминокислот в биохимические процессы сопровождается определенным варьированием коллигативных и вязкостных характеристик биологических жидкостей, поэтому на модельных системах были изучены закономерности изменения кинематической, динамической и относительной вязкости водных растворов указанных аминокислот с ростом концентрации. Выявлена общая тенденция закономерного линейного изменения вязкостных характеристик и коллигативных свойств водных растворов глицина, β-аланина и ε-аминокапроновой кислоты с ростом концентрации и тенденция к увеличению осмотической и вязкостной активности аминокислот с увеличением длины углеводородной цепи молекулы. Корреляционная связь между характеристиками вязкости и концентрацией веществ может быть оценена как сильная и достоверная, поскольку коэффициенты корреляции Пирсона имеют величину, близкую к 1.

Ключевые слова: глицин, β-аланин, ε-аминокапроновая кислота, вязкость водных растворов

REGULARITIES OF CHANGES VISCOSITY OF AQUEOUS SOLUTIONS OF SOME ALIPHATIC AMINO ACIDS

Minyaeva O.A., Khismatullina A.R., Jafarova T.R., Tupkalo N.A., Yakusheva V.A., Pukhovskaya K.S.

South Ural State Medical University, Chelyabinsk, e-mail: kanc@chelsma.ru

The role of the aliphatic amino acid linear structure (glycine, β-alanine, ε-aminocaproic acid), which are used as dietary supplements and medicaments for a living body illustrates. The inclusion of amino acids in the biochemical processes is accompanied by a certain variation of the colligative and viscosity characteristics of biological fluids. Regularity of change of kinematic, dynamic and relative viscosity with increasing concentration of aqueous solutions of these amino acids have been studied in model systems. The general trend of linear regularity variation of viscosity characteristics and colligative properties of aqueous solutions of glycine, β-alanine and ε-aminocaproic acid with increasing concentration and tendency to increase the viscosity and the osmotic activity of the amino acids with increasing length of the hydrocarbon chain molecules identified. The correlation between the characteristics of viscosity and concentration of the substances may be estimated as strong and is credible since the Pearson correlation coefficients have a value close to 1.

Keywords: glycine, β-alanine, ε-aminocaproic acid, the viscosity of aqueous solutions

К категории пищевых и биологически активных добавок относятся аминокислоты. Аминокислоты как основные составные части белков участвуют во всех жизненных процессах наряду с нуклеиновыми кислотами, углеводами и липидами. Схематично участие аминокислот в функционировании живого организма можно проиллюстрировать схемой (рис. 1). Препараты аминокислот широко представлены как в ассортименте пищевых и биологически активных добавок, так и в ассортименте лекарственных веществ. Комплексные препараты аминокислот, как правило, представлены в виде инфузионных растворов («Аминостерил», «Аминоплазмаль», «Инфезол», «Ликвамин» и т.д.) или сухих смесей для спортивного питания. Индивидуальные аминокислоты входят в состав таблеток («Глицин Форте», производство компании «Эвалар», «Клималанин» и т.д.), глазных капель («Тауфон»), растворов для инъекций («Тауфон», «Карнитен»), порошков («Левокарнитин», «Треонин», «Цистин» и т.д.).

При попадании в организм человека аминокислоты сразу же включаются в биохимические процессы [5]. Биохимический процесс, как любая химическая реакция, сопровождается изменением энергии системы, которой в данном случае и является человеческий организм. Если учесть тот факт, что человека называют «ходячим коллоидом» из-за высокого содержания воды в организме, то любая биохимическая реакция сопровождается изменением осмотической активности и вязкостных свойств биологических жидкостей [3, 4]. Поэтому исследование таких показателей, как вязкостные характеристики и коллигативные свойства растворов, содержащих аминокислоты, является крайне актуальным, поскольку позволяет выявить картину измене-

ния того или иного показателя раствора от присутствия индивидуальной аминокислоты в различных концентрациях и картину изменения показателей раствора от присутствия смеси аминокислот. Поэтому **целью данного исследования** являлось изучение вязкостных характеристик водных растворов алифатических аминокислот линейного строения на примере глицина, β-аланина и ε-аминокапроновой кислоты.

в образовании важнейших биологически активных соединений (пуриновых нуклеотидов, гема, креатина и др). Глицин выполняет функцию тормозного нейромедиатора, контролируя процессы формирования тонкой моторики пластических процессов и тонусных реакций поперечнополосатой мускулатуры. Поэтому в неврологической практике глицин широко используется для устранения повышенного мышечного тонуса [1].

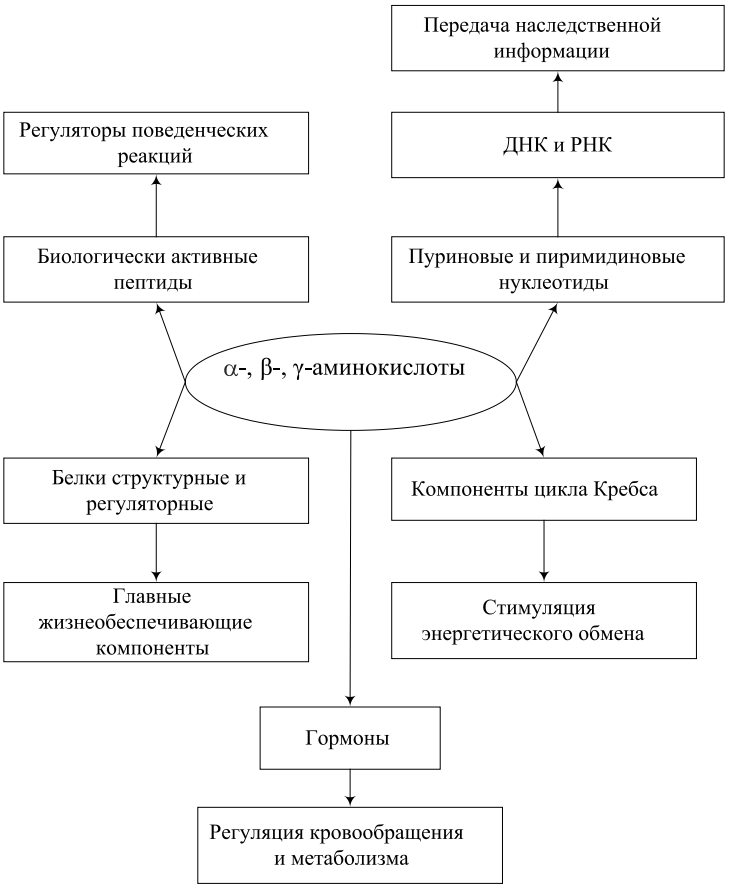

Рис. 1. Функции аминокислот в живом организме

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали водные растворы алифатических аминокислот глицина, β-аланина и ε-аминокапроновой кислоты. Определение вязкости термостатированных при 25°С растворов проводили при помощи вискозиметра ВПЖ-2, диаметр капилляра 0,73 мм, константа капилляра 0,03045.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим функции алифатических аминокислот линейного строения – глицина, β-аланина и ε-аминокапроновой кислоты – в организме человека. Глицину принадлежит важнейшая роль в деятельности мозга, поскольку данная аминокислота участвует

В организме человека основная масса глицина сконцентрирована в спинном мозге. Глицин является регулятором обмена веществ, нормализует и активирует процессы защитного торможения в центральной нервной системе. Глицин обладает адреноблокирующим, антиоксидантным и антитоксическим действием, за счет чего уменьшает психоэмоциональное напряжение, агрессивность, конфликтность, улучшает настроение, повышает социальную адаптацию; повышает умственную работоспособность; облегчает засыпание и нормализует сон; уменьшает проявления вегетососудистых расстройств в целом и выраженность общемозговых расстройств при ишемическом инсульте

и черепно-мозговых травмах; уменьшает токсическое действие алкоголя и других лекарственных средств, угнетающих функцию центральной нервной системы.

Аминокислота β-аланин, также, как и глицин, не является незаменимой, поскольку синтезируется в организме человека. β-Аланин участвует в синтезе пантотеновой кислоты (витамина B_5), которая необходима для синтеза ацилкоэнзима А, который необходим для ферментов цикла карбоновых кислот (цикл Кребса) и жизненно необходим для синтеза основного субстрата энергетического метаболизма – аденозинтрифосфата АТФ. β-Аланин увеличивает уровень содержания пантотеновой кислоты и способствует стабилизации энергетического метаболизма, что важно для нормализации терморегуляции. β-Аланин является важнейшим координатором фонда возбуждающих и тормозных нейромедиаторов, повышает дыхательную активность нейроцитов, ускоряет утилизацию глюкозы и улучшает кровообращение. ß-аланин широко используется в медицинской практике для лечения мигреней, цереброваскулярной недостаточности и других заболеваний нервной системы, связанных с нарушением кровообращения [1, 2, 5]. Данная аминокислота обладает выраженным диуретическим действием и при этом выгодно отличается от классических диуретических средств, так как не требует коррекции электролитов [1].

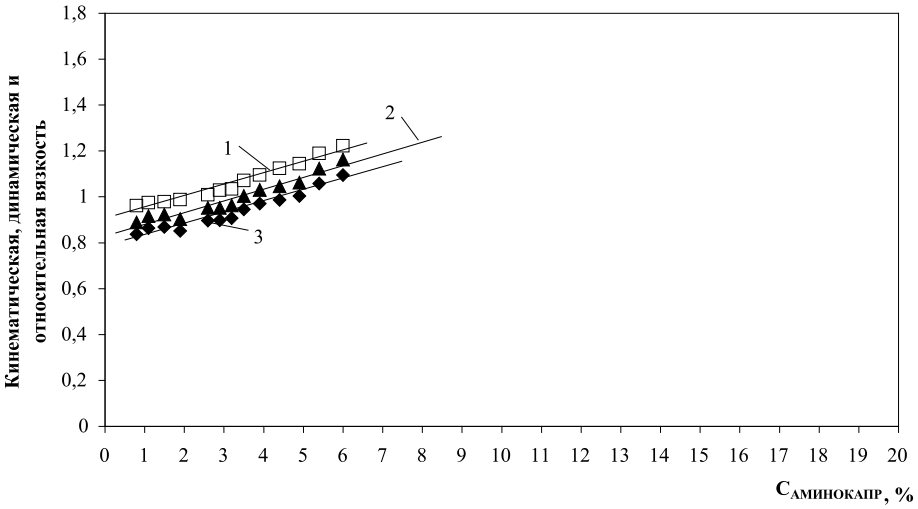

Рис. 2. Кинематическая (1), динамическая (2) и относительная (3) вязкость водных растворов ε-аминокапроновой кислоты

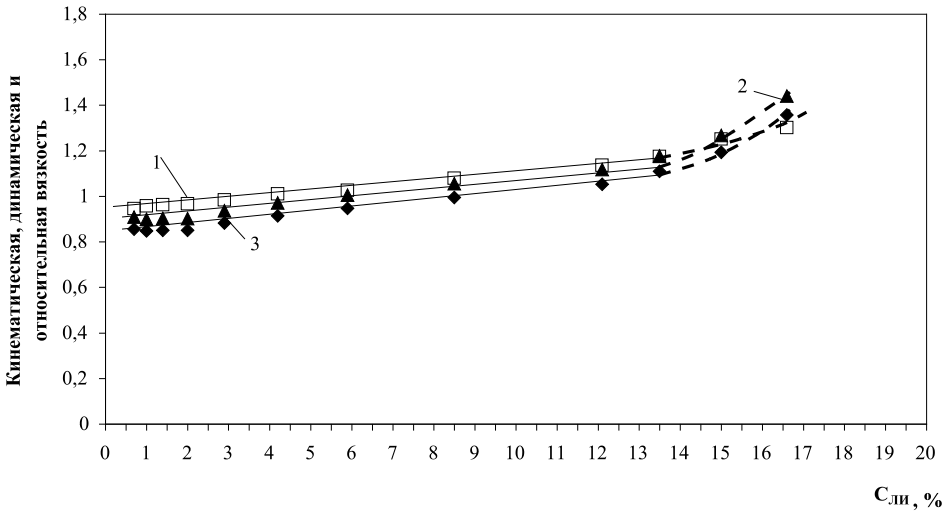

Рис. 3. Кинематическая (1), динамическая (2) и относительная (3) вязкость водных растворов глицина

Коэффициенты уравнений линейной аппроксимации для кинематической, динамической и относительной вязкости аминокислот, ошибки определения коэффициентов и коэффициент корреляции

Аминокислота	Кинематическая вязкость	Динамическая вязкость	Относительная вязкость
Глицин	$\nu = 0{,}935 + 0{,}0170 \cdot C_{\%}$ $R = 0{,}997$ $\Delta a = 3 \cdot 10^{-3}$ $\Delta b = 4 \cdot 10^{-4}$	$\eta = 0{,}880 + 0{,}0200 \cdot C_{\%}$ $R = 0{,}993$ $\Delta a = 5 \cdot 10^{-3}$ $\Delta b = 8 \cdot 10^{-4}$	$\eta_{отн} = 0{,}826 + 0{,}0200 \cdot C_{\%}$ $R = 0{,}994$ $\Delta a = 5 \cdot 10^{-3}$ $\Delta b = 8 \cdot 10^{-4}$
β-аланин	$\nu = 0{,}930 + 0{,}0320 \cdot C_{\%}$ $R = 0{,}996$ $\Delta a = 7 \cdot 10^{-3}$ $\Delta b = 8 \cdot 10^{-4}$	$\eta = 0{,}89 + 0{,}038 \cdot C_{\%}$ $R = 0{,}994$ $\Delta a = 1 \cdot 10^{-2}$ $\Delta b = 2 \cdot 10^{-3}$	$\eta_{отн} = 0{,}84 + 0{,}036 \cdot C_{\%}$ $R = 0{,}994$ $\Delta a = 1 \cdot 10^{-2}$ $\Delta b = 2 \cdot 10^{-3}$
ε-аминокапроновая кислота	$\nu = 0{,}90 + 0{,}051 \cdot C_{\%}$ $R = 0{,}983$ $\Delta a = 1 \cdot 10^{-2}$ $\Delta b = 3 \cdot 10^{-3}$	$\eta = 0{,}84 + 0{,}049 \cdot C_{\%}$ $R = 0{,}974$ $\Delta a = 2 \cdot 10^{-2}$ $\Delta b = 3 \cdot 10^{-3}$	$\eta_{отн} = 0{,}79 + 0{,}047 \cdot C_{\%}$ $R = 0{,}974$ $\Delta a = 2 \cdot 10^{-2}$ $\Delta b = 3 \cdot 10^{-3}$

ε-аминокапроновая кислота не входит в перечень 20-ти аминокислот, из которых построены белки организма человека, но находит широкое применение в медицине и фармации, поскольку оказывает специфическое кровоостанавливающее действие при кровотечениях, способствует стабилизации фибрина и его отложению в сосудистом русле, способствует агрегации тромбоцитов и эритроцитов. Кроме этого ε-аминокапроновая кислота улучшает детоксикационную функцию печени и обладает противоаллергическим действием.

По результатам исследования вязкостных характеристик для глицина, β-аланина и ε-аминокапроновой кислоты наблюдается линейное увеличение кинематической, динамической и относительной вязкости с ростом концентрации аминокислот в индивидуальных растворах, а именно: для ε-аминокапроновой кислоты – до 6%, для β-аланина – до 20%, для глицина – до13,5% (рис. 2, 3).

Результаты линейной аппроксимации представлены в таблице. Для длинноцепочечной алифатической ε-аминокапроновой кислоты и для короткоцепочечной алифатической аминокислоты – β-аланина – линейность изменения характеристик вязкости зафиксирована практически до достижения предела растворимости в воде. Водные растворы глицина демонстрируют отклонения от линейности изменения характеристик вязкости, начиная с концентрации порядка 13% (рис. 3).

Как было показано в [4] глицин, β-аланин и ε-аминокапроновая кислота, как алифатические аминокислоты, отличающиеся длиной углеводородной цепи и имеющие аминогруппу у последнего атома углерода, демонстрируют закономерное линейное изменение коллигативных свойств растворов с ростом концентрации. Наиболее осмотически активной является ε-аминокапроновая кислота, 1 моль/л которой увеличивает осмотическое давление раствора на величину порядка 3200 Па. Для глицина и β-аланина этот показатель составляет соответственно 2750 Па и 3100 Па.

Анализ вязкостных характеристик водных растворов указанных аминокислот показывает, что и для них имеется тенденция линейного изменения кинематической, динамической и относительной вязкости с ростом концентрации аминокислот. Вместе с тем сохраняется тенденция по влиянию длины углеводородной цепи молекулы на характеристики растворов. Так ε-аминокапроновая кислота, как аминокислота, имеющая наиболее длинную углеводородную цепь, оказывает наиболее выраженное влияние на вязкость растворов – 1% ε-аминокапроновой кислоты увеличивает показатели кинематической, динамической и относительной вязкости на величину порядка 0,050 (данные по угловым коэффициентам линейных зависимостей характеристик вязкости приведены в таблице). Короткоцепочечные аминокислоты глицин и β-аланин имеют этот показатель на уровне 0,020 и 0,036 соответственно. Корреляционная связь между характеристиками вязкости и концентрацией веществ может быть оценена как сильная и достоверная, поскольку коэффициенты корреляции Пирсона по модулю входят в интервал [0,7; 1].

Выводы

1. Выявлены общие тенденции изменения некоторых характеристик водных растворов алифатических аминокислот линейного строения – глицина, β-аланина и ε-аминокапроновой кислоты, имеющих концевую аминогруппу у последнего атома углерода. Общность проявляется в усилении влияния аминокислоты на вязкостные характеристики и на коллигативные свойства растворов с увеличением числа атомов углерода в цепи.

2. На примере указанного ряда аминокислот выявлена общая тенденция линейной корреляции вязкостных характеристик и коллигативных свойств водных растворов от концентрации веществ.

Список литературы

1. Белоусов Ю.Б., Кукес В.Г., Лепахин В.К., Петров В.И. Клиническая фармакология: национальное руководство. – М.: ГЭОТАР-Мед. – 2014. – 976 с.

2. Ерпулёва Ю.В. Аминокислоты и микроэлементы в парентеральном питании у детей / Журнал Лечащий врач. – 2013. – № 3 – С. 51–54.

3. Миняева О.А., Ботова Д.И., Нелюбина Е.С. Концентрационные зависимости вязкости белковых систем и рефрактометрический анализ растворов белков. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1797.

4. Миняева О.А., Сидорченко А. С., Зацепина М.Н., Григорьева У.А., Сафонов В.И. Коллигативные свойства водных растворов низкомолекулярных аминокислот линейного строения // Успехи современного естествознания. – 2015. – №7.

5. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера. В 3-х томах. Т.1. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 694 с.