



Научная статья  
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)  
УДК 616.33-002.44:664.5

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.012



## ФИЗИКА ПРИСТЕНОЧНОГО ПИЩЕВАРЕНИЯ. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПЕЦИЙ НА РАЗВИТИЕ ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНИ

Юрий Игнатьевич Матвеев<sup>1</sup>, Елена Витальевна Аверьянова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН «Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля» РАН, Москва, Россия, yu.matveev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4670-9846>

<sup>2</sup> Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск, Россия, averianova.ev@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2144-1238>

**Аннотация.** Специи и травы используются в кулинарии не только для придания кушаньям особого вкуса и аромата, но они также благоприятно влияют на пищеварение и обменные процессы. Однако следует помнить, что избыточное количество специй может способствовать развитию ряда заболеваний желудочно-кишечного тракта. Так, главной причиной наиболее распространенного заболевания двенадцатиперстной кишки – дуоденита – воспаления слизистой оболочки кишечника является неправильное питание, в том числе употребление чрезмерно острой или кислой пищи. Материалом исследования послужили доступные аналитические данные о влиянии специй на состояние желудочно-кишечного тракта в условиях развития язвенной болезни, а также данные о физике пристеночного пищеварения. Рассмотрено влияние специй восточных кухонь на развитие рецидивов язвенной болезни двенадцатиперстной кишки у людей, которые находятся в состоянии многолетней полной ремиссии. Выполнена оценка скорости движения пищевых веществ в микроворсинках, которая составила от  $1,22 \times 10^{-5}$  см/с до  $4,40 \times 10^{-5}$  см/с. На основе физического подхода при описании процесса пристеночного пищеварения выполнены численные оценки периодов проявления этих рецидивов. Показано, что даже в случае полной ремиссии язвенной болезни людям восточной кухни при появлении первых рецидивов язвенной болезни. Всесторонние исследования полостного пищеварения позволяют внести вклад в технологию переработки пищевых веществ, в то время как исследования пристеночного пищеварения вносят некоторую ясность в вопросы патогенеза и лечения ряда болезней ЖКТ.

**Ключевые слова:** специи, дуоденит, пристеночное пищеварение, язвенная болезнь.

**Для цитирования:** Матвеев Ю. И., Аверьянова Е. В. Физика пристеночного пищеварения. Оценка влияния специй на развитие язвенной болезни // Ползуновский вестник. 2024. № 1, С. 92–98. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.012. EDN: <https://elibrary.ru/KUYNFO>.

Original article

## PHYSICS OF WALL DIGESTION. ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SPICES ON THE DEVELOPMENT OF ULCER DISEASE

Yuri I. Matveev<sup>1</sup>, Elena V. Averyanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, yu.matveev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4670-9846>

<sup>2</sup> Biysk Technological Institute (branch) of the Altay State Technical University, Biysk, Russia, averianova.ev@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2144-1238>

© Матвеев Ю. И., Аверьянова Е. В., 2024

**Abstract.** Spices and herbs are used in cooking not only to give food a special taste and flavor, but they also have a beneficial effect on digestion and metabolism. However, it should be remembered that an excessive number of spices can contribute to the development of a number of diseases of the gastrointestinal tract. Thus, the main cause of the most common duodenite disease - duodenitis - inflammation of the intestinal mucous membrane is improper nutrition, including the consumption of excessive acute or acidic food. The material of the study was available analytical data on the influence of spices on the state of the gastrointestinal tract in the conditions of the development of ulcers, as well as data on the physics of eating. The influence of spices of oriental kitchens on the development of duodenal ulcers in people who are in a state of permanent full remission is considered. The speed of movement of food substances in microfibers was estimated from  $1.22 \times 10^{-5}$  cm/s to  $4.40 \times 10^{-5}$  cm/s. Based on the physical approach, numerical estimates of the occurrence of these relapses have been made when describing the process of fasting. It has been shown that even in the case of complete remission of ulcers, people who have previously suffered from it are advised to treat excessively spicy oriental dishes with caution when the first recurrence of ulcers occurs. Comprehensive studies of cavity digestion make a contribution to food processing technology, while studies of dock digestion bring some clarity to the pathogenesis and treatment of a number of gastrointestinal diseases.

**Keywords:** spices, duodenite, stuck digestion, ulcerative disease.

**For citation:** Matveev, Yu.I. & Averyanova E.V. (2024). Physics of wall digestion. Assessment of the influence of spices on the development of ulcer disease. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 92-98. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.01.012. EDN: <https://elibrary.ru/KUYNFO>.

## ВВЕДЕНИЕ

Ранее в работе [1] рассмотрены процессы, протекающие в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), при различном содержании жиров и способах приготовления пищи и показано, что Средиземноморская диета имеет ряд преимуществ перед Западной диетой, а именно существенно уменьшает образование токсичных веществ в организме, снижая риск воспаления и онкологических заболеваний, подавляет развитие посторонней микрофлоры и др. В то же время такой фактор, как использование специй, которые при определенных обстоятельствах могут оказывать негативное воздействие на организм человека, характерен как для средиземноморской, так и для восточной кухни [2–5].

Как известно, блюда восточной (среднеазиатская, японская, индийская, китайская, арабская и др.) кухни благодаря использованию большого количества специй пользуются большой популярностью у европейцев [6, 7]. Однако необходимо помнить, что многие специи, несмотря на своеобразный вкус и специфический аромат, могут нанести вред, особенно людям, имеющим или перенесшим различные заболевания ЖКТ. Причем продолжительность отрицательного воздействия некоторых специй, особенно очень активных, может совпадать со временем пребывания в соответствующих странах (как правило, около недели).

В результате возникает вопрос: использование большого количества специй в восточной кухне оказывает такое же вредное воздействие на ЖКТ жителей Востока или это

специфика ЖКТ европейских жителей? Если для ответа на поставленный вопрос воспользоваться оценкой продолжительности жизни жителей Азии и Европы, то оказывается, что средняя продолжительность жизни в обеих частях света примерно одного порядка – 66–77 лет в Индии и Китае и около 82 лет в Испании и Германии [8]. Более того, смертность от заболеваний ЖКТ в странах Азии занимает одно из последних мест, а это означает, что специи практически не влияют на продолжительность жизни и не вызывают специфических заболеваний у местных народов. Поэтому болезненная реакция жителей стран Европы на блюда восточной кухни, скорее всего, связана с традициями в кулинарии этих стран (Европы), на которых сформировались соответствующие реакции их ЖКТ и которые возможно на генетическом уровне передаются из поколения в поколение. В связи с этим вопрос влияния специй на работу ЖКТ подробно исследован в рамках анализа процессов пристеночного пищеварения.

## МЕТОДОЛГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом исследования послужили доступные аналитические данные о влиянии специй на состояние ЖКТ в условиях развития язвенной болезни, противопоказания по их применению в составе пищевых продуктов и суточной дозе (табл. 1), а также данные о физике пристеночного пищеварения, протекающего в пористой стенке кишечника при малых числах Рейнольдса, т.е. при ламинарном течении процессов.

Аналитическое описание таких процессов представляет существенный интерес как в случае медицины (исследования пристеночного пищеварения вносят ясность в вопросы патогенеза и лечения ряда болезней ЖКТ), так и в случае пищевых наук – при разработке диет, которые позволяют оптимизировать работу ЖКТ и внести вклад в технологию переработки пищевых веществ.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**О провоцировании специями заболеваний желудочно-кишечного тракта.** Специи и травы используются в кулинарии не только для придания кушаньям особого вкуса и аромата, но

они также благоприятно влияют на пищеварение и обменные процессы. Во всех пряностях содержится огромное количество витаминов, важных минералов и микроэлементов. Одни способствуют снижению веса, другие подавляют развитие болезнетворных бактерий, укрепляют иммунитет и т.п. Некоторые пряности активизируют обменные процессы, стимулируют работу пищеварительных желез и кишечника. Однако следует помнить, что блюда восточной кухни (китайская, индийская) полезны не всем. Избыточное количество специй (перца, имбиря, кардамона, кориандра, корицы и др.) может спровоцировать ряд заболеваний ЖКТ (табл. 1).

Таблица 1 – О заболеваниях желудочно-кишечного тракта, при которых противопоказано использование специй [9–11]

Table 1 – Gastrointestinal diseases in which the use of spices is contraindicated [9–11]

Наименование специи (действующее вещество) <i>Spice name (active substance)</i>	Противопоказания (суточная доза) <i>Contraindications (daily dose)</i>
Кориандр (лат. <i>Coriandrum sativum</i> ) (фитостероид кориандрол)	гиперацидные формы гастрита, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки (4 г)
Куркума (лат. <i>Cúrcuma</i> ) (куркуминоид куркумин)	желчные колики, гастрит (5 г)
Мускатный орех (лат. <i>Myristica fragraus</i> ) (производные фенилаланина: эленицин, сафрол, миристицин, метилэвгенол и др.)	гастрит, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки (1–5 г)
Красный перец (лат. <i>Capsicum annuum</i> L.) (алкалоид капсаицин)	хронический гастрит, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки (15 г)
Имбирь (лат. <i>Zingiber officinale</i> R.) (алкалоидгингерол)	синдром раздраженного кишечника, гастрит, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки (3–4 г)
Кардамон (лат. <i>Elettaria cardamomum</i> L.) (эфирное масло, содержащее терпены лимонен, амидон, терпинеол, цинеол и др.)	синдром раздраженного кишечника, гастрит, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки (0,4–1,2 г)
Корица (лат. <i>Cinnamomum verum</i> L.) (альдегид коричной кислоты циннамаль)	синдром раздраженного кишечника, гастрит, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки (1–6 г)
Кориандр (лат. <i>Coriandrum sativum</i> ) (фитостероид кориандрол)	гиперацидные формы гастрита, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки (4 г)

В этой связи остановимся подробнее на заболеваниях двенадцатиперстной кишки (ДПК). Нормальное состояние ДПК является залогом нормального функционирования организма в целом. Процесс пищеварения происходит в основном в двух отделах ЖКТ – желудке и ДПК. Остальные отделы ЖКТ отвечают за абсорбцию питательных веществ.

Наиболее распространенное заболевание ДПК – дуоденит – воспаление слизистой оболочки кишечника. Главной причиной развития первичного дуоденита является неправильное питание. Употребление чрезмерно острой или кислой пищи, алкоголя, крепкого чая или кофе приводит к выделению большо-

го количества желудочного сока повышенной кислотности. Попадая в ДПК с пищей, он раздражает слизистую оболочку, вызывая её воспаление [12].

Основным симптомом дуоденита является болевой синдром. Боль возникает в подложечной или пупочной областях натощак или спустя час после еды. Для защиты слизистой оболочки необходим прием препаратов, снижающих секрецию соляной кислоты, регулирующих работу ЖКТ и усиливающих восстановление клеток слизистой оболочки.

К широко распространенным заболеваниям ДПК относят и язвенную болезнь – хроническое заболевание, основным признаком

## ФИЗИКА ПРИСТЕНОЧНОГО ПИЩЕВАРЕНИЯ. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПЕЦИЙ НА РАЗВИТИЕ ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНИ

которого является образование язвенных дефектов в слизистой оболочке ДПК. Язвенная болезнь встречается у людей любого возраста, но чаще в возрасте 30–40 лет и, как правило, на фоне дуоденита.

Основной причиной язвенной болезни ДПК является инфекция *Helicobacter pylori* (*H. Pylori*), бактерии которой поражают слизистую оболочку кишки, прикрепляясь к ворсинкам эпителия [13]. Муциназа, протеаза и липаза, вырабатываемые бактерией, вызывают деполимеризацию и растворение защитной слизи желудка и являются причиной 90 % случаев язвенной болезни ДПК, которая довольно часто прогрессирует. В ряде случаев язва может осложняться кровотечениями и разрывами стенки кишечника, которые приводят к летальному исходу [14].

Проявлению и развитию язвы способствует употребление чрезмерно острой пищи, которая приводит к выделению большого количества желудочного сока повышенной кислотности [12]. Так как кислотность желудочного сока является избыточной, часть кислоты расходуется на процесс полостного пищеварения, а оставшаяся нереализованная часть

диффундирует в слизистую оболочку и стенки кишки, вызывая воспаление стенок ДПК, способствуя появлению и развитию язвы.

Поскольку в точках развития язвы упругие свойства стенок ДПК меняются, при перистальтике ДПК в области язв происходит концентрация напряжения. В результате по мере роста язвы флуктуации напряжения могут достичь предельного значения, что может вызвать разрыв стенки кишечника, кровотечение и привести к летальному исходу.

Обычно процесс переваривания в тонкой кишке длится от 4 до 6 часов. Неабсорбированные частицы пищи, попадая в толстый кишечник, подвергаются дальнейшему расщеплению под действием микрофлоры толстой кишки.

Допустим, что язва начинает кровоточить при изменении ее размеров от малого  $d_{min} = 0,5$  см до большого  $d_{max} = 3,0$  см [15]. Так как продолжительность переваривания пищи  $t$  в тонкой кишке составляет 6 ч, а общая её длина  $L = 6$  м, то время пребывания пищи в ДПК  $t_{дпк}$  составит:  $t_{дпк} = (L_{дпк}/L) \times t = 0,25$  ч при  $L_{дпк} = 0,25$  м (табл. 2).

Таблица 2 – Геометрические характеристики отделов желудочно-кишечного тракта

Table 2 – Geometric characteristics of gastrointestinal sections

Отдел ЖКТ <i>Gastrointestinal tract department</i>	Длина $L$ , м <i>Length <math>L</math>, m</i>	Радиус $R$ , м <i>Radius <math>R</math>, m</i>
Желудок (умеренно наполненный, объемом 1 л) <i>Stomach (moderately full, volume 1 l)</i>	0,24–0,25	0,0360
Тонкий кишечник* <i>Small intestine</i>		
Двенадцатиперстная кишка <i>Duodenum</i>	0,25–0,30	0,0200–0,0300
Тощая кишка <i>Jejunum</i>	2,00–2,50	0,0125–0,015
Подвздошная кишка <i>Ileum</i>	2,50–3,00	0,0125–0,015

*Примечание: \* указаны длины соответствующих частей тонкой кишки для живого человека; толщина стенки тонкой кишки – 2–3 мм, при сокращении – 4–5 мм*

При трехразовом приеме пищи и продолжительности роста язвы в течение шести дней суммарная продолжительность пребывания пищи в ДПК  $(t_{дпк})_{\Sigma} = 3 \times 6 \times t_{дпк} = 4,5$  ч, а рост размера язвы  $d$  будет происходить со скоростью  $v = (d_{max} - d_{min}) / (t_{дпк})_{\Sigma} = 1,54 \times 10^{-5}$  см/с. Далее будет показано, что найденное значение скорости роста язвы  $v$  соответствует скорости фильтрационных процессов, протекающих в слизистой оболочке ДПК (в микроворсинках) в случае пристеночного пищеварения.

**О физике пристеночного пищеварения.** Как известно, процессы пищеварения в тонком кишечнике складываются из двух составляющих: полостного, совершающегося в просвете

кишечной трубки, и пристеночного, протекающего в пористой стенке кишечника. Суть полостного пищеварения в основном сводится к перемешиванию химуса (однородной полужидкой кашицеобразной массы желудка или кишечника, состоящей из частично переваренной пищи, желудочного и кишечного соков, секретов желез, желчи, клетчатки и микроорганизмов) с ферментами, гидролизу макромолекул белка и полисахаридов, а также к расслоению химуса на две составляющие: раствора олигопепидов и олигосахаридов, которые отщепляются от соответствующих макромолекул при воздействии ферментов и вытесняются из химуса к стенке кишечника. Более

плотная суспензия, находящаяся во внутренней полости кишечника, перемещается в направлении прямой кишки, а окончательное расщепление пищевых веществ и их всасывание происходит в области пристеночного слоя при фильтрации олигопептидов и олигосахаридов через поры стенок кишечника.

Как показывает анализ моторики тонкой кишки, все гидродинамические процессы в тонкой кишке и желудке протекают при малых числах Рейнольдса и поэтому их можно рассматривать как ламинарные. Тогда из уравнения расхода при ламинарном течении [16]:

$$Q = \frac{\pi \Delta p}{8 \nu l} R^4,$$

где  $\Delta p$  и  $\nu$  – перепад давления и скорость движения химуса в тонкой кишке;  $l$  и  $R$  – длина и радиус тонкой кишки, можно получить уравнение для расхода при перемешивании  $Q_m$ :

$$Q_m = \frac{\pi \cdot \Delta p}{8 \cdot \nu \cdot l} R^4. \quad (1)$$

Переходя от массового расхода к объемному (при  $Q = \rho \nu \cdot \pi R^2$ ), выражение (1) можно записать как

$$\nu = \frac{\Delta p}{8 \mu} \cdot \frac{R^2}{l}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – динамическая вязкость пищевой суспензии (химуса), которая снижается при действии ферментов на макромолекулы (белки и полисахариды), особенно интенсивно при перемешивании.

Из уравнения (2) получим интегральный показатель – дистальный сократительный интеграл ( $DCI$ ):

$$DCI = \frac{\Delta p}{\nu} = 8 \mu \cdot \frac{l}{R^2}. \quad (3)$$

В стимулированный пищей период в тонкой кишке распространяются несколько типов перистальтических волн (очень медленные, медленные, быстрые и стремительные), которые отличаются скоростью прохождения по кишке. Если у первых трех типов волн скорость меняется от 0,1 см/с до 0,3 см/с, то скорость стремительной (пропульсивной) волны составляет 7,0–21,0 см/с. При этом оценка  $DCI$  очень медленных, медленных и быстрых волн дает одно и тоже значение –  $DCI = 0,5$  атм/(см/с).

Что касается стремительных (пропульсивных) перистальтических сокращений, то им соответствует  $DCI_p = 0,01–0,03$  атм/(см/с). С позиции Чикагской классификации стремительные перистальтические сокращения можно отнести к категории неэффективных

сокращений с точки зрения полостного пищеварения ( $DCI < 100$  мм рт. ст. / см/с). Однако за этими сокращениями стоит совсем другой механизм переваривания пищи – пристеночное пищеварение, связанный с фильтрацией растворов олигопептидов и олигосахаридов в микроворсинки и их дальнейшим расщеплением ферментами микроворсинок.

В этой связи рассмотрим процесс фильтрации жидкости пристеночного слоя. Обычно стенки кишечника и желудка имеют пористое строение, сформированное кишечными ворсинками (образованиями пальцевидной или листовидной формы, свободно вдающиеся в просвет кишки).

Число ворсинок в тонкой кишке велико. Больше всего их в ДПК и тощей кишке (22–40 ворсинок на 1 мм<sup>2</sup>). Поверхность каждой кишечной ворсинки выстлана однослойным эпителием. На внешней поверхности эпителиальных клеток кишечника располагается совокупность многочисленных микроворсинок, увеличивающая площадь всасывания.

Количество микроворсинок на 1 мкм<sup>2</sup> поверхности клетки составляет от 60 до 90. Высота каждой микроворсинки около 0,90–1,25 мкм, диаметр – 0,08–0,11 мкм. Благодаря огромному числу микроворсинок поверхность всасывания кишки увеличивается в 30–40 раз. Поэтому расщепление макромолекул пищи и их всасывание наиболее интенсивно происходит в области расположения микроворсинок.

Полагая, что фильтрация олигопептидов и олигосахаридов происходит по закону Дарси [17]:

$$\nu = - (k/\mu) \text{grad} p, \quad (4)$$

где  $k$  – коэффициент проницаемости среды,  $\mu$  – динамическая вязкость среды,  $p$  – давление среды в области микроворсинок, при оценке  $-\text{grad} p$  воспользуемся соотношением  $-\text{grad} p = (\Delta p)/h$ , где  $h$  – длина ворсинки,  $\Delta p$  – давление на ворсинке.

Тогда выражение (4) можно записать в следующем виде:

$$\nu = \frac{k}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{h}. \quad (5)$$

Так как движение в микроворсинке ламинарное, то из выражений (2) и (5) найдем  $k$  при  $l \sim h$ , а  $R \sim r_{\text{ворсинки}}$ :

$$k = (r_{\text{ворсинки}})^2 / 8. \quad (6)$$

Из выражения (6) следует, что  $k$  ворсинок значительно больше  $k$  микроворсинок, так как радиус микроворсинок  $r_{\text{мкворс}}$  значительно меньше радиуса ворсинок, и поэтому основное время фильтрации будет определяться

## ФИЗИКА ПРИСТЕНОЧНОГО ПИЩЕВАРЕНИЯ. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПЕЦИЙ НА РАЗВИТИЕ ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНИ

коэффициентом проницаемости микроворсинки. Обычно  $r_{\text{мкворс}} \sim 0,05$  мкм. Соответственно  $k = 3 \times 10^{-4}$  мкм<sup>2</sup>.

Выполним некоторые оценки скорости движения пищевых веществ  $v$  в микроворсинке при найденном значении коэффициента проницаемости  $k$ . Так как в области микроворсинок фильтрация происходит под действием стремительных перистальтических сокращений, то  $\Delta p = 20$  кПа. При  $\langle h \rangle = 1,1$  мкм,  $\mu = 12,5 \div 45,0$  Па·с [18] из уравнения (5) получим  $v_{\text{мкворс}} = (1,22 \div 4,40) \times 10^{-5}$  см/с.

Согласно данным экспериментальных исследований [19, 20], проницаемость (скорость фильтрации) слизистой оболочки тощей кишки крысы при действии липополисахарида составляет  $5,3 \times 10^{-3}$  см/с [19], а монослота толстого кишечника человека меняется от  $10^{-6}$  до  $10^{-5}$  см/с [20], т.е. рассчитанное выше значение скорости роста размера язвы  $v$  находится между экспериментально установленными величинами скорости движения пищевых веществ в микроворсинках. Последнее означает, что воздействие **нереализованной** кислоты желудочного сока на стенки кишечника происходит в процессе пристеночного пищеварения. А это неизбежно приведёт к росту размера язвы даже в течение недельного приема острой пищи. Все зависит от вида специй, их дозировки и избыточного количества желудочного сока, выделение которого стимулирует данный тип специи.

### ВЫВОДЫ

Анализ заболеваний ЖКТ, которые могут быть спровоцированы употреблением блюд восточной кухни, показывает, что чрезмерное употребление специй способствует выделению большого количества желудочного сока повышенной кислотности. Последнее особенно опасно для людей, страдающих или склонных к проявлению язвенной болезни ДПК, так как может привести к росту количества и размера язв.

Избыточное выделение желудочного сока в ряде случаев через 2–6 часов вызывает болезненную реакцию желудка в виде рвоты, которая чаще всего является симптомом других заболеваний (гастрита, язвенной болезни желудка и ДПК, устойчивый стеноз привратника и др.) и частично снижает избыточную кислотность. В дальнейшем при отказе от приема острой пищи можно избежать развития патологических последствий.

В местах появления язвы упругие свойства стенок ДПК меняются, вызывая концентрацию механического напряжения при перистальтике ДПК. В результате чего по мере ро-

ста язвы флуктуации напряжения могут достичь предельного значения, что может вызвать разрыв стенки кишечника, кровотечение и привести к летальному исходу. Поэтому даже в случае полной ремиссии язвенной болезни людям, ранее болевшим ею, рекомендуется относиться осторожно к чрезмерно острым блюдам восточной кухни при появлении первых рецидивов язвенной болезни.

Таким образом, исследования полостного пищеварения позволяют внести вклад в технологию переработки пищевых веществ, в то время как исследования пристеночного пищеварения вносят некоторую ясность в вопросы патогенеза и лечения ряда болезней ЖКТ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев Ю.И., Аверьянова Е.В. Использование аналитических подходов для оценки влияния липидов на время переваривания белков и углеводов пищи // Ползуновский вестник. 2023. № 3. С. 7–12. doi: org/10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.001.
2. Чимонина И.В., Перевошикова К.Н. Биохимический анализ пряностей и их роль в питании человека // Вестник науки и творчества. 2016. Т. 2, № 2. С. 124–130.
3. Sachan A.K., Kumar S., Kumari K., Singh D. Medicinal uses of spices used in our traditional culture: Worldwide // Journal of Medicinal Plants Studies. 2018. Vol. 6. № 3. P. 116–122.
4. Xiang Q., Guo W., Tang X., Cui S., Zhang F., Liu X., Chen W. Capsaicin – The spicy ingredient of chili peppers: A review of the gastrointestinal effects and mechanisms // Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 116. P. 755–765. doi: org/10.1016/j.tifs.2021.08.034.
5. Guldikien B., Catalkaya G., Ozkan G., Ceylan F.D., Capanoglu E. Toxicology. Chapter 21–Toxicological effects of commonly used herbs and spices – London: Academic Press, 2021. P. 201–213. doi: org/10.1016/B978-0-12-819092-0.00021-2.
6. Church S., Gilbert P., Khokhar S. Ethnic groups and foods in Europe. Synthesis report. 2006. P. 3.
7. Wijaya S. Indonesian food culture mapping: a starter contribution to promote Indonesian culinary tourism // Journal of Ethnic Foods. 2019. Vol. 6. № 1. P. 1–10. doi: org/10.1186/s42779-019-0009-3.
8. Колосницина М.Г., Коссова Т.В., Шелунцова М.А. Факторы роста ожидаемой продолжительности жизни: кластерный анализ по странам мира // Демографическое обозрение. 2019. Т. 1, № 6. С. 124–149. doi: org/10.17323/demreview.v6i1.9114.
9. Mofleh I.A. Spices, herbal xenobiotics and the stomach: friends or foes? // World Journal of Gastroenterology. WJG. 2010. Vol. 22, № 16. P. 2710. doi: org/10.3748/wjg.v16i22.2710.
10. Ливзан М.А., Гаус О.В., Попелло Д.В. Пищевые привычки и риск рака желудка // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2023. Т. 211, № 3. С. 89–97. doi: org/10.31146/1682-8658-ecg-211-3-89-97.
11. Kunnumakkara A.B., Sailo B.L., Banik K., Harsha C., Prasad S., Gupta S.C. & Aggarwal B.B. Chronic diseases, inflammation, and spices: how are they linked? // Journal of translational medicine. 2018. Vol. 16. № 1. С. 1–25. doi: org/10.1186/s12967-018-1381-2.
12. Трухан Д.И., Тарасова Л.В. Клиника, диагностика и лечение хронического дуоденита // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2012. № 11. С. 104–114.
13. Лифшиц Г.И., Шрайнер Е.В., Кох Н.В., Воронина Е.Н., Хавкин А.И. Клиническое значение изучения генетического полиморфизма факторов адгезии при *Helicobacter* ассоциированных заболеваниях // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2022. Т. 1. № 197. С. 18–23. doi: org/10.31146/1682-8658-ecg-197-1-18-23.

14. Короткевич А.Г., Антонов Ю.А., Кузнецов В.В. Язвенные желудочно-кишечные кровотечения: анализ летальности // Медицина в Кузбассе. 2005. № 1. С. 26–30.
15. Клинические рекомендации по диагностике и лечению язвенной болезни. Миндрав РФ. Российская Гастроэнтерологическая Ассоциация. 2013. 39 с.
16. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 736 с.
17. Леонтьев Н.Е. Основы теории фильтрации. М.: МАКС Пресс, 2017. 88 с.
18. Сидоркин В.Ю. Влияние гранулометрического состава помола зерна на эффективную вязкость его водных суспензий при нагреве с высокой скоростью в спиртовом производстве // Пиво и напитки. 2016. № 1. С. 48–50.
19. Вишневецкая О.Н. Проницаемость стенки тощей кишки крысы при воздействии холерного токсина и липополисахарида: автореф. дис. ... на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. СПб., 2018. 20 с.
20. Шохин И.Е., Раменская Г.В., Кулинич Ю.И., Савченко А.Ю. Изучение кишечной проницаемости in vitro на моноослой эпителиальных клеток Caco-2 (обзор) // Сеченовский вестник. 2012. Т. 3. № 9. С. 31–35.

### Информация об авторах

Ю. И. Матвеев – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник наук ФГБУН «Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля» РАН.

Е. В. Аверьянова – кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнологии Бийского технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»; тел.: +7 (3854) 43-53-05.

### REFERENCES

1. Matveev, Yu.I., Averyanova, E.V. (2023). Use of analytical approaches to assess the influence of lipids on the digestion of proteins and carbohydrates in food. *Polzunovskij vestnik*. 3, 7-12. (In Russ.) doi: org/10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.001.
2. Chimonina, I.V., Perevoshchikova, K.N. (2016). Biochemical analysis of spices and their role in human nutrition. *Vestnik nauki i tvorchestva*. 2(2), 124-130. (In Russ.).
3. Sachan, A.K., Kumar, S., Kumari, K., Singh, D. (2018). Medicinal uses of spices used in our traditional culture: Worldwide. *Journal of Medicinal Plants Studies*. 6(3), 116-122.
4. Xiang, Q., Guo, W., Tang, X., Cui, S., Zhang, F., Liu, X., Chen, W. (2021). Capsaicin - The spicy ingredient of chili peppers: A review of the gastrointestinal effects and mechanisms. *Trends in Food Science & Technology*. 116, 755-765. doi: org/10.1016/j.tifs.2021.08.034.
5. Guldiken, B., Catalkaya, G., Ozkan, G., Ceylan, F.D., Capanoglu, E. (2021). Toxicological effects of commonly used herbs and spices. In *Toxicology*. 201-213. Academic Press. doi: org/10.1016/B978-0-12-819092-0.00021-2.
6. Church, S., Gilbert, P., Khokhar, S. (2006). Ethnic groups and foods in Europe. *Synthesis report*. 3.

7. Wijaya, S. (2019). Indonesian food culture mapping: a starter contribution to promote Indonesian culinary tourism. *Journal of Ethnic Foods*. 6(1), 1-10. doi: org/10.1186/s42779-019-0009-3.
8. Kolosnycyna, M.G., Kossova, T.V., SHeluncova, M.A. (2019). Life expectancy growth factors: global cluster analysis. *Demograficheskoe obozrenie*. 1(6), 124-149. (In Russ.). doi: org/10.17323/demreview.v6i1.9114.
9. Al Mofleh, I.A. (2010). Spices, herbal xenobiotics and the stomach: friends or foes? *World Journal of Gastroenterology: WJG*. 22(16), 2710. doi: org/10.3748/wjg.v16.i22.2710.
10. Livzan, M.A., Gaus, O.V., Popello, D.V. (2023). Eating habits and stomach cancer risk. *Ekspierimtal'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*. 211(3), 89-97. (In Russ.). doi: org/10.31146/1682-8658-ecg-211-3-89-97.
11. Kunnumakkara, A.B., Sailo, B.L., Banik, K., Harsha, C., Prasad, S., Gupta, S.C. & Aggarwal, B.B. (2018). Chronic diseases, inflammation, and spices: how are they linked? *Journal of translational medicine*. 16(1), 1-25. doi: org/10.1186/s12967-018-1381-2.
12. Truhan, D.I., Tarasova, L.V. (2012). Clinic, diagnosis and treatment of chronic duodenitis. *Ekspierimtal'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*. 11, 104-114. (In Russ.).
13. Lifshic, G.I., SHrajner, E.V., Koh, N.V., Voronina, E.N., Havkin, A.I. (2022). Clinical significance of the study of genetic polymorphism of adhesion factors in Helicobacter pylori-associated diseases. *Ekspierimtal'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*. 1(197), 18-23. (In Russ.). doi: org/10.31146/1682-8658-ecg-197-1-18-23.
14. Korotkevich, A.G., Antonov, Yu.A., Kuznecov, V.V. (2005). Ulcerative gastrointestinal bleeding: lethality analysis. *Medicina v Kuzbasse*. 1, 26-30. (In Russ.).
15. *Clinical recommendations for the diagnosis and treatment of ulcers*. Mindrav RF. Rossijskaya Gastroenterologicheskaya Associaciya. 2013, 39. (In Russ.).
16. Landau, L.D., Lifshic, E.M. *Hydrodynamics*. M.: Nauka: 1986, 736. (In Russ.).
17. Leontev, N.E. *Fundamentals of filtering theory*. M.: MAKS Press: 2017, 88. (In Russ.).
18. Sidorkin, V.Yu. (2016). Influence of grain size on effective viscosity of its aqueous suspensions when heated at high speed in alcohol production. *Pivo i napitki*. 1, 48-50. (In Russ.).
19. Vishnevskaya, O.N. Penetration of the intestine wall of a rat by cholera toxin and lipopolysaccharide: avtoref. dis. ... na soisk. uchen. step. kand. biol. nauk. SPb., 2018, 20. (In Russ.).
20. SHohin, I.E., Ramenskaya, G.V., Kulnich, Yu.I., Savchenko, A.Yu. (2012). Study of intestinal permeability in vitro on the monolayer of Caco-2 epithelial cells (review). *Sechenovskij vestnik*. 3(9), 31-35. (In Russ.).

### Information about the authors

Yu.I. Matveev - Candidate of Physics and Mathematics Sciences, Senior Researcher Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences.

E.V. Averyanova - Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology of the Bysk Technological Institute (branch) of the Altay State Technical University; tel.: +7 (3854) 43-53-05.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 15 июня 2023; одобрена после рецензирования 29 февраля 2024; принята к публикации 05 марта 2024.

The article was received by the editorial board on 15 June 2023; approved after editing on 29 Feb 2024; accepted for publication on 05 Mar 2024.