

# МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА

УДК 579.672, 579.674, 579.678  
DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.10

Читать  
онлайн



## ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ЧАЯ И ЧАЙНЫХ ТРАВЯНЫХ НАПИТКОВ ПЛЕСНЕВЫМИ ГРИБАМИ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫМИ ПРОДУЦЕНТАМИ МИКОТОКСИНОВ – ПЕРВЫЙ ШАГ К ОЦЕНКЕ РИСКА (СООБЩЕНИЕ 1)

Л.П. Минаева, А.И. Алешкина, Ю.М. Маркова, А.С. Полянина, Т.В. Пичугина, И.Б. Быкова, В.В. Стеценко, Н.Р. Ефимочкина, С.А. Шевелева

Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Россия, 109240, г. Москва, Устьинский проезд, 2/14

Исследована микробная контаминация 54 образцов чая (*Camellia* sp.), черного и зеленого, в том числе с добавками, и чайных напитков, включая травяные. Нефасованный чай (полуфабрикат) был представлен из регионов: Индии, Индонезии, Шри-Ланки, Вьетнама, Кении, Китая; фасованный – из розничной торговли РФ. В целом 83,3 % образцов нефасованного чая соответствовали микробиологическому нормативу по плесеням; 16,7 % несоответствующих содержали плесени на уровнях  $(1,3-8,2) \cdot 10^3$  КОЕ/г. Выявлены различия в количестве плесеней в образцах с разным фракционным составом чая (в среднем КОЕ/г): крупнолистовые –  $2,3 \cdot 10^2$ ; среднелистовые –  $7,4 \cdot 10^2$ , мелколистовые (включая чайную пыль) –  $1,7 \cdot 10^3$ . Все фасованные чаи (*Camellia* sp.), в том числе с добавками, соответствовали требованиям установленного норматива. Доминирующий вид плесеней в чае (*Camellia* sp.) – *Aspergillus niger*. В травяных чаях выявлены высокие уровни микробного загрязнения: 55 % образцов не соответствовали установленному нормативу и содержали более  $10^{4-6}$  КОЕ/г плесневых грибов. Кроме того, 72,2 % этих образцов содержали более  $10^{5-8}$  КОЕ/г бактерий. Из числа травяных чаев, соответствующих нормативу, в 62,5 % образцов обнаружено большое количество бактерий:  $8 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^8$  КОЕ/г. В микофлоре травяных чаев обнаружены *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Fusarium* – продуценты опасных микотоксинов, в том числе эмерджентных, что потенциально обуславливает загрязнение микотоксинами травяных чаев. Эти данные будут использованы в дальнейшем при идентификации опасности, обусловленной микотоксигенными грибами в чае и чайных напитках, в том числе травяных, а также для актуализации норматива.

**Ключевые слова:** чай, *Camellia* sp., травяной чай, плесневые грибы, продуценты микотоксинов, продуценты эмерджентных микотоксинов, микотоксины, микробная контаминация, бактерии.

© Минаева Л.П., Алешкина А.И., Маркова Ю.М., Полянина А.С., Пичугина Т.В., Быкова И.Б., Стеценко В.В., Ефимочкина Н.Р., Шевелева С.А., 2019

**Минаева Людмила Павловна** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома (e-mail: liuminaeva-ion@mail.ru; тел.: 8 (495) 698-53-83; ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0003-1853-5735>).

**Алешкина Анастасия Игоревна** – младший научный сотрудник лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома (e-mail: ninecatlives@yandex.ru; тел.: 8 (495) 698-53-83; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5010-2038>).

**Маркова Юлия Михайловна** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома (e-mail: yulia.markova.ion@gmail.com; тел.: 8 (495) 698-53-83; ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-2631-6412>).

**Полянина Анна Сергеевна** – лаборант-исследователь лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома (e-mail: polyanina.anna.sergeevna@gmail.com; тел.: 8 (495) 698-53-83; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2766-7716>).

**Пичугина Татьяна Викторовна** – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома (e-mail: bbtvp@ion.ru; тел.: 8 (495) 698-53-83; ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-4632-7119>).

**Быкова Ирина Борисовна** – научный сотрудник лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома (e-mail: bikova@ion.ru; тел.: 8 (495) 698-53-83; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7288-312X>).

**Стеценко Валентина Валерьевна** – младший научный сотрудник лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома (e-mail: stetsenko\_valentina1992@mail.ru; тел.: 8 (495) 698-53-83; ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0001-6470-171X>).

**Ефимочкина Наталья Рамазановна** – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биобезопасности и анализа нутримикробиома (e-mail: karlikanova@ion.ru; тел.: 8 (495) 698-53-83; ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-9071-0326>).

**Шевелева Светлана Анатольевна** – доктор медицинских наук, заведующая лабораторией биобезопасности и анализа нутримикробиома (e-mail: sheveleva@ion.ru; тел.: 8 (495) 6 98-53-83; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5647-9709>).

Микроскопические плесневые грибы – глобальные контаминанты пищевого растительного сырья, степень распространения которых определяется природными факторами и лишь отчасти антропогенным влиянием. Они способны поражать растительное сырье на всех стадиях: вегетации, сбора, транспортировки и хранения. Потенциальная способность отдельных видов плесневых грибов синтезировать в числе вторичных метаболитов микотоксины (МТ) требует повышенного внимания к их продуцентам, обуславливающих контаминацию пищевых продуктов, среди которых наиболее значимыми являются грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* и *Claviceps* [1]. Спектр МТ, продуцируемых этими микромицетами, включает как высокотоксичные: зеараленон (ЗЕА), дезоксиниваленол (ДОН), афлатоксины (АФ В<sub>1</sub>), фумонизины (ФВ<sub>1</sub> и ФВ<sub>2</sub>), охратоксин А (ОТА) и патулин, Т-2-токсин, содержание которых регламентировано в пищевых продуктах в странах Таможенного союза ТР ТС 021/2011<sup>1</sup> и за рубежом [2–8], так и малоизученные – эмерджентные микотоксины (ЭМТ): энниатины, боверицин, моилиформин, фузапролиферин, фузариевая кислота, стеригматоцистин, эмодин, микофеноловая кислота, альтернариол и его монометилловый эфир, тенуазоновая кислота, асперглауцид, тентоксин, которые могут одновременно присутствовать в пищевой продукции и вносить свой токсический вклад в конечный продукт [9–12]. Микотоксины представляют реальную опасность для человека, оказывая канцерогенное, мутагенное, тератогенное и иммунодепрессивное действие, способны провоцировать ряд заболеваний [13].

С позиции безопасности важно изучение загрязненности плесневыми грибами, в том числе продуцентами ЭМТ, пищевых продуктов раститель-

ного происхождения, широко представленных в рационах населения, в частности чая. По данным маркетинговых исследований, проведенных в 2003 и 2018 г., чай ежедневно потребляли 82–83 % респондентов [14, 15]. Большое разнообразие видов чая, представленных на потребительском рынке, нередко приводит к смешению понятий «чая» и «чайный напиток». По ГОСТ 32593-2013<sup>2</sup> «чай» производится из чайного листа растений рода *Camellia* семейства *Theaceae* (*Camellia sp.*) и не содержит других компонентов; «чай с добавками» должен содержать не менее 50 % чая, а также включать другие компоненты; «чайный напиток» изготавливается из растительного сырья с возможным добавлением чая не более 50 % (масс.) и других компонентов, этому определению соответствуют также травяные чаи. Чайный лист, прошедший первичные стадии переработки, включая стадию сушки, определяется как полуфабрикат.

Увеличение темпа жизни сдвигает приоритеты выбора от листовых форм чая в сторону пакетированных: так, по данным анализа рынка в 2016 г. их доля от объема потребления составляла около 63 % [18]. Наблюдаются изменения предпочтений отдельных групп потребителей, особенно в зрелом и пожилом возрасте, в пользу выбора зеленого или фруктово-травяного чая: по данным на 2016 г. доля зеленого чая на рынке составляла 23 % [15], фруктово-травяных чаев – 3,5–5,0 % и оценивалась как растущий сегмент рынка [15–16].

У подавляющего большинства населения чай ассоциируется с понятиями пользы, здоровья и безопасности, что обусловлено как термической обработкой при приготовлении напитка, так и отсутствием связи с пищевыми отравлениями. В РФ для чая и чайной продукции установлены микробиологические показатели безопасности в соответствии с ТР ТС 021/2011, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Микробиологические показатели безопасности чая и чайной продукции в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011

| Вид продукта   | КМАФАнМ             | Плесени         | Дрожжи | <i>B. cereus</i> | БГКП (количественно)                        | <i>E. coli</i> | <i>S. aureus</i> | Патогенные, в том числе сальмонеллы |
|--|---------------------|-----------------|--------|------------------|---|----------------|------------------|-------------------------------------|
|  | КОЕ/г, не более     |                 |        |                  | Масса продукта, г, в которой не допускаются |                |                  |                                     |
| Чай  | –                   | 10 <sup>5</sup> | –      | –                | –   | –              | –                | –                                   |
| Смеси сухого растительного сырья для приготовления горячих безалкогольных напитков   | 5 · 10 <sup>5</sup> | 100             | 100    | –                | 1   | –              | –                | 25                                  |
| БАД к пище – смеси высушенных лекарственных растений (чай)   | 5 · 10 <sup>5</sup> | 10 <sup>3</sup> | 100    | –                | 0,01  | 0,1            | –                | 10                                  |
| БАД-чай (детские сухие)  | 5 · 10 <sup>3</sup> | 50              | 50     | 200              | 0,1   | 1              | 1                | 25                                  |
| – Травяные инстантные чаи (на растительной основе) для беременных и кормящих;<br>– Детский травяной напиток (травяной чай) | 5 · 10 <sup>3</sup> | 50              | 50     | 100              | 1   | –              | –                | 25                                  |

<sup>1</sup> О безопасности пищевой продукции: технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_124768](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124768) (дата обращения: 10.11.2018).

<sup>2</sup> ГОСТ 32593-2013. Чай и чайная продукция. Термины и определения [Электронный ресурс]. – URL: [https://standartgost.ru/g/ГОСТ\\_32593-2013](https://standartgost.ru/g/ГОСТ_32593-2013) (дата обращения: 12.11.2018).

В чае и чайной продукции нормируется содержание микотоксина афлатоксина В<sub>1</sub> – не более 0,005 мг/кг, продуцентами которого являются *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. ochraceoroseus*, *A. pseudotamarii*, *A. bombycis*, *A. nomius* [17].

Показатели безопасности, нормируемые в других странах, определяются национальными законодательствами и могут включать один показатель или целый комплекс. Показатели, рекомендуемые Европейской ассоциацией Tea & Herbal Infusions Europe (ТНПЕ, 2018) [18, 19], Американской ассоциацией лекарственных трав (АНРА, 2016) [20] и указанные в рекомендациях Всемирной организации здоровья (ВОЗ, 2007) [21], представлены в табл. 2.

В международном законодательстве отсутствуют единые критерии. Низкая влажность чая предотвращает развитие микробной контаминации, однако несоблюдение условий сбора, переработки, а также перекрестное загрязнение на предприятии-изготовителе может повышать риски загрязнения готовой продукции в особенности травяных чаев.

Исследования микробной загрязненности, представленные в зарубежных источниках, в основном сосредоточены на изучении чаев, прошедших глубокую ферментацию (типа пуэр), доля которых на рынке очень мала. Для чаев массового употребления исследования малочисленны или представлены фрагментарно [22–24]. В Докладе о работе 23-й Сессии Межправительственной группы по чаю (Ханчжоу, КНР, 17–20.05.2018 г.), представленном в Комитете по проблемам сырьевых товаров Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций (FAO), отмечена необходимость активизации научных исследований по тематике природных загрязняющих веществ и выявления причин их присутствие в чае [25].

В настоящее время дискутируется вопрос о микробиологических показателях, установлен-

ных для чая в РФ, и возможности их изменения в целях гармонизации с международными требованиями, рекомендованными ВОЗ. Актуальным в связи с указанным является исследование загрязненности различных видов чая и чайной продукции, реализуемых в странах Таможенного союза, плесневыми грибами – потенциальными продуцентами МТ, в том числе ЭМТ. Представляет интерес оценка существующих микробиологических нормативов в аспекте надежного обеспечения безопасности чая и чайной продукции для населения.

**Целью исследований** было изучение загрязненности различных видов чая и чайной продукции плесневыми грибами – продуцентами микотоксинов, а также определение бактериальной загрязненности для последующего осуществления оценки риска и актуализации гигиенических нормативов, установленных на эти виды продукции.

**Материалы и методы.** Экспериментально исследовали 54 образца, среди которых: нефасованный традиционный чай (*Camellia sp.*) (полуфабрикат) зеленый и черный – 30 образцов из шести чаепроизводящих регионов (Вьетнам, Индия, Индонезия, Кения, Китай, Шри-Ланка); фасованный чай в трех группах: традиционный (*Camellia sp.*) и чай с добавками – по три образца, травяные чаи – 18 образцов (монокомпонентные: суданская роза, кипрей ферментированный, чабрец, мята, ромашка; и мультикомпонентные, включающие: эхинацею, душицу, мяту перечную, крапиву, чабрец, ромашку, шиповник, шалфей, фиалку, солодку, зверобой, донник, девясил, боярышник, бессмертник, пижму, расторопшу, календулу, репешок, листья березы, кипрей ферментированный и др.). Образцы нефасованного чая были предоставлены торгово-оптовыми компаниями, фасованного чая – приобретены в розничных магазинах. До начала микробиологических исследований все образцы хранили невскрытыми при комнатной температуре.

Таблица 2

Микробиологические показатели для чая, травяных напитков и сырья

| Вид продукта  | Количество аэробных бактерий, КОЕ/г                       | Дрожжи, КОЕ/г               | Плесени, КОЕ/г    | <i>Enterobacteriaceae</i> , КОЕ/г | <i>E. coli</i> , КОЕ/г | <i>Salmonella</i> , отсутствие в массе продукта, г |
|---|---|-----------------------------|-------------------|-----------------------------------|------------------------|--|
| Европейская ассоциация чайных и травяных напитков (ТНПЕ)          |   |                             |                   |                                   |                        |  |
| Чай ( <i>C. sinensis</i> )  | ≤ 10 <sup>7</sup>   | ≤ 10 <sup>6</sup>           | ≤ 10 <sup>5</sup> | –                                 | ≤ 10 <sup>2</sup>      | 125  |
| Сырье для травяных чаев (сух.)                                    | ≤ 10 <sup>8</sup>   | ≤ 10 <sup>6</sup>           | ≤ 10 <sup>6</sup> | –                                 | ≤ 10 <sup>4</sup>      | 125  |
| Травяные чаи (сух.)   | ≤ 10 <sup>7</sup>   | ≤ 10 <sup>5</sup>           | ≤ 10 <sup>5</sup> | –                                 | ≤ 10 <sup>3</sup>      | 125  |
| Напитки из чая ( <i>C. sinensis</i> ) и травяных чаев охлажденные | ≤ 10 <sup>4</sup>   | ≤ 10 <sup>2</sup>           | ≤ 10 <sup>2</sup> | –                                 | ≤ 10 <sup>1</sup>      | 125  |
| Американская ассоциация лекарственных трав (АНРА)                 |   |                             |                   |                                   |                        |  |
| Травяные добавки (сырье)  | ≤ 10 <sup>7</sup>   | ≤ 10 <sup>5</sup> в сумме   |                   | ≤ 10 <sup>4</sup>                 | ≤ 10                   | 25   |
| Всемирная организация здоровья (ВОЗ)                              |   |                             |                   |                                   |                        |  |
| Травяные лекарства, употребляемые после заваривания кипятком      | ≤ 10 <sup>7</sup>   | ≤ 10 <sup>4</sup> , в сумме |                   | ≤ 10 <sup>3</sup>                 | 10                     | 1  |
|   | Не допускается в 1 г <i>Clostridia</i> и <i>Shigella</i>  |                             |                   |                                   |                        |  |
| Растительные материалы для употребления в пищу                    | ≤ 10 <sup>5</sup>   | ≤ 10 <sup>3</sup> , в сумме |                   | ≤ 10 <sup>3</sup>                 | 10                     | 1  |
|   | Не допускается в 1 г <i>Clostridium</i> и <i>Shigella</i> |                             |                   |                                   |                        |  |

Таблица 3

Распределение образцов нефасованного чая по уровням загрязненности плесневыми грибами, полученное при микологическом анализе

| Регион происхождения    | Число образцов | Содержание плесеней, КОЕ/г |                   | В том числе в диапазоне, КОЕ/г (число образцов) |          |           |            |
|-------------------------|----------------|----------------------------|-------------------|---|----------|-----------|------------|
|                         |                | среднее                    | пределы колебаний | до 500  | 500–1000 | 1000–5000 | более 5000 |
| Черный чай              |                |                            |                   |   |          |           |            |
| Вьетнам                 | 5              | 56                         | 18–150            | 5   | –        | –         | –          |
| Индия                   | 5              | 1577                       | 173–5850          | 3   | –        | 1         | 1          |
| Индонезия               | 5              | 2364                       | 110–8250          | 2   | 1        | 1         | 1          |
| Кения                   | 5              | 87                         | 11–340            | 5   | –        | –         | –          |
| Шри-Ланка (Цей-<br>лон) | 5              | 609                        | 20–2750           | 4   | –        | 1         | –          |
| Китай                   | 1              | 600                        | 600               | –   | 1        | –         | –          |
| Зеленый чай             |                |                            |                   |   |          |           |            |
| Китай                   | 4              | 201                        | 28–710            | 3   | 1        | –         | –          |
| В сумме, абс.           | 30             | –                          | –                 | 22  | 3        | 3         | 2          |
| %                       | 100            | –                          | –                 | 73,3  | 10       | 10        | 6,7        |

Микологический посев проводили по ГОСТ 10444.12-2013, для таксономической идентификации использовали определители микроскопических грибов [27–29], количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов определяли по ГОСТ 10444.15-94<sup>3</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** Безопасность пищевой продукции для потребителей обеспечивается соблюдением установленных нормативов, а по мере накопления данных о новых факторах опасности и риска или при снижении существующих уровней опасности – их актуализацией. Исследование микробной загрязненности чая и чайной продукции проводили в отношении плесневых грибов, а также бактерий, количество которых в продукции характеризует гигиеническую чистоту производства.

**Определение загрязненности образцов чая плесневыми грибами.** Результаты исследования загрязненности нефасованного чая (*Camellia sp.*) плесневыми грибами по регионам происхождения в 30 образцах представлены в табл. 3.

Как видим, уровни содержания плесневых грибов в исследованных образцах нефасованного чая колебались от 11 до 8250 КОЕ/г в черном и от 28 до 710 КОЕ/г в зеленом чае. Отклонения от норматива были выявлены в 5 (16,7 %) из 26 образцов черного чая. При сопоставлении с регионами происхождения все исследованные образцы чаев из Вьетнама, Кении и Китая, а также четыре образца из Шри-Ланки;

по три из Индонезии и Индии соответствовали установленному показателю, в то же время в образцах из Индии и Индонезии (по два из пяти) и Шри-Ланки (один из пяти) было зафиксировано превышение установленного норматива. Таким образом, основная часть образцов – 83,3 % нефасованного чая (*Camellia sp.*) – отвечала установленному нормативу, и количество плесневых грибов не превышало 10<sup>3</sup> КОЕ/г.

При сопоставлении количества плесеней в образцах, охарактеризованных по фракционному составу чаинок в соответствии с ГОСТ ISO 11286-2014, ГОСТ 32573-2013, ГОСТ 32574-2013<sup>4</sup>, средние данные распределились следующим образом: в крупнолистовых чаях (12 образцов) – 1,6 · 10<sup>2</sup> КОЕ/г, в среднелистовых (8 образцов) – 8,8 · 10<sup>2</sup> КОЕ/г и в мелколистовых (в том числе высевок и чайная пыль) (10 образцов) – 1,7 · 10<sup>3</sup> КОЕ/г, из чего следует, что наиболее загрязненной, с превышением допустимого уровня, оказалась фракция мелколистового чая (в том числе высевок и чайная пыль), используемая для производства гранулированного и паке-тированного чая.

При оценке видового состава плесневых грибов в посевах чая выявлен доминирующий вид – *Aspergillus niger*, что в общем характерно для традиционного чая (*Camellia sp.*) [24].

В образцах фасованного чая результаты микологического посева показали следующее распределение (табл. 4).

<sup>3</sup> ГОСТ 10444.12-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200107308> (дата обращения: 08.12.2018); ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200022648> (дата обращения: 08.12.2018).

<sup>4</sup> ГОСТ ISO 11286-2014. Чай. Классификация по размеру чаинок с помощью гранулометрического анализа [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200112667> (дата обращения: 08.12.2018); ГОСТ 32573-2013. Чай черный. Технические условия [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200109613> (дата обращения: 17.11.2018); ГОСТ 32574-2013. Чай зеленый. Технические условия [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200109881> (дата обращения: 14.11.2018).

Таблица 4

Распределение образцов фасованного чая по уровням загрязненности плесневыми грибами, полученное при микологическом анализе

| Вид фасованного чая             | Число образцов | Содержание плесеней, КОЕ/г |                   | В том числе в диапазоне, КОЕ/г (число образцов) |          |           |        |
|---------------------------------|----------------|----------------------------|-------------------|---|----------|-----------|--------|
|                                 |                | среднее                    | пределы колебаний | < 500   | 500–1000 | 1000–5000 | > 5000 |
| Традиционный (черный и зеленый) | 3              | $8,6 \cdot 10^2$           | 180–2200          | 2   | 1        | –         | –      |
| С добавками (черный)            | 3              | $3 \cdot 10^2$             | < 5–900           | 2   | 1        | –         | –      |
| Травяной                        | 18             | $9,7 \cdot 10^4$           | < 5– $10^6$       | 7   | 1        | –         | 10     |

Таблица 5

Распределение образцов нефасованного чая по уровням бактериальной загрязненности, полученное при микробиологическом анализе

| Регион        | Число образцов | КМАФАнМ, КОЕ/г |                                    | В том числе в диапазоне, КОЕ/г (число образцов) |                                |                                |                 |
|---------------|----------------|----------------|------------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|
|               |                | среднее        | пределы колебаний                  | $<5 \cdot 10^2$                                 | $>5 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^3$ | $>5 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^5$ | $>5 \cdot 10^5$ |
| Черный чай    |                |                |                                    |   |                                |                                |                 |
| Вьетнам       | 5              | 470            | $<1,5 \cdot 10^2 - 1,3 \cdot 10^3$ | 4   | 1                              | —                              | —               |
| Индия         | 5              | 232            | $<1,5 \cdot 10^2 - 8 \cdot 10^2$   | 4   | 1                              | —                              | —               |
| Индонезия     | 5              | 13             | $<1,5 \cdot 10^2$                  | 5   | —                              | —                              | —               |
| Кения         | 5              | 1530           | $2 \cdot 10^2 - 3,3 \cdot 10^3$    | 2   | 3                              | —                              | —               |
| Шри-Ланка     | 5              | 1365           | $<1,5 \cdot 10^2 - 6,7 \cdot 10^3$ | 4   | —                              | 1                              | —               |
| Китай         | 1              | 600            | 600                                | —   | 1                              | —                              | —               |
| Зеленый чай   |                |                |                                    |   |                                |                                |                 |
| Китай         | 4              | 98             | $<1,5 \cdot 10^2 - 2,5 \cdot 10^2$ | 4   | —                              | —                              | —               |
| В сумме, абс. | 30             | —              | —                                  | 24  | 5                              | 1                              | 0               |
| %             | 100            | —              | —                                  | 76,7  | 20                             | 3,3                            | 0               |

Таблица 6

Распределение образцов фасованного чая по уровням бактериальной загрязненности, полученное при микробиологическом анализе

| Вид фасованного чая | Число образцов | КМАФАнМ, КОЕ/г   |                                       | В том числе в диапазоне, КОЕ/г (число образцов) |                                   |                                   |                  |
|---------------------|----------------|------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------|
|                     |                | среднее          | пределы колебаний                     | < $5 \cdot 10^2$                                | > $5 \cdot 10^2$ – $5 \cdot 10^3$ | > $5 \cdot 10^3$ – $5 \cdot 10^5$ | > $5 \cdot 10^5$ |
| Традиционный        | 3              | 77               | < $1,5 \cdot 10^2$ – $1,8 \cdot 10^2$ | 3   | –                                 | –                                 | –                |
| С добавками         | 3              | $1,6 \cdot 10^4$ | < $1,5 \cdot 10^2$ – $5 \cdot 10^4$   | 2   | –                                 | 1                                 | –                |
| Травяной            | 18             | $1,3 \cdot 10^7$ | $4,7 \cdot 10^3$ – $2 \cdot 10^8$     | –   | 1                                 | 4                                 | 13               |

Все исследованные образцы фасованного традиционного чая (*Camellia sp.*), в том числе чая с добавками, соответствовали микробиологическому нормативу – количество плесеней не превышало  $10^3$  КОЕ/г. Среди травяных чаев только 8 (44,4 %) из 18 отвечали установленному требованию, в остальных 10 образцах количество плесеней превышало  $5 \cdot 10^3$  и доходило до  $10^6$  КОЕ/г. При этом видовая идентификация во всех образцах травяного чая показала присутствие грибов более чем из пяти родов, включая *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Cladosporium sp.* и др., отдельные виды которых являются токсинпродуцирующими. Следует отметить, что такое разнообразие характерно для микофлоры дикорастущих луговых трав [29]. Результаты проведенного нами предварительного анализа токсинообразования в условиях *in vitro* плесневых контаминантов, выделенных из некоторых исследованных образцов травяных чаев, показали их способность к синтезу фу-

монизина В<sub>2</sub>. Обнаружение фумонизина В<sub>1</sub> в травяных чаях и лекарственных растениях отмечалось в Турции [30]. Расширенные результаты по токсинообразованию выделенных штаммов грибов будут получены в последующих исследованиях.

**Определение бактериальной загрязненности чая.** В природных ареалах антагонистами плесневых грибов являются спорообразующие бактерии, и их соотношение может определять микробную загрязненность растительного сырья. При микологическом анализе травяных чаев был обнаружен активный рост бактерий, несмотря на содержание антибиотика в питательной среде при микологическом анализе. Для оценки гигиенического состояния различных видов чая анализировали их бактериальную загрязненность, полученные результаты для нефасованного чая представлены в табл. 5, для фасованного – в табл. 6.

В основной части образцов традиционного нефасованного чая – в 29 (96,7 %) образцах из 30, как черного, так и зеленого, – общее количество бакте-

рий было в диапазоне от  $<1,5 \cdot 10^2$  до  $5 \cdot 10^3$  КОЕ/г и лишь в одном (3,3 %) образце из Шри-Ланки достигало  $6,7 \cdot 10^3$  КОЕ/г.

Как видим, почти во всех исследованных образцах фасованного традиционного чая (*Camellia sp.*) – в 5 из 6 (83,3 %), в том числе в двух образцах чая с добавками – количество бактерий было низким и не превышало  $5 \cdot 10^2$  КОЕ/г, за исключением одного образца чая с добавками, где составило  $5 \cdot 10^4$  КОЕ/г.

Среди травяных чаев только в 5 образцах из 18 (27,8 %) общее количество бактерий было в диапазоне  $5 \cdot 10^2$  –  $5 \cdot 10^5$  КОЕ/г, в подавляющем же большинстве, в 13 из 18 (72,2 %), было выявлено превышение уровня  $5 \cdot 10^5$  КОЕ/г, оно даже достигало  $2 \cdot 10^8$  КОЕ/г (листья кипрея ферментированные). Обращает на себя внимание, что не соответствующими микробиологическому нормативу по плесеням – «грязными» – в этой же группе чая были 10 образцов (55,5 %), а из восьми «чистых» в четырех содержание бактерий варьировалось от  $7 \cdot 10^5$  до  $2 \cdot 10^8$  КОЕ/г. Также отмечено, что в пяти образцах травяных чаев, содержащих листья кипрея ферментированные, обнаружена повышенная бактериальная контаминация – в среднем  $4 \cdot 10^7$  КОЕ/г, что, по-видимому, обусловлено условиями ферментации, благоприятными для развития спорообразующих бактерий, которые вследствие антагонистической активности способны подавлять плесневые грибы.

Полученные результаты свидетельствуют, что установленный ТР ТС 021/2011 микробиологический норматив для чая не обеспечивает бактериальной чистоты травяных чаев, а общее количество обнаруживаемых бактерий превышает нормативы, установленные для продукции, содержащей растительное сырье (см. табл. 1), а также нормативы для общего количества бактерий, рекомендованные ВОЗ и ассоциациями ТНПЕ, АНРА (см. табл. 2).

Бактериальная контаминация во всех исследованных образцах чая, обуславливающая высокие уровни, была вызвана спорообразующими бактериями *Bacillus sp.*

**Определение микробной загрязненности чая после термической обработки.** Для оценки безопасности чая в готовом к употреблению виде представляет важность исследование воздействия термической обработки чая в процессе заваривания на микробную загрязненность плесневыми грибами и бактериями. Для этого шесть образцов чая с разными уровнями микробной контаминации (по три из групп традиционного нефасованного и травяного чая), заливали кипятком (в соотношении 10 г чая и 90 мл воды), выдерживали 10 минут, что соответствовало условиям заваривания чая, после охлаждали и проводили посев настоя, результаты в пересчете на сухой чай представлены в табл. 7.

Как следует из полученных результатов, термическая обработка значительно снижает количество плесеней во всех образцах чая с исходного уровня  $>10^2$  –  $10^6$  КОЕ/г до уровня чувствительности

Таблица 7

Результаты сравнительного анализа содержания плесневых грибов и бактерий в посевах до и после термической обработки образцов традиционного и травяного чаев

| Образец                                | Плесневые грибы, КОЕ/г |                   | КМАФАнМ, КОЕ/г     |                    |
|--|------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
|  | исходный чай           | после заваривания | исходный чай       | после заваривания  |
| <i>Традиционный (нефасованный) чай</i> |                        |                   |                    |                    |
| 1                                      | $5,8 \cdot 10^3$       | $< 5$             | $8 \cdot 10^2$     | $< 1,5 \cdot 10^2$ |
| 2                                      | $8,2 \cdot 10^3$       | 20                | $< 1,5 \cdot 10^2$ | $< 1,5 \cdot 10^2$ |
| 3                                      | $6 \cdot 10^2$         | $< 5$             | $1,3 \cdot 10^3$   | $< 1,5 \cdot 10^2$ |
| <i>Травяной (фасованный) чай</i>       |                        |                   |                    |                    |
| 4                                      | Менее 5                | $< 5$             | $2 \cdot 10^8$     | $6,1 \cdot 10^4$   |
| 5                                      | $10^6$                 | $< 5$             | $5 \cdot 10^6$     | $2,7 \cdot 10^5$   |
| 6                                      | $2,2 \cdot 10^4$       | $< 5$             | $9 \cdot 10^6$     | $4 \cdot 10^6$     |

метода –  $< 5$  КОЕ/г. Однако такого снижения не наблюдалось в отношении бактерий: во всех трех образцах традиционного чая их количество снизилось независимо от исходного до уровня чувствительности метода – менее  $1,5 \cdot 10^2$  КОЕ/г, в то время как в травяных чаях наибольшее снижение – более чем в 3000 раз – было в образце № 4, в 18 раз – в образце № 5, и лишь в 2,25 раза – в образце № 6, причем конечный уровень во всех образцах остался достаточно высоким – от  $6,1 \cdot 10^4$  до  $4 \cdot 10^6$  КОЕ/г (в пересчете на сухой чай). Различия в степени ингибирования при термообработке, по-видимому, обусловлены превалированием спорных – термоустойчивых – форм бактерий над вегетативными.

**Выводы.** Анализ микробиологического состояния различных видов чая (*Camellia sp.*): черного и зеленого (нефасованного и фасованного), в том числе чая с добавками, в большинстве образцов показал соответствие установленному в ТР ТС 021/2011 микробиологическому нормативу – в 83,3 % образцов нефасованного чая (полуфабрикат) количество плесеней не превышало нормы. Все образцы фасованного чая, в том числе с добавками, содержали менее  $10^3$  КОЕ/г. Выявлены различия в количестве плесеней в образцах с разным фракционным составом чая (в среднем КОЕ/г): в крупнолистовых и среднелистовых – менее  $10^3$ , в мелколистовых (включая фракцию чайной пыли) –  $1,7 \cdot 10^3$ . Доминирующим видом плесневых грибов в чае (*Camellia sp.*) был *Aspergillus niger*. После заваривания традиционного чая (*Camellia sp.*) количество плесеней и бактерий в готовом напитке снижалось с исходного  $10^{2-3}$  КОЕ/г до уровня ниже чувствительности метода, что дополнительно повышает безопасность чая при употреблении. Сопоставление нормативов на чай в странах Таможенного союза с нормативами, рекомендованными для чая (*C. sinensis*) ассоциацией ТНПЕ, показывает более строгие требования к содержанию плесеней в ТР ТС 021/2011, но при этом комплекс микробиологических

показателей в ТНПЕ включает еще четыре группы микроорганизмов.

Среди травяных чаев зафиксирована наибольшая частота обнаружения высоких уровней микробного загрязнения как по содержанию плесневых грибов, так и по содержанию бактерий. В 55,5 % образцов количество плесневых грибов было более  $10^{4-6}$  КОЕ/г, что превышало микробиологический норматив, а в 72,2 % общее количество бактерий было выше  $10^{5-8}$  КОЕ/г. Причем в 62,5 % образцов травяных чаев, удовлетворяющих установленному нормативу по содержанию плесеней, количество бактерий превышало  $5 \cdot 10^5$  КОЕ/г. После заваривания травяных чаев содержание плесеней снижалось с исходного  $10^{4-6}$  КОЕ/г до уровня ниже чувствительности метода, а количество бактерий с более  $10^{6-8}$  КОЕ/г до более  $10^{4-6}$  КОЕ/г, оставаясь при этом на высоком уровне, то есть заваривание не обеспечивает микробиологической безопасности травяного чая, в отличие от традиционного (*Camellia sp.*).

Полученные результаты гигиенического состояния травяных чаев наглядно показывают, что применение к травяным чаям существующего микробиологического норматива для чая не обеспечивает их бактериальной чистоты. Высокое содержание бактерий – до  $2 \cdot 10^8$  КОЕ/г – превышает как показатель КМАФАнМ, в нормативах, установленных в ТР ТС 021/2011, для всех видов продукции, включающих травяное сырье (см. табл. 1), так и количество бактерий, рекомендованное ВОЗ и ассоциациями ТНПЕ и АНРА (см. табл. 2). С целью повышения

безопасности для потребителей целесообразно ввести уточнения для показателя «Чай», заменив на «Чай (*Camellia sp.*)», выделить «Травяной чай» в отдельный вид пищевого продукта, отличный от «Чай (*Camellia sp.*)», и конкретизировать группу продукции, к которой он может быть отнесен, с учетом расширения нормируемых показателей.

Выявленное в травяных чаях большое разнообразие микроскопических грибов: *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Cladosporium sp.*, отдельные виды которых являются токсинпродуцирующими, позволяет предположить присутствие микотоксинов, синтезируемых этими видами. Для получения наиболее полной характеристики образцов чая необходим анализ на наличие в них микотоксинов, проводимый методом мультidetекции с расширенным спектром микотоксинов, в том числе эмерджентных. При оценке безопасности чая и чайной продукции целесообразно учитывать весь комплекс данных по микробиологическим и микотоксикологическим исследованиям.

**Финансирование.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-16-00077) «Эмерджентные микотоксины в пищевых продуктах растительного происхождения: разработка методов анализа, изучение контаминации, видовая характеристика микромицетов-продуцентов, разработка гигиенических нормативов».

**Конфликт интересов.** Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Bennet J.W., Klich M. Mycotoxins // Clin. Microbiol. Rev. – 2003. – Vol. 16. – P. 497–516.
2. COMMISSION REGULATION (EC) No 1881/2006 of 19.12.2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs // OJ. – 20.12.2006. – L 364. – P. 5.
3. COMMISSION REGULATION (EU) No 165/2010 of 26.02.2010 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins // OJ. – 27.02.2010. – L 50. – P. 8.
4. Commission Regulation (EU) No 1058/2012 of 12.11.2012 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for aflatoxins in dried figs Text with EEA relevance // OJ. – 13.11.2012. – L 313. – P. 14–15.
5. Commission Regulation (EU) No 105/2010 of 05.02.2010 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards ochratoxin A. // OJ. – 2010. – L 35. – P. 7.
6. Commission Regulation (EU) 2015/1137 of 13.07.2015 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards the maximum level of Ochratoxin A in Capsicum spp. spices (Text with EEA relevance) // OJ. – 14.7.2015. – L 185. – P. 11–12.
7. Commission Recommendation 2013/165/EU of 27.03.2013 on the presence of T-2 and HT-2 toxin in cereals and cereal products Text with EEA relevance // OJ. – 03.04.2013. – L 91. – P. 12–15.
8. Commission Regulation (EC) No 1126/2007 of 28.09.2007 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards Fusarium toxins in maize and maize products (Text with EEA relevance) // OJ. – 29.09.2007. – L 255. – P. 14–17.
9. Sedova I., Kiseleva M., Tutelyan V. Mycotoxins in Tea: Occurrence, Methods of Determination and Risk Evaluation // Toxins. – 2018. – Vol. 10. – P. 444. DOI: 10.3390/toxins10110444
10. A Review of Current Methods for Analysis of Mycotoxins in Herbal Medicines / L. Zhang, X.-W. Dou, C. Zhang, A.F. Logrieco, M.-H. Yang // Toxins. – 2018. – Vol. 10. – P. 65.
11. Jestoi M. Emerging fusarium-mycotoxins fusaproliferin, beauvericin, enniatins, and moniliformin: a review // Crit. Rev. Food. Sci. Nutr. – 2008. – Vol. 48, № 1. – P. 21–49. DOI: 10.1080/10408390601062021
12. Co-Occurrence of Regulated, Masked and Emerging Mycotoxins and Secondary Metabolites in Finished Feed and Maize – An Extensive Survey / P. Kovalsky, G. Kos, K. Nahrer [et al.] // Toxins. – 2016. – Vol. 8, № 12. – P. 363. DOI: 10.3390/toxins8120363
13. Wu F., Groopman J.D., Pestka J.J. Public health impacts of foodborne mycotoxins // Annu. Rev. Food Sci. Technol. – 2014. – № 5. – P. 351–372.

14. Мартинчик А.Н., Батурин А.К., Мартинчик А.Э. Потребление чая и кофе населением России // Вопросы питания. – 2005. – № 3. – С. 42–46. – (Гигиена питания).
15. Маркетинговое исследование потребителей чая. Агентство маркетинговых исследований FDFgroup. [Электронный ресурс]. – URL: <http://fdfgroup.ru/poleznaya-informatsiya/gotovye-issledovaniya/marketingovoe-issledovanie-potrebitelchaya/> (дата обращения: 14.11.2018).
16. Чайный рынок России: новые возможности в условиях New Normal. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.retail-loyalty.org/journal\\_retail\\_loyalty/read\\_online/art197823/](https://www.retail-loyalty.org/journal_retail_loyalty/read_online/art197823/) (дата обращения: 14.11.2018).
17. The Aspergillus Website [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.aspergillus.org.uk/metabolites?title=aflatoxin&field\\_trivial\\_name\\_value=&field\\_molecular\\_weight\\_value=&field\\_produced\\_by\\_value=](https://www.aspergillus.org.uk/metabolites?title=aflatoxin&field_trivial_name_value=&field_molecular_weight_value=&field_produced_by_value=) (дата обращения: 14.11.2018).
18. Tea & Herbal Infusions Europe (THIE). Compendium of Guidelines for Tea (*Camellia sinensis*) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.thie-online.eu/fileadmin/inhalte/Publications/Tea/2018-08-20\\_Compendium\\_of\\_Guidelines\\_for\\_Tea\\_ISSUE\\_5.pdf](http://www.thie-online.eu/fileadmin/inhalte/Publications/Tea/2018-08-20_Compendium_of_Guidelines_for_Tea_ISSUE_5.pdf) (дата обращения: 14.11.2018).
19. Tea & Herbal Infusions Europe (THIE). Compendium of Guidelines for Herbal and Fruit Infusions [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.thie-online.eu/fileadmin/inhalte/Publications/HFI/2018/2018-07-17\\_Compendium\\_of\\_Guidelines\\_for\\_Herbal\\_Infusions\\_-\\_ISSUE\\_6.pdf](http://www.thie-online.eu/fileadmin/inhalte/Publications/HFI/2018/2018-07-17_Compendium_of_Guidelines_for_Herbal_Infusions_-_ISSUE_6.pdf) (дата обращения: 14.11.2018).
20. American Herbal Product Association (AHPA). Recommended microbial limits for botanical ingredients (in colony-forming units (CFU) /g). – 2016 [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.ahpa.org/Portals/0/PDFs/Politics/14\\_0206\\_AHPA\\_micro\\_limits\\_comparisons.pdf](http://www.ahpa.org/Portals/0/PDFs/Politics/14_0206_AHPA_micro_limits_comparisons.pdf) (дата обращения: 14.11.2018).
21. WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues. 1. Medicine, Herbal – standards. 2. Quality control. 3. Drug contamination. 4. Chemistry, Analytical. 5. Guidelines. I. World Health Organization. – 118 p. [Электронный ресурс]. – URL: <http://apps.who.int/medicinedocs/documents/s14878e/s14878e.pdf> (дата обращения: 14.11.2018).
22. The Microbiome and Metabolites in Fermented Pu-erh Tea as Revealed by High-Throughput Sequencing and Quantitative Multiplex Metabolite Analysis / Y. Zhang, I. Skaar, M. Sulyok, X. Liu, M. Rao, J.W. Taylor // PLoS ONE. – 2016. – № 11. – P. e0157847.
23. Identification and quantification of fungi and mycotoxins from Pu-erh tea / D. Haas, B. Pfeifer, C. Reiterich, R. Partenheimer, B. Reck, W. Buzina // Int. J. Food Microbiol. – 2013. – Vol. 166. – P. 316–322.
24. Comparative assessment of the quality of commercial black and green tea using microbiology analyses / F. Carraturo, O. De Castro, J. Troisi, A. De Luca, A. Masucci, P. Cennamo, M. Trifuoggi, F. Aliberti, M. Guida // BMC Microbiol. – 2018. – Vol. 18. – P. 4.
25. CCP 18/INF/13 (CCP: TE 18/Report). Доклад о работе двадцать третьей сессии Межправительственной группы по чаю (Ханчжоу, Китайская Народная Республика, 17–20 мая 2018 года) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/bodies/CCP\\_72/CCP72\\_INF/MX217\\_INF\\_13/MX217\\_CCP\\_18\\_INF\\_13\\_ru.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/bodies/CCP_72/CCP72_INF/MX217_INF_13/MX217_CCP_18_INF_13_ru.pdf) (дата обращения: 14.11.2018).
26. Билай В.И., Курбацкая З.А. Определитель токсинообразующих микромицетов. – Киев: Наук. думка, 1990. – 236 с.
27. Саттон Д.А. Фотергилл А.В., Ринальди М.Г. Определитель патогенных и условно патогенных грибов / пер. с англ. К.Л. Тарасова и Ю.Н. Ковалева; под ред. И.Р. Дорожкиной. – М.: Мир, 2001. – Т. XVI. – 468 с.
28. Исаева В.С., Раттель Н.Н., Волкова Т.Н. Краткий атлас посторонних микроорганизмов в пивоваренном производстве. – М., 1997. – 95 с.
29. Буркин А.А., Кононенко Г.П. Контаминация микотоксинами луговых трав в европейской части России // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50, № 4. – С. 503–512. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.4.503rus
30. Omurtag G.Z., Yazicioğlu D. Determination of fumonisins B1 and B2 in herbal tea and medicinal plants in Turkey by high-performance liquid chromatography // J. Food Prot. – 2004. – Vol. 67, № 8. – P. 1782–1786.

*Изучение загрязненности чая и чайных травяных напитков плесневыми грибами – потенциальными продуцентами микотоксинов – первый шаг к оценке риска (сообщение 1) / Минаева Л.П., Алешкина А.И., Маркова Ю.М., Полянина А.С., Пичугина Т.В., Быкова И.Б., Стеценко В.В., Ефимочкина Н.Р., Шевелева С.А. // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 1. – С. 93–102. DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.10*



**STUDYING THE CONTAMINATION OF TEA AND HERBAL INFUSIONS  
WITH MOLD FUNGI AS POTENTIAL MYCOTOXIN PRODUCERS:  
THE FIRST STEP TO RISK ASSESSMENT (MESSAGE 1)****L.P. Minaeva, A.I. Aleshkina, Y.M. Markova, A.S. Polyanina, T.V. Pichugina,  
I.B. Bykova, V.V. Stetsenko, N.R. Efimochkina, S.A. Sheveleva**Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 Ust`inskiy pr., Moscow, 109240,  
Russian Federation

*We analyzed microbe contamination of 54 tea samples (Camellia sp.), black and green one, including those with various additives, and tea infusions, including herbal ones. Tea that was not packed (semi-finished product) came from the following regions: India, Indonesia, Sri-Lanka, Vietnam, Kenya, China; packed tea was bought in retail outlets in the RF. Overall, 83.3 % samples of unpacked tea conformed to microbiological standards as per mold fungi; 16.7 % samples that didn't conform to them contained mold fungi in quantities equal to  $1.3\text{--}8.2 \cdot 10^3$  CFU/g. We detected discrepancies in quantities of mold fungi in samples with different fraction structure of tea (in average CFU/g): large-leaved tea contained  $2.3 \cdot 10^2$  CFU/g; middle-leaved,  $7.4 \cdot 10^2$ ; small-leaved (including tea dust),  $1.7 \cdot 10^3$ . All packed tea samples (Camellia sp.), including those with additives, conformed to the requirements fixed by the existing standards. Aspergillus niger mold fungi prevailed in examined tea (Camellia sp.). We revealed substantial microbe contamination in herbal teas; 55 % samples didn't conform to the existing standards and contained more than  $10^{4-6}$  CFU/g of mold fungi. Besides, 72.2 % of these samples contained more than  $10^{5-8}$  CFU/g of bacteria; 62.5 % samples of herbal teas that conformed to the standards were contaminated with great quantities of bacteria equal to  $8 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^8$  CFU/g. We detected Aspergillus, Penicillium, Alternaria, Fusarium in herbal teas microflora; they were producers of hazardous mycotoxins, including emergent ones, and it could potentially cause contamination of herbal teas with mycotoxins. These data will be applied in future to identify hazards caused by mycotoxic fungi in tea and tea infusions as well as to update existing standards.*

**Key words:** tea, Camellia sp., herbal tea, mold fungi, producers of mycotoxins, producers of emergent mycotoxins, mycotoxins, microbe contamination, bacteria.

**References**

1. Bennet, J.W.; Klich, M. Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, 2003, no. 16, pp. 497–516 [CrossRef].
2. COMMISSION REGULATION (EC) No 1881/2006 of 19.12.2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *OJ*, L 364, 20.12.2006, 5 p.
3. COMMISSION REGULATION (EU) No 165/2010 of 26.02.2010 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins. *OJ*, 27.2.2010, L 50, 8 p.
4. Commission Regulation (EU) No 1058/2012 of 12.11.2012 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for aflatoxins in dried figs Text with EEA relevance. *OJ*, 13.11.2012, L 313, pp. 14–15.

© Minaeva L.P., Aleshkina A.I., Markova Y.M., Polyanina A.S., Pichugina T.V., Bykova I.B., Stetsenko V.V., Efimochkina N.R., Sheveleva S.A., 2019

**Liudmila P. Minaeva** – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Laboratory for biological safety and nutrimicrobiom analysis (e-mail: liuminaeva-ion@mail.ru; tel. 8 (495) 698-53-83; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1853-5735>).

**Anastasiya I. Aleshkina** – Junior research worker at the Laboratory of biological safety and nutrimicrobiom analysis (e-mail: ninecatlifes@yandex.ru; tel. 8 (495) 698-53-83; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5010-2038>).

**Yulia M. Markova** – Candidate of Biological sciences, Research worker at the Laboratory for biological safety and nutrimicrobiom analysis (e-mail: yulia.markova.ion@gmail.com; tel. 8 (495) 698-53-83; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2631-6412>).

**Anna S. Polyanina** – Research assistant at the Laboratory for biological safety and nutrimicrobiom analysis (e-mail: polyanina.anna.sergeevna@gmail.com; tel. 8 (495) 698-53-83; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2766-7716>).

**Tatiana V. Pichugina** – Candidate of Technical Sciences, Researcher at the Laboratory for biological safety and nutrimicrobiom analysis (e-mail: bbtvp@ion.ru; tel. 8 (495) 698-53-83; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4632-7119>).

**Irina B. Bykova** – Researcher at the Laboratory for biological safety and nutrimicrobiom analysis (e-mail: bikova@ion.ru; tel. 8 (495) 698-53-83; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7288-312X>).

**Valentina V. Stetsenko** – Junior researcher at the Laboratory for biological safety and nutrimicrobiom analysis (e-mail: stetsenko\_valentina1992@mail.ru; tel. 8 (495) 698-53-83; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6470-171X>).

**Natalia R. Efimochkina** – Doctor of Biological Sciences, Leading researcher at the Laboratory for biological safety and nutrimicrobiom analysis (e-mail: karlikanova@ion.ru; tel. 8 (495) 698-53-83; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9071-0326>).

**Svetlana A. Sheveleva** – Doctor of Biological Sciences, head of the Laboratory for biological safety and nutrimicrobiom analysis (e-mail: sheveleva@ion.ru; tel. 8 (495) 698-53-83; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5647-9709>).

5. COMMISSION REGULATION (EU) No 105/2010 of 05.02.2010 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards ochratoxin A. *OJ*, 2010, L 35, 7 p.
6. Commission Regulation (EU) 2015/1137 of 13.07.2015 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards the maximum level of Ochratoxin A in Capsicum spp. spices (Text with EEA relevance). *OJ*, 14.07.2015, L 185, pp. 11–12.
7. Commission Recommendation 2013/165/EU of 27.03.2013 on the presence of T-2 and HT-2 toxin in cereals and cereal products Text with EEA relevance. *OJ*, 03.04.2013, L 91, pp. 12–15.
8. Commission Regulation (EC) No 1126/2007 of 28.09.2007 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards Fusarium toxins in maize and maize products (Text with EEA relevance) *OJ*, 29.09.2007, L 255, pp. 14–17.
9. Sedova I., Kiseleva M., Tutelyan V. Mycotoxins in Tea: Occurrence, Methods of Determination and Risk Evaluation. *Toxins*, 2018, no. 10, 444 p. DOI: 10.3390/toxins10110444 [CrossRef] [PubMed] (in Russian).
10. Zhang L., Dou X.W., Zhang C., Logrieco A.F., Yang M.H. A Review of Current Methods for Analysis of Mycotoxins in Herbal Medicines. *Toxins*, 2018, no. 10, 65 p. [CrossRef] [PubMed].
11. Jestoi M. Emerging fusarium-mycotoxins fusaproliferin, beauvericin, enniatins, and moniliformin: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2008, vol. 48, no. 1, pp. 21–49. DOI: 10.1080/10408390601062021
12. Kovalsky P., Kos G., Nahrer K. [et al.]. Co-Occurrence of Regulated, Masked and Emerging Mycotoxins and Secondary Metabolites in Finished Feed and Maize – An Extensive Survey. *Toxins*, 2016, vol. 12, no. 8, 363 p. DOI: 10.3390/toxins8120363
13. Wu F., Groopman J.D., Pestka J.J. Public health impacts of foodborne mycotoxins. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2014, no. 5, pp. 351–372 [CrossRef] [PubMed].
14. Martinchik A.N., Baturin A.K., Martinchik A.E. Potrebienie chaya i kofe naseleniem Rossii [Tea and coffee consumption by the population of Russia]. *Voprosy pitaniya*, 2005, no 3, pp. 42–46 (in Russian).
15. Marketing research of tea consumers. Marketing research agency FDFgroup. Available at: <http://fdgroup.ru/poleznaya-informatsiya/gotovye-issledovaniya/marketingovoe-issledovanie-potrebitelchey-chaya/> (14.11.2018).
16. Tea market of Russia: new opportunities in conditions New Normal. Available at: [https://www.retail-loyalty.org/journal\\_retail\\_loyalty/read\\_online/art197823/](https://www.retail-loyalty.org/journal_retail_loyalty/read_online/art197823/) (14.11.2018) (in Russian).
17. The Aspergillus Website. Available at: [https://www.aspergillus.org.uk/metabolites?title=aflatoxin&field\\_trivial\\_name\\_value=&field\\_molecular\\_weight\\_value=&field\\_produced\\_by\\_value](https://www.aspergillus.org.uk/metabolites?title=aflatoxin&field_trivial_name_value=&field_molecular_weight_value=&field_produced_by_value) (14.11.2018).
18. Tea & Herbal Infusions Europe (THIE). Compendium of Guidelines for Tea (*Camellia sinensis*). Available at: [http://www.thie-online.eu/fileadmin/inhalte/Publications/Tea/2018-08-20\\_Compendium\\_of\\_Guidelines\\_for\\_Tea\\_ISSUE\\_5.pdf](http://www.thie-online.eu/fileadmin/inhalte/Publications/Tea/2018-08-20_Compendium_of_Guidelines_for_Tea_ISSUE_5.pdf) (14.11.2018).
19. Tea & Herbal Infusions Europe (THIE). Compendium of Guidelines for Herbal and Fruit Infusions. Available at: [http://www.thie-online.eu/fileadmin/inhalte/Publications/HFI/2018/2018-07-17\\_Compendium\\_of\\_Guidelines\\_for\\_Herbal\\_Infusions\\_-\\_ISSUE\\_6.pdf](http://www.thie-online.eu/fileadmin/inhalte/Publications/HFI/2018/2018-07-17_Compendium_of_Guidelines_for_Herbal_Infusions_-_ISSUE_6.pdf) (14.11.2018).
20. American Herbal Product Association (AHPA). Recommended microbial limits for botanical ingredients (in colony-forming units (CFU)/g). 2016. Available at: [http://www.ahpa.org/Portals/0/PDFs/Policies/14\\_0206\\_AHPA\\_micro\\_limits\\_comparisons.pdf](http://www.ahpa.org/Portals/0/PDFs/Policies/14_0206_AHPA_micro_limits_comparisons.pdf) (14.11.2018).
21. WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues. 1. Medicine, Herbal - standards. 2. Quality control. 3. Drug contamination. 4. Chemistry, Analytical. 5. Guidelines. I. World Health Organization, 118 p. Available at: <http://apps.who.int/medicinedocs/documents/s14878e/s14878e.pdf> (14.11.2018).
22. Zhang Y., Skaar I., Sulyok M., Liu X., Rao M., Taylor J.W. The Microbiome and Metabolites in Fermented Pu-erh Tea as Revealed by High-Throughput Sequencing and Quantitative Multiplex Metabolite Analysis. *PLoS ONE*, 2016, no. 11, e0157847 [CrossRef] [PubMed].
23. Haas D., Pfeifer B., Reiterich C., Partenheimer R., Reck B., Buzina W. Identification and quantification of fungi and mycotoxins from Pu-erh tea. *International Journal of Food Microbiology*, 2013, no. 166, pp. 316–322 [CrossRef] [PubMed].
24. Carraturo F., De Castro O., Troisi J., De Luca A., Masucci A., Cennamo P., Trifuoggi M., Aliberti F. Comparative assessment of the quality of commercial black and green tea using microbiology analyses. *BMC Microbiology*, 2018, no. 18, 4 p. [CrossRef] [PubMed].
25. CCP 18/INF/13 (CCP: TE 18/Report) Report of the Twenty-Third Session of the Intergovernmental Group on Tea (Hangzhou, the People's Republic of China, 17-20 May 2018). Available at: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/bodies/CCP\\_72/CCP72\\_INF/MX217\\_INF\\_13/MX217\\_CCP\\_18\\_INF\\_13\\_en.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/bodies/CCP_72/CCP72_INF/MX217_INF_13/MX217_CCP_18_INF_13_en.pdf) (14.11.2018) (in Russian).
26. Bilay V.I., Kurbatskaya Z.A. The manual for Identification toxin-producing micromycetes. Kiyev, Naukova dumka Publ., 1990, 236 p. (in Russian).
27. Sutton D.A., Fothergill A.W., Rinaldi M.G.; Trans. from Engl. K.L. Tarasova K.L., Kovaleva Yu.N. Edited by Dorozhkovoy I.R. Guide to Clinically Significant Fungi. Moscow, Mir Publ., 200, vol. XVI, 468 p. (in Russian).
28. Isayeva V.S., Rattel N.N., Volkova T.N. Kratkii atlas postoronnikh mikroorganizmov v pivovarennom proizvodstve [Summary Atlas of Foreign Microorganisms in the Brewing Industry]. Moscow, 1997, 95 p. (in Russian).
29. Burkin A.A., Kononenko G.P. Mycotoxin contamination of meadow grasses in European Russia. *Agricultural Biology*, 2015, vol. 50, no. 4, pp. 503–512. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.4.503eng (in Russian).
30. Omurtag G.Z., Yazicioğlu D. Determination of fumonisins B1 and B2 in herbal tea and medicinal plants in Turkey by high-performance liquid chromatography. *Journal of Food Protection*, 2004, vol. 67, no. 8, pp. 1782–1786.

Minaeva L.P., Aleshkina A.I., Markova Y.M., Polyamina A.S., Pichugina T.V., Bykova I.B., Stetsenko V.V., Efimochkina N.R., Sheveleva S.A. Studying the contamination of tea and herbal infusions with mold fungi as potential mycotoxin producers: the first step to risk assessment (message 1). *Health Risk Analysis*, 2019, no. 1, pp. 93–102. DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.10.eng

Получена: 06.12.2018

Принята: 19.01.2019

Опубликована: 30.03.2019