



Ахальцева Л.В., Юрченко В.В., Никитина Т.А., Мамонов Р.А., Водянова М.А.

Оценка безопасности пищевых азокрасителей в тесте Эймса

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью»
Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Синтетические пищевые красители (ПК) обладают рядом преимуществ по сравнению с натуральными и всё шире используются при производстве лекарств и пищевой продукции, что усиливает внимание к безопасности их применения. Оценка безопасности ПК предполагает проверку на мутагенность в тестах *in vitro* и *in vivo*.

Цель работы — определение мутагенной активности четырёх наиболее часто встречающихся в продуктах питания на отечественном рынке синтетических ПК из группы азокрасителей (ПаК).

Материалы и методы. Мутагенную активность жёлтого «солнечный закат» FCF, тартразина, понсо 4R и азорубина оценивали в преинкубационном варианте теста Эймса на тестерных штаммах *S. typhimurium* TA1535, TA100, TA98, TA97, TA102 в диапазоне доз 8–5000 мкг/ч с добавлением в микросомальную активирующую смесь рибофлавина.

Результаты. Не выявлено зависимости частоты ревертантных колоний от концентрации исследуемых красителей, а превышение среднего количества колоний на чашку в опытных вариантах над контрольным было менее двукратного, что говорит об отсутствии мутагенного эффекта изученных образцов ПаК.

Ограничение исследования. Исследование ограничено изучением мутагенности образцов пищевых азокрасителей в одном тесте, учитывающем только генные мутации у бактерий.

Заключение. Жёлтый «солнечный закат» FCF, тартразин, понсо 4R и азорубин не индуцировали генные мутации в тесте Эймса.

Ключевые слова: синтетические пищевые красители; пищевые азокрасители; мутагенность; тест Эймса

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Ахальцева Л.В., Юрченко В.В., Никитина Т.А., Мамонов Р.А., Водянова М.А. Оценка безопасности пищевых азокрасителей в тесте Эймса. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(11): 1480–1485. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-11-1480-1485> <https://elibrary.ru/regedb>

Для корреспонденции: Ахальцева Людмила Вячеславовна, e-mail: LAhalceva@cspfmba.ru

Участие авторов: Ахальцева Л.В. — поиск, анализ данных литературы, постановка экспериментов, написание статьи; Юрченко В.В. — анализ данных литературы, редактирование статьи; Никитина Т.А. — поиск источников литературы, постановка экспериментов; Мамонов Р.А. — концепция исследования, редактирование статьи; Водянова М.А. — редактирование статьи. **Все соавторы** — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания «Создание комплексной системы оценки генотоксичности пищевых добавок» ФГБУ «ЦСП» ФМБА России.

Поступила: 29.05.2025 / Поступила после доработки: 01.07.2025 / Принята к печати: 15.10.2025 / Опубликовано: 19.12.2025

Lyudmila V. Akhaltseva, Valentina V. Yurchenko, Tatyana A. Nikitina, Roman A. Mamonov,
Mariya A. Vodyanova

Assessment of the safety of food azo dyes in the Ames test

Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Synthetic food dyes (FD) have a number of advantages over natural ones and are increasingly used in the production of preparations and food products, which in turn increases attention to the issue of their safety. The safety assessment of FD includes testing for mutagenicity in “*in vitro*” and “*in vivo*” tests.

The aim of the work. To determine the mutagenic activity of the four most common synthetic FDs from the azo dyes (PaD) group in food products on the domestic market.

Materials and methods. The mutagenic activity of Sunset Yellow FCF, Tartrazine, Ponceau 4R, and Azorubine was assessed in the preincubation version of the Ames test on test strains of *S. typhimurium* TA1535, TA100, TA98, TA97, TA102 in the dose range of 8–5000 µg/plate with the addition of riboflavin to the microsomal activating mixture.

Results. No dependence of the frequency of revertant colonies on the concentration of the studied dyes was found, and the excess of the average number of colonies per dish in the experimental variants over the control was less than twofold, which indicates the absence of a mutagenic effect of the studied FaD samples.

Limitations. The study is limited to examining the mutagenicity of food azo dye samples in a single test that takes into account gene mutations in bacteria.

Conclusion. Sunset Yellow FCF, Tartrazine, Ponceau 4R, and Azorubine did not induce gene mutations in the Ames test.

Keywords: synthetic food dyes; food azo dyes; mutagenicity; Ames test

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of a conclusion of the biomedical ethics committee or other documents.

For citation: Akhaltseva L.V., Yurchenko V.V., Nikitina T.A., Mamonov R.F., Vodyanova M.A. Assessment of the safety of food azo dyes in the Ames test. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(11): 1480–1485. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-11-1480-1485> <https://elibrary.ru/regedb> (In Russ.)

For correspondence: Lyudmila V. Akhaltseva, e-mail: LAhalceva@cspfmba.ru

Contribution: Akhaltseva L.V. — search, analysis of literature data, setting up experiments, writing the article; Yurchenko V.V. — analysis of literature data, editing the article; Nikitina T.A. — search for literature sources, setting up experiments; Mamonov R.A. — research concept, editing the article; Vodyanova M.A. — editing the article. **All authors** are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The work was carried out within the framework of the state task «Complex system for assessing the genotoxicity of food additives» Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency.

Received: May 29, 2025 / Revised: July 1, 2025 / Accepted: October 15, 2025 / Published: December 19, 2025

Введение

Синтетические пищевые красители (ПК) обладают рядом преимуществ по сравнению с натуральными. Высокая стабильность окрашивания продукции, широкая палитра оттенков, низкая себестоимость способствуют их активному применению в различных областях промышленности, в том числе пищевой, косметической и фармацевтической. Основная функция ПК — повышение привлекательности продукции, а в составе лекарственных препаратов ещё и облегчение идентификации (обозначение дозировки и принадлежности к терапевтической группе). Несмотря на довольно длительное и широкое использование при производстве лекарств и пищевой продукции разрешённых синтетических ПК, появляются сообщения об их нейротоксическом, аллергенном и другом неблагоприятном воздействии на здоровье человека [1–4].

Оценка безопасности ПК включает проверку на мутагенность и генотоксичность в тестах *in vitro* и *in vivo*, комбинация которых позволяет определить три типа мутаций: генные, хромосомные и геномные [5]. Метод учёта обратных мутаций на бактериях (тест Эймса)* входит в базовую батарею тестов по изучению генотоксического потенциала веществ и является обязательным для всех пищевых добавок [5].

Цель работы — определение мутагенной активности в тесте Эймса четырёх наиболее часто встречающихся в продуктах питания на отечественном рынке синтетических ПК из группы азокрасителей (ПаК).

Материалы и методы

Исследовали образцы ПаК производства Roha Dychem PVT. LTD (Индия), соответствующие стандартам Директивы Комиссии Европейского союза 2012/231/ЕС [6]:

1. жёлтый «солнечный закат» FCF (E110) (далее ЖСЗ), чистота 90,46%;

2. тартразин (E102), чистота 88,37%;

3. понсо 4R (E124), чистота 83,11%;

4. азорубин (E122), чистота 91,41%.

Протокол теста Эймса* рекомендует при исследовании азокрасителей и диазосоединений применять альтернативные методы: в дополнение к традиционной схеме тестирования для облегчения восстановления азосвязей с высвобождением ароматических аминов использовать редуцирующую систему метаболической активации путём добавления рибофлавина (РФ) или флавинмононуклеотида (ФМН) в варианте с преинкубацией [7, 8].

ПаК растворяли в воде и стерилизовали фильтрацией через фильтры Millipore с диаметром пор 0,22 мкм. Каждый краситель исследовали в пяти концентрациях: 8; 40; 200; 1000 и 5000 мкг на чашку Петри (мкг/ч).

Способность ПаК индуцировать генные мутации оценивали в стандартном и модифицированном тесте Эймса с использованием двойной активации: в отличие от общепринятой прописи в состав микросомальной активирующей смеси (МАС) вводили 20 мМ глюкозо-6-фосфата, 2 мМ НАДН и 2 мМ РФ на 1 мл смеси [7, 8]. В варианте с метаболической активацией (СМ+) в пробирки вносили 0,5 мл МАС, 0,1 мл соответствующей концентрации красителя и 0,1 мл культуры бактерий *Salmonella typhimurium*. Смесь инкубировали 20 мин при температуре плюс 37 °С без встряхивания для снижения аэрации в смеси и усиления азовосстановления красителя [8], переносили в пробирку с 0,7%-м селективным полубогащённым агаром, перемешивали и равномерно распределяли на слой нижнего агара на чашках Петри. Учёт результатов на автоматическом счётчике колоний InterScience Scan 500 выполняли через 48 ч инкубации при температуре плюс 37 °С. Эксперименты проводили на пяти тестерных штаммах

S. typhimurium, регистрирующих мутации разного типа: TA1535 и TA100 (замена пар оснований), TA98 (сдвиг рамки считывания генетического кода, выпадение нуклеотида), TA97 (сдвиг рамки считывания генетического кода, вставка нуклеотида) и TA102 (перекрёстные сшивки). В качестве отрицательного контроля использовали дистиллированную воду (H₂O). Положительным контролем служили стандартные мутагены: азид натрия (10 мкг/ч) — для штаммов TA100 и TA1535; 2-нитрофлуарен (10 мкг/ч) — для штамма TA98; 9-аминоакридин (50 мкг/ч) — для штамма TA97, митомицин С (10 мкг/ч) — для штамма TA102. Для контроля активности МАС использовали этидий бромид (10 мкг/ч) на штамме TA98.

Мутагенный эффект учитывали при наличии статистически значимого зависящего от дозы эффекта и при увеличении среднего количества колоний ревертантов на чашку опытного варианта над контрольным в два и более раза в качестве критерия биологической значимости результатов [9]. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методами множественных сравнений Даннета и ранговой корреляции Спирмена в программе Statistica 10 for Windows (StatSoft Inc., США). Значимыми считали различия при $p \leq 0,05$.

Результаты

Результаты экспериментов модифицированного теста Эймса представлены в таблице. Количество колоний ревертантов в контроле с растворителем было в пределах колебаний спонтанного уровня для каждого штамма. Стандартные мутагены для соответствующих штаммов дали ожидаемый мутагенный ответ. Не выявлено зависимости частоты ревертантных колоний от дозы исследуемых красителей, а превышение среднего количества колоний на чашку в опытных вариантах над контрольным было менее двукратного, что говорит об отсутствии мутагенного эффекта изученных образцов ПаК. В варианте без добавления РФ эффект также отсутствовал (данные не приводятся).

Обсуждение

Азокрасители — наиболее широко распространённый класс (более 60%) синтетических красителей [10], получаемых из продуктов нефтепереработки, имеют в составе одну или несколько азогрупп, связывающих ароматические кольца, и другие функциональные группы. При попадании в организм азосоединения восстанавливаются азоредуктазами кишечной микрофлоры и, в меньшей степени, ферментами цитозольной и микросомальной фракций печени [11]. Некоторые штаммы кишечной микрофлоры способны восстанавливать азосвязи с образованием исходных ароматических аминов и новых метаболитов, которые могут обладать генотоксическим потенциалом [12, 13]. В исследовании по изучению мутагенного эффекта метаболитов тартразина и ЖСЗ после перорального введения красителей крысам экстракты фекалий проявляли воспроизводимую дозозависимую мутагенную активность на штамме TA100 *Salmonella typhimurium* [14, 15], а моча — на штамме TA98 [16] в присутствии МАС.

Для оценки мутагенного действия азосоединений в тесте Эймса в дополнение к стандартной процедуре их обрабатывают ферментами микроорганизмов в анаэробных условиях [11, 17] или моделируют процесс восстановления азосвязи под влиянием микрофлоры кишечника путём добавления рибофлавина или флавин-5'-мононуклеотида в варианте с преинкубацией [7, 8]. Ещё один вариант облегчения азовосстановления — дополнительная обработка красителей дитионитом натрия [18].

По литературным данным, оценка мутагенной активности исследуемых ПаК проводилась с применением разного количества индикаторных штаммов (от 1 до 6), в том числе редко используемых в настоящее время (TA1537, TA1538, TA92, TA94) и не входящих в стандартную панель культур, перечисленных в нормативном документе*, при максимальных

* ГОСТ 32376—2013. Межгосударственный стандарт. Методы испытания по воздействию химической продукции на организм человека. Метод оценки обратных мутаций на бактериях; 2013.

Результаты оценки мутагенной активности ПаК в тесте Эймса, среднее количество колоний ревертантов на чашку, $Me \pm SD$
Results of the evaluation of the mutagenic activity of food azo dyes in the Ames test, mean revertant colonies per plate, $Me \pm SD$

Концентрация, мкг/чашка Concentration, µg/plate	ТА98		ТА97		ТА100		ТА1535		ТА102	
	CM+ (+S9)	CM- (-S9)	CM+ (+S9)	CM- (-S9)	CM+ (+S9)	CM- (-S9)	CM+ (+S9)	CM- (-S9)	CM+ (+S9)	CM- (-S9)
<i>ПаК жёлтый «солнечный закат» / Sunset yellow FCF</i>										
8	20.7 ± 3.06	20.0 ± 3.61	124.7 ± 4.51	124.3 ± 3.21	108.0 ± 7.00	105.7 ± 9.07	13.3 ± 2.08	10.0 ± 1.00	287.3 ± 15.63	259.3 ± 24.44
40	17.7 ± 3.06	20.3 ± 2.52	127.3 ± 4.51	123.7 ± 6.81	103.3 ± 7.37	110.3 ± 6.51	12.7 ± 1.15	12.3 ± 3.79	268.3 ± 28.92	266.0 ± 19.09
200	19.3 ± 3.06	18.7 ± 2.52	118.7 ± 5.03	122.0 ± 4.58	112.7 ± 7.77	104.7 ± 5.69	12.0 ± 3.61	10.3 ± 1.53	300.7 ± 14.57	285.0 ± 14.93
1000	19.3 ± 3.51	17.7 ± 1.53	122.7 ± 2.08	127.0 ± 7.94	111.3 ± 3.06	107.7 ± 11.06	10.7 ± 2.08	12.7 ± 3.51	262.3 ± 18.01	261.7 ± 15.14
5000	20.0 ± 2.65	18.3 ± 1.53	121.3 ± 4.93	120.0 ± 5.57	106.7 ± 15.50	99.7 ± 7.57	11.0 ± 1.00	10.3 ± 0.58	267.3 ± 14.57	284.3 ± 13.32
OK	20.3 ± 4.16	22.3 ± 3.06	126.0 ± 6.24	125.7 ± 8.33	113.3 ± 4.73	100.7 ± 2.52	12.7 ± 1.53	12.3 ± 0.58	292.3 ± 19.55	267.7 ± 19.86
ПК	132.0 ± 3.61*	133.7 ± 10.21*	—	877.7 ± 56.77*	—	710.7 ± 83.24*	—	161.7 ± 8.62*	—	1008.3 ± 26.01*
<i>Тартразин / Tartrazine</i>										
8	18.0 ± 1.73	14.7 ± 3.21	124.7 ± 4.73	119.0 ± 5.57	107.0 ± 14.22	93.3 ± 8.96	9.7 ± 1.53	10.0 ± 3.00	277.3 ± 12.74	285.3 ± 5.69
40	17.7 ± 3.51	14.3 ± 2.08	122.3 ± 8.96	119.3 ± 4.16	98.0 ± 12.49	88.0 ± 14.11	12.3 ± 3.06	12.0 ± 1.00	290.0 ± 24.27	279.0 ± 34.04
200	15.7 ± 3.06	16.3 ± 2.08	125.3 ± 6.51	117.7 ± 7.64	103.7 ± 11.68	92.0 ± 12.00	12.0 ± 2.00	11.7 ± 2.52	283.3 ± 12.58	278.0 ± 14.73
1000	17.3 ± 2.52	13.3 ± 1.53	118.7 ± 4.16	112.7 ± 9.29	102.3 ± 8.96	97.3 ± 7.51	11.0 ± 2.00	9.0 ± 1.00	281.7 ± 17.39	289.3 ± 13.50
5000	17.7 ± 2.08	15.3 ± 4.04	120.7 ± 4.16	123.3 ± 3.51	109.3 ± 6.03	93.0 ± 10.15	12.7 ± 2.08	10.3 ± 2.9	291.3 ± 13.32	277.7 ± 12.90
OK	18.0 ± 3.00	15.7 ± 2.89	122.7 ± 4.93	122.3 ± 4.93	108.3 ± 10.79	99.0 ± 9.17	11.3 ± 2.08	10.0 ± 1.00	293.0 ± 11.36	282.7 ± 16.01
ПК	133.3 ± 20.55*	128.3 ± 9.29*	—	808.3 ± 78.68*	—	916.3 ± 102.24*	—	132.3 ± 10.21*	—	977.7 ± 56.50*
<i>Поиско 4R / Ponceau 4R</i>										
8	15.7 ± 1.53	17.0 ± 2.65	137.7 ± 13.05	129.3 ± 2.08	66.3 ± 13.01	64.0 ± 12.00	12.3 ± 2.52	11.7 ± 3.06	361.3 ± 81.13	306.3 ± 41.88
40	23.0 ± 2.00	19.0 ± 5.29	130.0 ± 8.72	115.7 ± 6.65	64.7 ± 8.02	67.0 ± 11.00	13.3 ± 2.08	12.7 ± 2.08	285.3 ± 48.79	338.3 ± 30.11
200	21.7 ± 1.53	20.3 ± 2.52	137.3 ± 6.11	124.7 ± 12.66	71.0 ± 14.53	68.7 ± 7.51	9.3 ± 1.53	9.7 ± 2.08	304.7 ± 48.23	306.3 ± 23.50
1000	21.7 ± 2.08	22.3 ± 3.79	125.3 ± 10.26	125.7 ± 12.74	65.7 ± 7.23	70.3 ± 8.08	13.0 ± 1.00	11.7 ± 2.08	304.3 ± 33.61	294.7 ± 25.42
5000	22.0 ± 3.61	20.5 ± 1.15	115.0 ± 10.54	119.6 ± 11.02	68.0 ± 12.12	78.3 ± 15.95	10.3 ± 1.53	9.3 ± 3.21	363.0 ± 79.08	298.0 ± 37.36
OK	17.0 ± 1.73	16.3 ± 2.08	127.7 ± 15.31	131.3 ± 9.87	112.0 ± 5.00	93.3 ± 12.42	13.7 ± 2.08	12.3 ± 2.08	357.0 ± 32.70	316.3 ± 25.89
ПК	172.7 ± 13.43*	187.0 ± 16.09*	—	921.7 ± 35.39*	—	604.67 ± 34.08*	—	195.7 ± 18.72*	—	1157.7 ± 128.1*
<i>Азорубин / Azorubine</i>										
8	17.7 ± 1.53	19.3 ± 4.04	130.7 ± 6.03	124.3 ± 6.51	95.3 ± 4.16	91.3 ± 2.52	14.0 ± 1.00	14.0 ± 1.00	247.3 ± 24.01	256.7 ± 10.44
40	20.3 ± 3.06	19.0 ± 2.65	122.7 ± 4.73	133.0 ± 7.00	102.3 ± 4.04	104.3 ± 10.69	11.7 ± 1.53	12.0 ± 2.65	227.7 ± 8.50	265.0 ± 35.34
200	21.0 ± 1.00	21.7 ± 4.16	132.7 ± 9.02	124.5 ± 2.52	96.0 ± 8.00	90.0 ± 3.00	13.7 ± 1.53	13.7 ± 1.53	221.3 ± 20.43	253.3 ± 19.86
1000	18.7 ± 3.21	20.0 ± 2.00	122.7 ± 4.73	130.3 ± 8.62	97.7 ± 11.15	99.3 ± 4.51	12.3 ± 1.53	13.3 ± 2.52	232.3 ± 25.93	233.7 ± 16.26
5000	19.0 ± 2.65	18.7 ± 2.52	130.7 ± 6.03	126.3 ± 4.51	96.7 ± 13.50	102.7 ± 8.74	11.3 ± 2.08	12.7 ± 1.15	232.0 ± 12.53	231.0 ± 12.09
OK	18.7 ± 2.08	20.0 ± 1.00	132.0 ± 7.00	127.7 ± 3.06	100.7 ± 7.09	104.3 ± 7.51	13.0 ± 2.00	14.3 ± 1.53	256.7 ± 25.97	260.7 ± 39.21
ПК	147.3 ± 19.50*	140.7 ± 6.67*	—	896.3 ± 53.58*	—	1040.7 ± 70.78*	—	129.7 ± 10.60*	—	848.7 ± 49.22*

Примечание. ОК — отрицательный контроль — дистиллированная вода; ПК — положительный контроль; * — $p \leq 0,05$.

Note: OK — negative control — distilled water; ПК — positive control; * — $p \leq 0,05$.

концентрациях от 10 до 10 000 мкг/ч, как в стандартных вариантах постановки теста Эймса (метод введения вещества на чашку, преинкубационный тест, флукуационный тест), так и с применением описанных выше альтернативных протоколов.

ЖСЗ не индуцировал генные мутации у индикаторных бактерий *Escherichia coli* WP2 *uvrA* и *S. typhimurium* в флукуационном варианте теста Эймса в концентрациях до 1000 мкг/ч [19, 20]. Не проявлял мутагенности при введении вещества на чашку в максимальных концентрациях 100–10 000 мкг/ч с МАС и без неё на штаммах *S. typhimurium* TA1535, TA1537, TA1538, TA98, TA100 [17, 18, 20–23], в том числе с преинкубацией [24–26]. Анаэробная преинкубация (16 ч, температура плюс 37 °С) не способствовала проявлению мутагенных свойств ЖСЗ в концентрации до 1000 мкг/ч [23].

Не было зарегистрировано положительного эффекта от водного раствора ЖСЗ (до 3000 мкг/ч, СМ– и СМ+) на штаммах *S. typhimurium* TA98, TA100, TA1535 и TA1537 с преинкубацией и добавлением ФМН [18] для облегчения азовосстановления. Добавление РФ в преинкубационную смесь, химическое восстановление ЖСЗ дитионитом или анаэробная преинкубация с экстрактом бактериальных ферментов слепой кишки крысы и ФМН с фракцией S9 не придавали мутагенной активности красителю при испытании на штаммах TA98 и TA100 в концентрации до 1 мкМ [26]. И только эфирные экстракты водного раствора ЖСЗ и эфирные экстракты восстановленного дитионитом натрия красителя были мутагенны в тесте Эймса на штаммах TA100 и TA98 в варианте с метаболической активацией в самых высоких концентрациях (250 мг-экв или более), что указывает на наличие низких уровней экстрагируемых эфиром мутагенных примесей [18].

Анаэробно восстановленные выделенными из кишечника человека штаммами *Clostridium* spp. метаболиты ЖСЗ в концентрациях до 200 мкг/ч, а также до 300 мкг/ч после экстракции этилацетатом не проявляли мутагенной активности при тестировании на штаммах TA98 и TA100 с экзогенной метаболической активацией или без таковой [17]. Немутагенный на штаммах *S. typhimurium* TA98, TA100 и TA102 в чашечном тесте без метаболической активации ЖСЗ (Великобритания, чистота 85%) после бактериального восстановления азокрасителя (инкубация с суспензией клеток *Enterococcus faecalis*) и добавления внеклеточных акцепторов электронов ФМН и РФ проявил генотоксичность на штамме TA102 [11].

Тартразин в тесте Эймса с использованием разного набора штаммов *S. typhimurium*, в том числе TA1535, TA100, TA98, и в различных стандартных условиях эксперимента в максимальных концентрациях 200–10 000 мкг/ч [17–20, 23–28] не проявил мутагенной активности. В тесте оценки обратных мутаций на бактериях (штаммы *S. typhimurium* и *E. coli*) с добавлением МАС не выявлено генотоксичности 21 пищевого красителя различных торговых марок с содержанием тартразина от 8,5 до 35% в концентрациях до 5000 мкг/ч [29].

При испытании тартразина в тесте Эймса на штаммах *S. typhimurium* TA98, TA100 и TA97 без метаболической активации в диапазоне концентраций 10–1000 мкг/ч наблюдали достоверное трёхкратное увеличение количества ревертантных колоний по сравнению с отрицательным контролем на штамме TA98 с токсичностью при самой высокой концентрации образца красителя [30]. Водный раствор тартразина в объёме 100 мкл/ч (концентрация красителя не указана) проявил слабую мутагенную активность в отношении штаммов *S. typhimurium* TA98 и TA100 в вариантах СМ– и СМ+ стандартного чашечного метода [31].

Раствор тартразина (Sigma-Aldrich, 85%) в концентрации 5340 мкг/ч и растворы, полученные после УФ-облучения (315–400 нм), не проявили мутагенной активности в отношении штаммов *S. typhimurium* TA98 и TA100 (СМ–, СМ+) [32]. Тем не менее негенотоксичный тартразин (Fluka) проявил мутагенные свойства в диапазоне концентраций 0,001–0,1 мМ в тесте Эймса на штаммах *S. typhimurium* TA97

и TA100 (СМ–, СМ+) и TA1538 (СМ–) [33] после воздействия видимого света (длины волн 380 и 450 нм – 10 и 90% соответственно). Увеличение времени облучения и концентрации тартразина приводило к усилению мутагенности, как и преинкубация в течение 30 мин при температуре плюс 37 °С перед облучением.

Продукты восстановления красителя после инкубации с *Clostridium* spp. в концентрациях до 200 мкг/ч и в концентрациях до 300 мкг/ч после экстракции этилацетатом не проявляли мутагенной активности на штаммах *S. typhimurium* TA98 и TA100 как в варианте с метаболической активацией, так и без неё [17].

При исследовании водного раствора тартразина и его эфирного экстракта в стандартном чашечном варианте теста Эймса до 10 000 мкг/ч, а также водного раствора в варианте с азовосстановлением ФМН и преинкубацией были получены отрицательные результаты на штаммах *S. typhimurium* TA98, TA100, TA1535 и TA1537 [18]. Только эфирные экстракты восстановленного дитионитом натрия красителя были мутагенны на штамме TA98 в варианте с метаболической активацией на самой высокой дозе.

Анаэробная преинкубация (16 ч, температура плюс 37 °С) или химическое восстановление тартразина дитионитом натрия не привели к проявлению мутагенных свойств красителя в концентрации до 1000 мкг/ч [23]. Как и в случае с ЖСЗ в работе [26], при добавлении РФ в преинкубационную смесь, химическом восстановлении тартразина дитионитом или анаэробной преинкубации с экстрактом бактериальных ферментов слепой кишки крысы и ФМН с фракцией S9 продукты трансформации красителя не были мутагенны на штаммах TA98 и TA100 в концентрации до 1 мкМ/ч.

Понсо 4R или его метаболиты в дозе 1000 мкг/ч в флукуационном варианте теста на штаммах *E. coli* WP2 *uvrA* и *S. typhimurium* TA1538 [19] при введении вещества на чашку на штаммах *S. typhimurium* TA100 и TA98 и на использованных ранее штаммах в максимальных концентрациях до 3000–5000 мкг/ч с преинкубацией [24, 25, 34] и без таковой до 10 000 мкг/ч (чистота 86,9%) [35] не проявил мутагенной активности. Модификация теста с преинкубацией без встряхивания и с добавлением ФМН [35], как и облучение раствора красителя ультрафиолетовым светом (максимальная пиковая длина волны 350 нм) при постоянном перемешивании в течение двух недель [34], не способствовали появлению мутагенных свойств понсо 4R.

При испытании водного раствора смеси ЖСЗ и понсо 4R до 100 мкл/ч выявлена высокая зависимость от дозы мутагенная активность на штаммах *S. typhimurium* TA98 и TA100 (СМ+ и СМ–) методом введения вещества на чашку [31]. Мутагенная активность водного 0,02%-го раствора понсо 4R (Roha, Индия) зафиксирована на штаммах *S. typhimurium* TA98, TA97 и TA100 в вариантах эксперимента без добавления и с добавлением МАС [36]. Зарегистрирован дозозависимый положительный эффект понсо 4R с более чем двукратным превышением числа колоний ревертантов над контролем в концентрациях 100 и 1000 мкг/ч на штамме TA100 без МАС [37].

Азорубин и его метаболиты не проявили мутагенных свойств в различных вариациях стандартной постановки теста Эймса в максимальных концентрациях 500–3000 мкг/ч [11, 19, 23, 34]. В этих же исследованиях не было продемонстрировано положительного эффекта и после предварительной азоредукции красителя с помощью дитионита натрия или анаэробной инкубации (16 ч, температура плюс 37 °С) на штаммах *S. typhimurium* TA1535, TA100, TA1537, TA1538, TA98 [23], бактериального восстановления азорубина и добавления ФМН и РФ на штаммах TA98, TA100 и TA102 [11], а также при облучении раствора красителя ультрафиолетовым светом (максимальная пиковая длина волны 350 нм) при постоянном перемешивании в течение двух недель на штаммах TA100 и TA98 в концентрации 3000 мкг/ч [34]. Однако водный раствор азорубина и его метаболиты проявляли слабую мутагенную активность в отношении штам-

мов *S. typhimurium* TA98 и TA100 в чашечном варианте теста Эймса при самой высокой концентрации 100 мкл/ч [31].

Таким образом, экспериментальных работ по оценке мутагенной активности четырёх изученных нами ПаК не так много (в основном это данные 80-х годов XX века), и результаты их не всегда сопоставимы.

Известно, что наличие определённых функциональных групп или их сочетание отвечает за мутагенность разных классов красителей [38]. Мутагенные азокрасители в основном ограничены соединениями, имеющими в своей структуре бензидиновые и п-фенилендиаминовые фрагменты, мутагенная активность которых снижается при сульфировании, карбоксилировании и дезаминировании. Сульфирование всех функциональных групп ароматических колец красителя (как в большинстве разрешённых пищевых азокрасителей) снижает потенциал красителя метаболизироваться в жирорастворимый ароматический амин и устраняет генотоксичность [38].

Исследуемые нами ПаК относятся к сульфированным моноазосоединениям, поэтому различия в результатах опытов отдельных экспериментаторов, а именно отсутствие эффекта или положительные (хоть и редкие) результаты на разных штаммах (регистрирующих мутации разного типа) и вариантах опытов (в присутствии или без добавления МАС), могут свидетельствовать о мутагенности не самого вещества или его метаболитов, а содержащихся в нем примесей, образующихся, возможно, в процессе производства, хранения или транспортировки партий красителей.

Так, показательны экспериментальные исследования в рамках одной лаборатории. Различия в кратности превышения фона между образцами синтетического красителя индиго разных компаний-производителей на штамме

S. typhimurium TA98 в варианте с метаболической активацией достигали 15 раз [39]. Следует отметить, что один из образцов красителя (чистота 92%), в дальнейшем очищенный до 99,9%, не был мутагенным. Эфирные экстракты восстановленных дитионитом натрия образцов азокрасителя «красный очаровательный» от пяти компаний-производителей различались по уровню мутагенного эффекта до 22 раз (исходные образцы азокрасителя не были мутагенны), а разные партии красителя одного производителя показали трёхкратное различие в минимальных концентрациях, вызывавших достоверный мутагенный эффект [18]. Вероятно, эти различия подразумевают наличие разных примесей или их количеств, присутствующих в испытанных партиях красителей.

Проведённое нами исследование ограничено экспериментами в одном тесте, учитывающем только генные мутации. Говорить о полном отсутствии генотоксической активности испытуемого образца можно только в совокупности с другими рекомендованными исследованиями *in vitro* и *in vivo*. Некоторые из изученных нами образцов ПаК проявили цитогенетическую активность в микроядерных тестах на клетках млекопитающих *in vitro* и *in vivo* [40–44].

Заключение

Пищевые красители тартразин, жёлтый «солнечный закат» FCF, понсо 4R и азорубин в преинкубационном варианте теста Эймса с двойной активацией в диапазоне концентраций 8–5000 мкг/ч не индуцировали генных мутаций на тестерных штаммах *Salmonella typhimurium* TA1535, TA100, TA98, TA97 и TA102 без системы двойной метаболической активации и в её присутствии.

Литература

(п.п. 1–35, 38, 39 см. References)

36. Пономарев А.В., Холодкова Е.М., Зотова И.В., Шумегар А.Р., Степchenkova E.I. Радиолитическое инактивирование мутагенности Понсо 4R в водном растворе. *Химия высоких энергий*. 2023; 57(5): 415–8. <https://doi.org/10.31857/S00231932305011X> <https://elibrary.ru/mzivsk>
37. Стрелкова Ю.Н. Определение генотоксичных и мутагенных свойств красителя Понсо 4R (e124) с помощью теста Эймса. В кн.: *Приоритеты мировой науки: новые подходы и актуальные исследования. Сборник научных трудов по материалам VI Международной научно-практической конференции*. Анапа; 2020: 68–72. <https://elibrary.ru/wufvbx>
40. Ахальцева Л.В., Юрченко В.В., Юрцева Н.А., Коняшкина М.А. Оценка генотоксичности пищевого красителя тартразина в микроядерном тесте *in vivo*. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(7): 798–801. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-798-801> <https://elibrary.ru/ouulgn>
41. Никитина Т.А., Коняшкина М.А., Ингель Ф.И., Ахальцева Л.В. Оценка генотоксического действия коммерческого образца тартразина с применением системы метаболической активации в культуре лимфоцитов человека в условиях цитокинетического блока. *Экологическая генетика*. 2023; 21(1): 45–51. <https://doi.org/10.17816/ecogen117502> <https://elibrary.ru/vadcsq>
42. Ахальцева Л.В., Юрченко В.В., Юрцева Н.А., Коняшкина М.А. Оценка генотоксичности пищевого красителя Жёлтый «солнечный закат» в микроядерном тесте *in vivo*. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(9): 1093–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1093-1097> <https://elibrary.ru/zwhjps>
43. Юрченко В.В., Ахальцева Л.В., Коняшкина М.А., Юрцева Н.А. Оценка цитогенетической активности пищевого красителя азорубина в микроядерном тесте на мышах. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(6): 580–3. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-6-580-583> <https://elibrary.ru/qhujwy>
44. Юрченко В.В., Ахальцева Л.В., Юрцева Н.А., Коняшкина М.А., Лебедев А.С. Оценка мутагенной активности пищевого красителя Понсо 4R в микроядерном тесте на мышах. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(11): 1210–4. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-11-1210-1214> <https://elibrary.ru/riwbwa>
1. De Oliveira Z.B., Silva da Costa D.V., da Silva Dos Santos A.C., da Silva Júnior A.Q., de Lima Silva A., de Santana R.C.F., et al. Synthetic colors in food: a warning for children's health. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2024; 21(6): 682. <https://doi.org/10.3390/ijerph21060682>
2. Sadighara P., Safta M., Limam I., Ghanati K., Nazari Z., Karami M., et al. Association between food additives and prevalence of allergic reactions in children: a systematic review. *Rev. Environ. Health*. 2022; 38(1): 181–6. <https://doi.org/10.1515/revheh-2021-0158>
3. Miller M.D., Steinmaus C., Golub M.S., Castorina R., Thilakartne R., Bradman A., et al. Potential impacts of synthetic food dyes on activity and attention in children: a review of the human and animal evidence. *Environ. Health*. 2022; 21(1): 45. <https://doi.org/10.1186/s12940-022-00849-9>
4. Kirkland A.E., Langan M.T., Holton K.F. Artificial food coloring affects EEG power and ADHD symptoms in college students with ADHD: a pilot study. *Nutr. Neurosci.* 2022; 25(1): 159–68. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2020.1730614>
5. EFSA panel of food additives and nutrient sources added to food (ANS). Guidance for submission for food additive evaluations. *EFSA Journal*. 2012; 10(7): 2760. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2760>
6. Commission Regulation (EU) No. 231/2012 laying down specifications for food additives listed in Annexes II and III to Regulation (EC) No. 1333/2008 of the European Parliament and of the Council. Available at: <https://data.europa.eu/eli/reg/2012/231/oj>
7. Matsushima M., Sugimura T., Nagao M., Yahagi T., Shirai A., Sawamura M. Factors modulating mutagenicity microbial tests. In: Norpoth K.H., Garner R.C., eds. *Short-Term Test Systems for Detecting Carcinogens*. Berlin-Heidelberg-New York: Springer; 1980: 273–85.
8. Prival M.J., Bell S.J., Mitchell V.D., Peiperl M.D., Vaughan V.L. Mutagenicity of benzidine and benzidine-congener dyes and selected monoazo dyes in a modified Salmonella assay. *Mutat. Res.* 1984; 136(1): 33–47. [https://doi.org/10.1016/0165-1218\(84\)90132-0](https://doi.org/10.1016/0165-1218(84)90132-0)
9. Mortelmans K., Zeiger E. The Ames Salmonella/microsome mutagenicity assay. *Mutat. Res.* 2000; 455(1–2): 29–60. [https://doi.org/10.1016/S0027-5107\(00\)00064-6](https://doi.org/10.1016/S0027-5107(00)00064-6)
10. Barciela P., Perez-Vazquez A., Prieto M.A. Azo dyes in the food industry: Features, classification, toxicity, alternatives, and regulation. *Food Chem. Toxicol.* 2023; 178: 113935. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113935>
11. Sweeney E.A., Chipman J.K., Forsythe S.J. Evidence for direct-acting oxidative genotoxicity by reduction products of azo dyes. *Environ. Health Perspect.* 1994; 102(Suppl. 6): 119–22. <https://doi.org/10.1289/ehp.94102s6119>
12. Josephy P.D., Allen-Vercos E. Reductive metabolism of azo dyes and drugs: Toxicological implications. *Food Chem. Toxicol.* 2023; 178: 113932. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113932>

Original article

13. Elder R., Vancuren S.J., Botschner A.J., Josephy P.D., Allen-Vercos E. Metabolism of azo food dyes by bacterial members of the human gut microbiome. *Anaerobe*. 2023; 83: 102783. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2023.102783>
14. Münzner R., Wever J. Mutagenic activity of the feces of rats following oral administration of tartrazine. *Arch. Toxicol.* 1987; 60(4): 328–30. <https://doi.org/10.1007/BF01234674>
15. Wever J., Münzner R., Renner H.W. Testing of sunset yellow and orange II for genotoxicity in different laboratory animal species. *Environ. Mol. Mutagen.* 1989; 13(3): 271–6. <https://doi.org/10.1002/em.2850130311>
16. Henschler D., Wild D. Mutagenic activity in rat urine after feeding with the azo dye tartrazine. *Arch. Toxicol.* 1985; 57(3): 214–5. <https://doi.org/10.1007/BF00290891>
17. Raffi F., Hall J.D., Cerniglia C.E. Mutagenicity of azo dyes used in foods, drugs and cosmetics before and after reduction by *Clostridium* species from the human intestinal tract. *Food Chem. Toxicol.* 1997; 35(9): 897–901. [https://doi.org/10.1016/s0278-6915\(97\)00060-4](https://doi.org/10.1016/s0278-6915(97)00060-4)
18. Prival M.J., Davis V.M., Peiperl H.W., Bell S.J. Evaluation of azo food dyes for mutagenicity by method using *Salmonella typhimurium*. *Mut. Res.* 1988; 206(2): 247–59. [https://doi.org/10.1016/0165-1218\(88\)90168-1](https://doi.org/10.1016/0165-1218(88)90168-1)
19. Haveland-Smith R.B., Combes R.D. Screening of food dyes for genotoxic activity. *Food Cosmet. Toxicol.* 1980; 18(3): 215–21. [https://doi.org/10.1016/0015-6264\(80\)90097-8](https://doi.org/10.1016/0015-6264(80)90097-8)
20. Chung K.T., Fulk G., Andrews A. Mutagenicity testing of some commonly used dyes. *Appl. Environ. Microbiol.* 1981; 42(4): 641–8. <https://doi.org/10.1128/aem.42.4.641-648.1981>
21. Garner R.C., Nutman C.A. Testing of some azo dyes and their reduction products for mutagenicity using *Salmonella typhimurium* TA 1538. *Mutat. Res.* 1977; 44(1): 9–19. [https://doi.org/10.1016/0027-5107\(77\)90110-5](https://doi.org/10.1016/0027-5107(77)90110-5)
22. Wever J., Münzner R., Renner H.W. Testing of sunset yellow and orange II for genotoxicity in different laboratory animal species. *Environ. Mol. Mutagen.* 1989; 13(3): 271–6. <https://doi.org/10.1002/em.2850130311>
23. Brown P.J., Roehm W.G., Brown J.R. Mutagenicity testing of certified food colors and related azo, xanthene and triphenylmethane dyes with the *Salmonella*/microsome system. *Mutat. Res.* 1978; 56(3): 249–71. [https://doi.org/10.1016/0027-5107\(78\)90192-6](https://doi.org/10.1016/0027-5107(78)90192-6)
24. Ishidate M. Jr., Sofuni T., Yoshikawa K., Hayashi M., Nohmi T., Sawada M., et al. Primary mutagenicity screening of food additives currently used in Japan. *Food Cosmet. Toxicol.* 1984; 22(8): 623–36. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(84\)90271-0](https://doi.org/10.1016/0278-6915(84)90271-0)
25. Izmirak A., Sümer S., Diril N. Mutagenicity testing of some azo dyes used as food additives. *Mikrobiyol. Bul.* 1990; 24(1): 48–56.
26. Brown J.P., Dietrich P.S. Mutagenicity of selected sulfonated azo dyes in the *Salmonella*/microsome assay: use of aerobic and anaerobic activation procedures. *Mutat. Res.* 1983; 116: 305–15. [https://doi.org/10.1016/0165-1218\(83\)90068-x](https://doi.org/10.1016/0165-1218(83)90068-x)
27. Kawachi T., Yahagi T., Kada T., Tazima Y., Ishidate M., Sasaki M., et al. Cooperative programme on short-term assays for carcinogenicity in Japan. *IARC Sci. Publ.* 1980; (27): 323–30.
28. Prival M.J., Mitchell V.D. Analysis of a method for testing azo dyes for mutagenic activity in *Salmonella typhimurium* in the presence of flavin mononucleotide and hamster liver S9. *Mutat. Res.* 1982; 97(2): 103–15. [https://doi.org/10.1016/0165-1161\(82\)90008-5](https://doi.org/10.1016/0165-1161(82)90008-5)
29. Pollastrini M.T., Barea M., Salas J. Genotoxic study of commercial dyes with tartrazine base in *S. typhimurium* his- and *E. coli* trp-. *Rev. Sanid. Hig. Publica (Madr)*. 1990; 64(3-4): 203–9.
30. Das A., Mukherjee A. Genotoxicity testing of the food colours amaranth and tartrazine. *Int. J. Hum. Genet.* 2004; 4(4): 277–80. <https://doi.org/10.1080/09723757.2004.11885906>
31. Atri R., Singh A., Mathur N., Verma A. Utilization of microbial bioassays for screening the possible toxicity in regularly used food dyes. *J. Chem. Biol. Phys. Sci.* 2014; 4(2): 1248–57.
32. Dos Santos T.C., Zocolo G.J., Morales D.A., Umbuzeiro G. de A., Zanoni M.V. Assessment of the breakdown products of solar/UV induced photolytic degradation of food dye tartrazine. *Food Chem. Toxicol.* 2014; 68: 307–15. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.03.025>
33. Merville M.P., Decuyper J., Lopez M., Piette J., Van de Vorst A. Phototoxic potentialities of tartrazine: screening tests. *Photochem. Photobiol.* 1984; 40(2): 221–6. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1984.tb04579.x>
34. Ozaki A., Kitano M., Itoh N., Kuroda K., Furusawa N., Masuda T., et al. Mutagenicity and DNA-damaging activity of decomposed products of food colours under UV irradiation. *Food Chem. Toxicol.* 1998; 36(9–10): 811–7. [https://doi.org/10.1016/s0278-6915\(98\)00039-8](https://doi.org/10.1016/s0278-6915(98)00039-8)
35. Cameron T.P., Hughes T.J., Kirby P.E., Fung V.A., Dunkel V.C. Mutagenic activity of 27 dyes and related chemicals in the salmonella/microsome and mouse lymphoma TK+/- assays. *Mutat. Res.* 1987; 189(3): 223–61. [https://doi.org/10.1016/0165-1218\(87\)90056-5](https://doi.org/10.1016/0165-1218(87)90056-5)
36. Ponomarev A.V., Kholodkova E.M., Zotova I.V., Shumega A.R., Stepchenkova E.I. Radiolytic inactivation of Ponceau 4R mutagenicity in aqueous solution. *Khimiya vysokikh energii*. 2023; 57(5): 415–8. <https://doi.org/10.31857/S00231932305011X> <https://elibrary.ru/mzivsk> (in Russian)
37. Strelkova Yu.N. Determination of genotoxic and mutagenic properties of the dye Ponceau 4R (E124) using the Ames test. In: *World Science Priorities: New Approaches and Current Research. Collection of Scientific Works Based on the Materials of the 6th International Scientific and Practical Conference [Priority mirovoi nauki: novye podkhody i aktual'nye issledovaniya. Sbornik nauchnykh trudov po materialam VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Anapa; 2020: 68–72. <https://elibrary.ru/wufvbx>
38. Opinion of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food on a request from the Commission to Review the toxicology of a number of dyes illegally present in food in the EU Question number EFSA-2005-082. *EFSA J.* 2005; 263: 1–71.
39. Jongen W.M., Ailink G.M. Enzyme-mediated mutagenicity in *Salmonella typhimurium* of contaminants of synthetic indigo products. *Food Chem. Toxicol.* 1982; 20(6): 917–20. [https://doi.org/10.1016/s0015-6264\(82\)80228-9](https://doi.org/10.1016/s0015-6264(82)80228-9)
40. Akhaltseva L.V., Yurchenko V.V., Yurtseva N.A., Konyashkina M.A. Evaluation of the genotoxicity of the food dye tartrazine in a micronucleus test *in vivo*. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(7): 798–801. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-798-801> <https://elibrary.ru/ouulgn> (in Russian)
41. Nikitina T.A., Konyashkina M.A., Ingel F.I., Akhaltseva L.V. Evaluation of the genotoxic effect of tartrazine using a metabolic activation system in human lymphocyte culture under cytotoxic block conditions. *Ekologicheskaya genetika*. 2023; 21(1): 45–51. <https://doi.org/10.17816/ecogen117502> <https://elibrary.ru/vadcqs> (in Russian)
42. Akhaltseva L.V., Yurchenko V.V., Yurtseva N.A., Konyashkina M.A. Evaluation of the genotoxicity of the food dye sunset yellow FCF in a micronucleus test *in vivo*. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(9): 1093–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1093-1097> <https://elibrary.ru/zwhjps> (in Russian)
43. Yurchenko V.V., Akhaltseva L.V., Konyashkina M.A., Yurtseva N.A. Evaluation of the cytogenetic activity of the food dye azorubine in a micronucleus test in mice. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(6): 580–3. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-6-580-583> <https://elibrary.ru/qhuwiy> (in Russian)
44. Yurchenko V.V., Akhaltseva L.V., Yurtseva N.A., Konyashkina M.A., Lebedev A.S. Evaluation of mutagenic activity of the food dye ponceau 4r in a micronucleus test in mice. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(11): 1210–4. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-11-1210-1214> <https://elibrary.ru/riwbwa> (in Russian)

Сведения об авторах

Ахальцева Людмила Вячеславовна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отд. профилактической токсикологии и медико-биологических исследований ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: LAhalceva@cspfmbaru

Юрченко Валентина Васильевна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. отд. профилактической токсикологии и медико-биологических исследований ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: VYurchenko@cspfmbaru

Никитина Татьяна Александровна, биолог отд. профилактической токсикологии и медико-биологических исследований ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: TNikitina@cspfmbaru

Мамонов Роман Александрович, канд. мед. наук, начальник отд. профилактической токсикологии и медико-биологических исследований ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: RMamonov@cspfmbaru

Водянова Мария Александровна, канд. биол. наук, учёный секретарь ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: MVodyanova@cspfmbaru

Information about the authors

Lyudmila V. Akhaltseva, PhD (Biology), senior researcher, Department of preventive toxicology and biomedical research, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3619-3858> E-mail: LAhalceva@cspfmbaru

Valentina V. Yurchenko, PhD (Medicine), leading researcher, Department of preventive toxicology and biomedical research, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4377-245X> E-mail: VYurchenko@cspfmbaru

Tatyana A. Nikitina, biologist, Department of preventive toxicology and biomedical research, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-0866-5990> E-mail: TNikitina@cspfmbaru

Roman A. Mamonov, PhD (Medicine), head, Department of preventive toxicology and biomedical research, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6540-6015> E-mail: RMamonov@cspfmbaru

Mariya A. Vodyanova, PhD (Biology), scientific secretary of the Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3350-5753> E-mail: MVodyanova@cspfmbaru