

**Региональная открытая конференция по научно-техническому
творчеству школьников «Лабиринты науки»**

**Влияние температуры заваривания на микробное
загрязнение пакетированного чая**

Автор: Фомичева Мария Алексеевна,
ученица 8Б класса

Руководители:

Волкова Лариса Вячеславовна,
учитель биологии ГОУ ЯО «Лицей
№86»

Самаренкова Дарья Юрьевна, учитель
биологии ГОУ ЯО «Лицей №86»

Ярославль, 2025

Оглавление

Введение	3
1. Обзор литературы	4
1.1. Химические компоненты чая и их влияние на организм	4
1.2. Виды чая и способы заваривания	5
1.3. Требования к микробиологической безопасности чая	7
2. Материалы и методы исследования	10
3. Результаты исследования и их обсуждение	12
Выводы	17
Список литературы	18
Приложение	20

Введение

Чай является одним из самых популярных напитков в мире. Его употребляют ежедневно миллионы людей, и для многих он ассоциируется с понятиями пользы и здоровья [2, 10, 11]. Однако, как и любой продукт растительного происхождения, чайный лист может быть загрязнен различными микроорганизмами – бактериями и плесневыми грибами. Некоторые виды плесневых грибов способны производить микотоксины – опасные для здоровья человека вещества [5, 7].

Особую озабоченность с точки зрения микробиологической безопасности вызывает пакетированный чай. Для его производства часто используется мелколистовая фракция и так называемая «чайная пыль», которые, согласно исследованиям, являются наиболее загрязненными. При этом распространено мнение, что процесс заваривания кипятком полностью решает проблему микробов. Однако некоторые спорообразующие бактерии обладают высокой термоустойчивостью и могут сохранять жизнеспособность даже после термической обработки [5, 7].

В связи с этим представляется актуальным изучить качество пакетированного чая и определить, насколько способ заваривания влияет на его микробиологическую безопасность.

Цель работы – изучить микробную загрязненность пакетированного черного и зеленого чая и оценить влияние температуры заваривания на количество микроорганизмов в готовом напитке.

Задачи работы:

1. Приготовить экстракты черного и зеленого пакетированного чая, используя воду разной температуры (комнатная, 70°C, 90°C, 100°C).
2. Определить количество бактерий и плесневых грибов в полученных экстрактах методом посева на питательные среды.
3. Провести расчет микробной загрязненности в КОЕ/г исходного сухого чая.
4. Сравнить полученные данные с установленными в РФ и международными нормативами безопасности.

1. Обзор литературы

1.1. Химические компоненты чая и их влияние на организм

Чай – сложнейшее и разнообразнейшее по своему химическому составу растение. Общее число соединений, входящих в его состав составляет около 300. Следует иметь в виду, что химический состав свежесорванного зеленого чайного листа и сухого чая, полученного из этого листа, неодинаков. Сухой чай имеет более сложный, химический состав, который формируется в процессе его переработки [2, 10, 11].

Интерес к химическому составу чая в настоящее время вызван тем, что многие вещества, содержащиеся в чае, проявляют биологическую активность и могут быть использованы для профилактики различных заболеваний. В чайном листе выделяют три основные группы фитохимических веществ, одна из них алкалоиды.

Алкалоиды – это природные азотсодержащие органические соединения, обладающие выраженной физиологической активностью, к ним относятся три основных соединения: кофеин, теобромин и теофиллин. В чае кофеина содержится больше, чем в кофе, но оказываемый им эффект более мягкий. Это обусловлено тем, что кофеин в чае связан с танином и образует теин или таннат кофеина. Теин придает чаю горечь и оказывает тонизирующее действие на организм, улучшает умственную работоспособность, повышает активность, стимулирует работу сердечно-сосудистой и центральной нервной системы. Различные сорта чая содержат разный процент кофеина, в среднем от 1 до 4 %. В зеленых чаях кофеина гораздо меньше чем в черных. Наряду с полезными алкалоидами чай содержит гуанин, который при длительном подогревании или длительном стоянии заваренного чая может превращаться в гуанидин, обладающий токсическими свойствами [1].

Природные флавонолы – это кемпферол, кверцетин, мирицетин. Флавоноиды представлены в чае в основном катехинами, которые определяют качество и полезные свойства чайного напитка, особенно зеленого чая. На долю катехинов приходится 20–30 % сухого вещества чая,

причем чем больше в сухом чае полифенолов, тем выше качество настоя, тем лучше цвет, терпкость и аромат напитка. В чае присутствуют 8 катехинов, из них в наибольшем количестве содержатся галлокатехин, эпигаллокатехин, эпигаллокатехингаллат. Эпигаллокатехингаллат зеленого чая повышает активность ключевых ферментов остеогенеза, увеличивает минерализацию костной ткани, блокирует активность остеокластов. Кроме того, катехины чая являются мощными антиоксидантами, нейтрализующими действие свободных радикалов. Катехины тормозят развитие таких заболеваний, как болезнь Альцгеймера и Паркинсона [1].

В зеленом чае сохраняется химический состав, характерный для свежих листьев чая, в котором присутствуют стереоизомеры группы катехинов в количестве 0,32 г/г. Черный чай содержит меньше мономерных катехинов.

Теафлавины – первые продукты окисления катехинов и катехингаллатов в процессе ферментации. Для оценки качества черного чая используется отношение концентрации теафлавинов к концентрации теарубигинов. Свежий, черный чай должен содержать теафлавинов более 1 %, теарубигинов – около 10 %, и их отношение $> 0,1$.

Сапонины – это высокомолекулярные органические вещества, содержащие углеводные компоненты и обладающие поверхностно-активными свойствами. Последнее время установлено, что эта группа фитохимических веществ чая обладает антиаллергическим, гипотензивным, противовоспалительным, гиполипидемическим и антиканцерогенным действием [1].

Также чай можно использовать как источник фторидов, так как в напитке большое содержание фтора.

1.2. Виды чая и способы заваривания

Классификация чая основывается на степени окисления чайного листа и технологическим особенностям его обработки. Основными видами являются белый, зеленый, желтый, улун, черный и пуэр [2, 9, 10].

Белый чай подвергается минимальной обработке (завяливание и сушка), что сохраняет естественную структуру листа и максимальное количество антиоксидантов. Зеленый чай проходит этап фиксации окисления (прожарка или пропаривание), благодаря чему в нем остаются ферменты, обеспечивающие характерный травянистый вкус и светло-желтый настой.

Улуны (бирюзовые чаи) занимают промежуточное положение между зелеными и красными чаями, их степень окисления варьируется от 10% до 70%, что порождает огромное разнообразие вкусов и ароматов.

Черный чай проходит полный цикл окисления, в результате чего приобретает насыщенный янтарный настой и терпкий вкус. Отдельно стоят пуэры, которые относятся к постферментированным чаям и проходят процесс старения и микробиологической ферментации, иногда длящейся десятилетиями [2, 9, 10].

Помимо основной классификации, чаи дифференцируются по типу чайного растения (*Camellia sinensis* var. *sinensis*, *Camellia sinensis* var. *assamica*), региону произрастания (например, китайские, цейлонские, ассамские), форме скрутки листа (шарообразные, скрученные, спиралевидные) и наличию добавок (ароматизированные чаи, такие как Эрл Грей, или цветочные, как жасминовый) [2, 9, 10]. Способы заваривания различных видов чая представлены в таблице 1.

Таблица 1

Способы заваривания различных видов чая [6]

вид чая	способ заваривания	рекомендованная температура
Черный чай	На стакан чая берут чайную ложку заварки, помещают её в чайник. Чай заливают водой, которая вскипела и постояла пять минут. И ждут 4 минуты.	98°
Зеленый чай	Необходимо засыпать чай в чайник и залить водой температуры около 80°. Дать	80°

	чаю постоять 2 минуты, затем слить одну чашечку, и снова перелить в чайник. Настаивая зелёный чай.	
Желтый чай	На 100мл воды обычно берется 2г, заваривать необходимо водой температурой не выше 85°, длительность заварки 1-3 минуты	80°-85°
Чай Пу-эр	Насыпать чай в чайник на полторы ложки рассыпчатого чая 200мл воды, затем залить водой и подождать 3-5 минут	Для светлых сортов – не более 80° Для темных сортов – 90°-94°
Оолонг	Необходимо взять 6-8г чая на 150мл воды нагретой до 98°-100°, залить водой стоит на несколько секунд, быстро слить это было первое заваривание с помощью которого чай был промыт, после этого заварите чай повторно водой нагретой до 80°-85°	80°-85°

1.3. Требования к микробиологической безопасности чая

Чай, как и любой другой растительный продукт, чай может быть загрязнен микроорганизмами - плесневыми грибами и бактериями. Некоторые из этих плесеней способны производить опасные для здоровья вещества - токсины. Поэтому во всем мире существуют строгие правила и нормативы, которые ограничивают допустимое количество микробов в чае.

В России безопасность чая регулируется Техническим регламентом ТР ТС 021/2011 [3, 4, 5, 7].

Для обычного чая (из растения *Camellia sinensis* - черного, зеленого) нормируется в основном содержание плесневых грибов - не более 1 000 КОЕ/г (10³ КОЕ/г). Для травяных чаев, растительных сборов и БАДов требования строже. Помимо плесеней (также не более 1 000 КОЕ/г для БАД),

нормируется общее количество бактерий - не более 500 000 КОЕ/г (5×10^5 КОЕ/г) для смесей сухого растительного сырья. Наличие бактерий группы кишечной палочки, патогенных микроорганизмов не допускаются.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) разработала рекомендации по качеству лекарственных трав. Поскольку травяные чаи часто используют в лечебных целях, эти рекомендации к ним тоже применимы. ВОЗ устанавливает следующие пределы для растительных материалов:

Общее количество бактерий - не более 100 000 КОЕ/г (10^5 КОЕ/г).

Общее количество грибов (плесени и дрожжи) - не более 100 000 КОЕ/г (10^5 КОЕ/г).

Кишечная палочка (*E. coli*) - не более 10 КОЕ/г.

Бактерии семейства *Enterobacteriaceae* - не более 100 КОЕ/г.

Европейская ассоциация чая и травяных настоев (THIE) рекомендует для обычного чая (*C. sinensis*) норматив по плесеням не более 100 000 КОЕ/г (10^5 КОЕ/г), что значительно мягче российских требований.

Научные исследования, например, проведенные Федеральным исследовательским центром питания, биотехнологии и безопасности пищи, показали, что большая часть обычного чая (83,3% образцов) соответствует российским нормативам. При этом наибольшему загрязнению плесневыми грибами (такими как *Aspergillus niger*) подвержена мелколистовая фракция и «чайная пыль», из которой часто делают пакетированный чай.

Хуже всего обстоят дела с травяными чаями. Исследования выявили, что 55% их образцов не соответствовали нормативам по плесеням, а у 72,2% было обнаружено чрезмерно высокое содержание бактерий.

Процесс заваривания кипятком значительно повышает безопасность напитка. В традиционном чае количество и плесеней, и бактерий после заваривания падает до очень низкого уровня. Однако в травяных чаях из-за большого количества термоустойчивых споровых бактерий даже кипяток не всегда обеспечивает полное обеззараживание [5, 7].

В связи с этим актуально изучение влияния способа заваривания на микробную загрязненность чая.

2. Материалы и методы исследования

В исследовании проводилось изучение микробной загрязненности пакетированного чая марки «Tess. Flirt» и «Tess. Dark» (рис. 1).



Рис. 1. Марка чая

Готовили водный экстракт чая с использованием стерильной дистиллированной воды различной температуры. Варианты опыта представлены в таблице 2.

Таблица 2

Варианты опыта

вариант опыт	тип чая	температура заваривания
чпк	Черный Tess. Dark»	комнатная, 24°C
зпк	Зеленый «Tess. Flirt»	комнатная, 24°C
ч70	Черный Tess. Dark»	70°C
з70	Зеленый «Tess. Flirt»	70°C
ч90	Черный Tess. Dark»	90°C
з90	Зеленый «Tess. Flirt»	90°C
ч100	Черный Tess. Dark»	100°C
з100	Зеленый «Tess. Flirt»	100°C

В стерильных условиях на чашки Петри предварительно заливали мясопептонный агар – МПА (состав, г/л: готовый порошок МПА – 20 г, вода дистиллированная – 500 мл). В пламени горелки на поверхность питательной среды наносили по 4 капли (0,2 мл) настоев чая с помощью стерильной пипетки. Распределяли настой по поверхности чашки с помощью шпателя. После посева чашки Петри инкубировали в термостате при 24°C в течение 4 суток [9].



Рис. 2. Постановка эксперимента.

Опыт сопровождался отрицательным контролем (на чашки Петри наносили воду, использованную для приготовления настоев) и положительным контролем (на чашки Петри наносили экстракты чая, приготовленные с помощью воды комнатной температуры). Каждый вариант опыта ставился в трех повторностях (рис. 2).

Учет количества микроорганизмов проводили следующим образом.

После инкубации чашки Петри просматривали. Подсчитывали количество выросших колоний бактерий и грибов.

Рассчитывали численность микроорганизмов, которую выражали в КОЕ/г экстракта чая, где КОЕ – колониобразующая единица – одна живая микробная клетка, из которой вырастает колония.

Расчет количества колониобразующих единиц в 1 грамме чая (КОЕ/г) проводили по следующей формуле:

$$X = (N * V_{\text{экстр}}) / (m * V_{\text{посева}})$$

где:

N – среднее количество колоний, подсчитанное в чашках Петри;

$V_{\text{экстр}}$ – общий объем водного экстракта, мл (100 мл);

m – масса навески чая, взятой для анализа, г (2,0 г);

$V_{\text{посева}}$ – объем экстракта, внесенный на одну чашку Петри, мл (0,2 мл).

Проводили математическую обработку полученных результатов с помощью MS Excel.

3. Результаты исследования и их обсуждение

3.1. Изучение бактерий из экстрактов черного и зеленого пакетированного чая

Результаты оценки количества бактерий из экстрактов черного и зеленого пакетированного чая на чашках Петри представлены в табл. 3, 4 и на рис. 3 и в приложении.

Таблица 3

Количество бактерий при различной температуре заваривания чая
(КОЕ/чашку)

Вариант опыта	Повторность		
	№1	№2	№3
чпк	85	72	
зпк	32	124	
ч70	0	0	1
з70	3	7	13
ч90	0	0	1
з90	ср	ср	ср
ч100	0	0	0
з100	1	0	5

Таблица 4

Среднее количество бактерии при различной температуре заваривания
чая (КОЕ/чашку)

(* СР – сплошной рост)

Варианты опыта	Среднее КОЕ/чашку
чпк	78,50
зпк	78,00
ч70	0,33
з70	7,67
ч90	0,33
з90	СР*
ч100	0,00
з100	2,00

Анализ представленных данных показывает, что среднее количество бактерий на чашках Петри при комнатной температуре воды для черного чая составил в среднем 78,50 КОЕ/чашку, а для зеленого чая - 78,00 КОЕ/чашку. При температуре заваривания в 70°C количество бактерий в черном чае

снизилось до 0,33, а в зеленом чае на меньшее количество до 7,67 КОЕ/чашку.



Рис. 3. Среднее количество бактерии при различной температуре заваривания чая (КОЕ/чашку) (* *CP* – сплошной рост).

После повышения температуры до 90°C количество бактерий в черном чае осталось неизменно, а в зеленом чае появился сплошной рост по всей площади среды. Во время последнего заваривания вода была доведена до кипения, т.е. до 100°C, при этом количество колоний в черном чае снизилось до 0, а в зеленом до 2 КОЕ/чашку.

Следует отметить, что в данной работе определяли только количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Также не определялось наличие в экстрактах чая бактерий группы кишечной палочки [5, 7].

3.2. Изучение плесневых грибов из экстрактов черного и зеленого пакетированного чая

Результаты оценки количества плесневых грибов из экстрактов черного и зеленого пакетированного чая на чашках Петри представлены в табл. 5, 6 и на рис. 4 и в приложении.

Таблица 5

Количество грибов при различной температуре заваривания чая
(КОЕ/чашку)

Вариант опыта	Повторность		
	№1	№2	№3
чпк	0	0	
зпк	0	0	
ч70	0	0	0
з70	1	2	2
ч90	0	0	0
з90	1	0	5
ч100	0	1	0
з100	0	0	0

Таблица 6

Среднее количество грибов при различной температуре заваривания чая
(КОЕ/чашку Петри)

Вариант опыта	Среднее КОЕ/чашку
чпк	0,00
зпк	0,00
ч70	0,00
з70	1,67
ч90	0,00
з90	2,00
ч100	0,33
з100	0,00

Анализ данных показал, что при комнатной температуре воды для заваривания появления грибов на чашках Петри не наблюдалось. Наличие грибов в зеленом чае выявлено при температуре заваривания 70°C и составило в среднем 1,67 КОЕ/чашку, больше всего грибов было в зеленом чае при температуре заваривания 90°C и составило 2,00 КОЕ/чашку.

В черном чае грибы выявлены один раз при температуре 100°C их количество составило 0,33 КОЕ/чашку.

Отсутствие грибов при заваривании чая водой комнатной температура можно объяснить тем, что бактерии выделяют вещества подавляющие рост грибов. Так как бактерий в данном случае было достаточно много можно предположить, что они подавляли рост грибов. При более высоких температурах заваривания бактерий становилось меньше, и грибы беспрепятственно смогли вырасти. Также, учитывая данные, следует

заметить, что грибы хорошо переносят высокие температуры и разрастаются после термообработки [8].

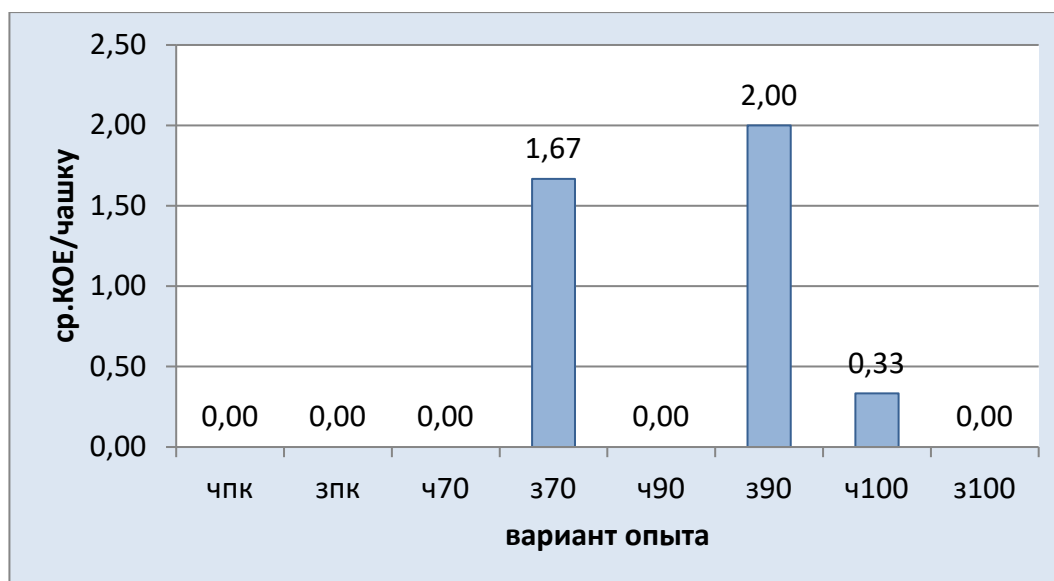


Рис. 4. Среднее количество грибов при различной температуре заваривания чая (КОЕ/чашку Петри).

3.3. Определение загрязненности образцов чая бактериями и плесневыми грибами

Для оценки бактериального загрязнения был проведен расчет количества бактерий и грибов в КОЕ/г сухого чая.

Таблица 7

Количества бактерий и грибов в КОЕ/г сухого чая

Вариант опыта	Количество, КОЕ/г	
	бактерии	грибы
чпк	19625,00	0,00
зпк	19500,00	0,00
ч70	83,33	0,00
з70	1916,67	416,67
ч90	83,33	0,00
з90		500,00
ч100	0,00	83,33
з100	500,00	0,00

В России безопасность чая регулируется Техническим регламентом ТР ТС 021/2011. Для обычного чая нормируется в основном содержание плесневых грибов - не более 1 000 КОЕ/г (10^3 КОЕ/г). Помимо плесеней, нормируется общее количество бактерий – не более 500 000 КОЕ/г для

смесей сухого растительного сырья. Наличие бактерий группы кишечной палочки, патогенных микроорганизмов не допускаются [5, 7].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) устанавливает следующие пределы для растительных материалов:

Общее количество бактерий - не более 100 000 КОЕ/г (10^5 КОЕ/г).

Общее количество грибов (плесени и дрожжи) - не более 100 000 КОЕ/г (10^5 КОЕ/г) [5, 7].

Из представленных данных видно, что исследуемый пакетированный чай соответствует нормам по количеству микроорганизмов принятым в РФ и Всемирной организации здравоохранения. Однако в данной работе не изучалось содержание в образцах бактерий группы кишечной палочки, которых по нормам в чае быть не должно.

Выводы

1. Температура воды при заваривании оказывает значительное влияние на количество бактерий, наибольшее снижение количества бактерий в черном чае наблюдалось при использовании воды температурой 100°C.
2. Для зеленого чая при всех использованных температурах для заваривания чая бактерии сохранялись, при 90°C отмечался сплошной бактериальный рост по всей площади среды.
3. Плесневые грибы проявляли устойчивость к высоким температурам, их рост отмечался в зеленом чае при 70°C и 90°C, а в черном – при 100°C.
4. Количество микроорганизмов, выявленных в чае при различных температурах заваривания, не превышало установленные нормы.
5. Исследованные образцы пакетированного черного и зеленого чая марки «Tess» соответствуют российским и международным нормативам микробиологической безопасности по общему количеству бактерий и плесневых грибов.

Список литературы

1. Афолина, С. Н. Химические компоненты чая и их влияние на организм // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 6. – С. 59–63.
2. Все о чае. — Москва: АгроНИИТЭИПП, 1990 — 31 с.
3. 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).
4. 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.
5. Киселева М. Г., Чалый З. А., Седова И. Б., Минаева Л. П., Шевелева С. А. Изучение загрязнённости чая и чайных травяных напитков микотоксинами (сообщение 2) // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 1. – С. 38–51
6. Кулинарная школа в досуговой деятельности пожилых (Школа питания): методические рекомендации для специалистов отрасли / Д.Ю. Калимуллина. – Казань: Веда, 2015. С. 20-23.
7. Минаева, Л. П. Изучение загрязненности чая и чайных травяных напитков плесневыми грибами – потенциальными продуцентами микотоксинов – первый шаг к оценке риска (сообщение 1) / Л. П. Минаева [и др.] // Анализ риска здоровью. — 2019. — № 1. — С. 93–102.
8. Многоликая плесень [Электронный ресурс] // Научно-популярный журнал «Наука и жизнь». — URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/16507/> (дата обращения: 05.11.2025).
9. Питательные среды в микробиологии - определение, виды и требования [Электронный ресурс] // Производство готовых питательных сред для микробиологии «BioMedia». — URL: <https://bio->

media.ru/info/articles/mikrobnye-pitatelnye-sredy-opredelenie-tipy-primery-primenenie/ (дата обращения: 25.10.2025).

10. Похлёбкин, В. В. Чай, его история, свойства и употребление - Москва : Центрполиграф, 2001. — 121 с.
11. Чай в историческом, культурном и медицинском аспектах: материалы I научно-теоретической онлайн-конференции с международным участием (Курск, 15 декабря 2020 г.) / Курский государственный медицинский университет; составитель Т. А. Суковатых; ответственный редактор А. В. Данилова. – Курск: КГМУ, 2020. – Текст электронный.

Приложение

Внешний вид чашек Петри после посевов экстрактов чая

Вариант опыта	Внешний вид чашки Петри	
Отр к		
Чпк		
Зпк		
370		
390		
3100		

Ч70			
Ч90			
Ч100			