

УДК [615.38:614.2]:579.6

DOI: 10.14427/jipai.2023.1.70

## Повышение эффективности раннего выявления роста микроорганизмов, контаминирующей донорскую кровь, с помощью дрожжевого экстракта

О.И. Вяткина<sup>1</sup>, М.П. Потапнев<sup>1</sup>, Ж.Ф. Циркунова<sup>2</sup><sup>1</sup> Республиканский научно-практический центр трансфузиологии и медицинских биотехнологий, Минск<sup>2</sup> Белорусский государственный медицинский университет, Минск

## Enhanced early detection of blood-contaminating microorganisms with use of yeast extract

O.I. Viatkina<sup>1</sup>, M.P. Potapnev<sup>1</sup>, Zh.F. Tsyrukunova<sup>2</sup><sup>1</sup> Republican Scientific and Practical Center for Transfusiology and Medical Biotechnologies, Minsk<sup>2</sup> Belarusian State Medical University, Minsk

### Аннотация

Изучено влияние дрожжевого экстракта (ДЭ) на рост микроорганизмов, в том числе инкубированных с периферической кровью. Показано, что рост *E. coli* ATCC 11229, *P. aeruginosa* ATCC 15442 и *C. albicans* ATCC 10231 подавляется в присутствии донорской крови. Установлено, что способность периферической крови подавлять рост микроорганизмов может быть преодолена за счёт добавления ДЭ в концентрации 10 г/л в питательные среды для культивирования микроорганизмов. Проведённые экспериментальные исследования показали, что добавление ДЭ в жидкие питательные среды повышало чувствительность питательных сред по выявлению типовых культур *P. aeruginosa* ATCC 15442 и *C. albicans* ATCC 10231, а также выявление клинических изолятов *S. aureus* и *C. albicans*. Сделан вывод о способности ДЭ в концентрации 1,0% (10 г/л) улучшать нутритивные свойства питательных сред (чувствительность и скорость роста) при культивировании микроорганизмов.

### Ключевые слова

Рост микроорганизмов, питательные среды, периферическая кровь человека, дрожжевой экстракт.

### Summary

The effect of yeast extract (YE) on the growth of microorganisms, including those incubated with peripheral blood, was studied. It has been shown that the growth of *E. coli* ATCC 11229, *P. aeruginosa* ATCC 15442 and *C. albicans* ATCC 10231 is suppressed in the presence of donor blood. It has been established that the ability of peripheral blood to suppress microorganism growth can be overcome by cultivating microorganisms on nutrient media containing YE at the concentration of 10 g/l. Experimental studies have shown that the addition of YE to liquid nutrient media increased the sensitivity of the latter to cultures of *P. aeruginosa* ATCC 15442 and *C. albicans* ATCC 10231, as well as clinical isolates of *S. aureus* and *C. albicans*. A conclusion was made concerning the ability of YE in concentrations of 1.0% (10 g/l) to improve the nutritional properties of nutrient media (sensitivity and growth rate) during the cultivation of microorganisms.

### Keywords

Growth of microorganisms, nutrient media, human peripheral blood, yeast extract.

### Введение

Хорошо известны антимикробные свойства крови, которые связывают с лейкоцитами, тромбоцитами, белками системы комплемента и другими антимикробными пептидами [1-5]. Именно они играют важную роль в предотвращении микробной контаминации донорской крови и

её компонентов при отборе доноров, проведении процедуры венепункции, фракционирования крови на компоненты, хранении до реализации в организации здравоохранения [6]. Несмотря на достаточно редкие случаи диагностированной микробиологической контаминации компонентов крови, этот риск существует и зависит от

комплекса профилактических мер, осуществляемых при заготовке крови [7, 8]. Разработка путей повышения эффективности выявления контаминации бактерий и грибов является вторым актуальным направлением повышения микробиологической безопасности компонентов крови. Совершенствование состава питательных сред позволяет повысить частоту выявления микроорганизмов в исследуемых биологических образцах [9]. Поиск новых подходов и методов выявления микроорганизмов актуален, особенно с учётом возможных ложноположительных и ложноотрицательных результатов микробиологических посевов компонентов донорской крови [10, 11].

**Цель** настоящего исследования – оценить влияние дрожжевого экстракта на питательные свойства питательных сред и выявление роста микроорганизмов *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, в том числе инкубированных с периферической кровью здоровых лиц.

### Материалы и методы

Объектами исследований явились типовые культуры *S. aureus* ATCC 6538, *E. coli* ATCC 11229, *P. aeruginosa* ATCC 15442, *C. albicans* ATCC 10231, а также клинические изоляты *S. aureus* (n=6), *E. coli* (n=6), *P. aeruginosa* (n=6), *C. albicans* (n=6). Типовые культуры, клинические изоляты бактерий и грибов были получены из рабочей коллекции микроорганизмов лаборатории внутрибольничных инфекций (ВБИ) научно-исследовательской части учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» (УО «БГМУ»).

Бактерии культивировали на питательных средах: мясо-пептонный агар (МПА) (производства НПЦ «Химмедсинтез», Республика Беларусь), тиогликолевая среда (производства НПЦ «Химмедсинтез», Республика Беларусь), триптиказо-соевый бульон (ТСБ) (HiMedia, Индия), триптон-соевый бульон с дрожжевым экстрактом (ТСБДЭ (6 г/л), производства Conda, Испания) при  $+32,5 \pm 2,5^\circ\text{C}$  в течение 24-48 ч.

Грибы выращивали на агаре и бульоне Сабуро (производства НПЦ «Химмедсинтез», Республика Беларусь) при  $+22,5 \pm 2,5^\circ\text{C}$  в течение 18-24 ч.

Дрожжевой экстракт (ДЭ, производства Merck, Германия) добавляли в ТСБ при приготовлении питательной среды из расчёта 10 г на 1 л.

Питательные среды готовили согласно инструкции производителя. Контроль качества питательных сред проводили согласно требованиям, изложенным в ГОСТ ISO 11133-2016. Он включал следующие этапы: проверку докумен-

тации и визуальный контроль питательных сред при их получении; контроль условий и сроков хранения питательных сред; контроль питательных сред на этапе приготовления; контроль биологических свойств питательных сред; контроль на этапе использования питательных сред.

Стерильный буферизированный раствор хлорида натрия и пептона (БРП) использовали производства НПЦ «Химмедсинтез», Республика Беларусь.

Периферическую кровь здоровых доноров получали из государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр трансфузиологии и медицинских биотехнологий» (РНПЦ ТиМБ).

### Приготовление инокулюма и культивирование микроорганизмов

Для проведения исследований использовали чистую культуру микроорганизмов, выращенную в течение 18-24 часов на плотной неселективной питательной среде (МПА для бактерий и агар Сабуро для грибов) при температуре  $32 \pm 2,5^\circ\text{C}$  (бактерии) и  $22,5 \pm 2,5^\circ\text{C}$  (грибы).

Инокулюм готовили путём суспензирования нескольких морфологически схожих колоний в БРП. Доводили микробную суспензию до плотности 0,5 по стандарту мутности МакФарланда, что приблизительно соответствует нагрузке  $1-2 \times 10^8$  КОЕ/мл для бактерий и  $1-5 \times 10^6$  КОЕ/мл для грибов. Приготовленную суспензию микроорганизмов использовали в течение 60 минут. Далее проводили десятикратные разведения микробной суспензии с целью снижения количества микроорганизмов на единицу объёма. Для этого в пробирку, содержащую 9 мл БРП, помещали 1 мл исходной суспензии микроорганизмов и получали первое разведение ( $10^{-1}$ ), содержащее  $1-2 \times 10^7$  КОЕ/мл для бактерий и  $1-5 \times 10^5$  КОЕ/мл для грибов. Второе разведение ( $10^{-2}$ ) готовили из первого, и оно содержало  $1-5 \times 10^6$  КОЕ/мл для бактерий и  $1-5 \times 10^4$  КОЕ/мл для грибов. Процедуру приготовления разведений продолжали по описанной схеме до получения суспензии, содержащей  $1-5 \times 10^3$  КОЕ/мл или конечной минимальной концентрацией  $1-2 \times 10$  КОЕ/мл для бактерий и  $1-5$  КОЕ/мл для грибов. Количество КОЕ/мл контролировали путём посева на плотные питательные среды в чашки Петри диаметром 90 мм (Литопласт-Мед ПУП, Беларусь).

При изучении влияния ДЭ на изменение ростовых свойств питательных сред, а именно показателей чувствительности и скорости роста микроорганизмов, использовали разведение микробной суспензии, позволяющее получить  $1-5 \times 10^3$  КОЕ/мл. Пробирки с посевами инкубировали течение 24 и

48 часов. Интенсивность роста микроорганизмов оценивали визуально от + до ++++ («+» – неполная прозрачность среды; «++» – слабый рост; «+++» – умеренный рост; «++++» – интенсивный рост) [12]. Для количественного подсчёта КОЕ/мл проводили посеы по 1 мл из каждого варианта опыта на плотные неселективные питательные среды (МПА для бактерий и агар Сабуро для грибов). Подсчёт выросших колоний производили при помощи полуавтоматического счётчика колоний ColonyStar 8500 (Funke Gerber, Германия).

### Оценка влияния периферической крови на рост бактерий

Оценку влияния периферической крови на рост микроорганизмов проводили как описано Таһа с соавт. [2]. Для этого к 7 мл крови здоровых доноров или 7 мл БРП (контроль) добавляли 0,7 мл суспензии микроорганизмов в концентрации  $1-5 \times 10^3$  КОЕ/мл. Смесь перемешивали, инкубировали в течение 0, 6 и 24 часов при температуре  $+32,5 \pm 2,5^\circ\text{C}$  (бактерии) или  $+22,5 \pm 2,5^\circ\text{C}$  (грибы). Затем добавляли в соотношении 1:10 в жидкие питательные среды с последующим культивированием в течение 24 часов при тех же условиях. Рост микроорганизмов оценивали визуально и путём последующего посева 1 мл смеси на плотные питательные среды.

При посеве микроорганизмов на плотные питательные среды исходные стандартизованные взвеси микроорганизмов ( $1-2 \pm 10^8$  КОЕ/мл для бактерий и  $1-5 \times 10^6$  КОЕ/мл для грибов) разводили 10-кратно с помощью БРП таким образом, чтобы получить конечную концентрацию  $1-2 \times 10$  КОЕ/мл для бактерий и  $1-5 \times 10$  КОЕ/мл для грибов.

Статистическую обработку данных проводили после учёта результатов 3-5 повторных экспериментов. В каждом эксперименте использовали 2-3 повтора посева микроорганизмов. Для получения средних значений показателей использовали данные не менее 3 повторных экспериментов. Статистическую обработку результатов исследования осуществляли с помощью программы Microsoft Office Excel 2007.

### Результаты и обсуждение

В первой серии экспериментов исследовали влияние периферической крови, стабилизированной раствором АСД-А (Anticoagulant Citrate Dextrose – formula A; антикоагулянт цитрат декстроза – формула А), на выживаемость бактерий. Как видно из таблицы 1, уже просто перемешивание с кровью приводило к некоторому снижению интенсивности бактериального роста *E. coli*

ATCC 11229, в отличие от *S. aureus* ATCC 6538, *P. aeruginosa* ATCC 15442, *C. albicans* ATCC 10231. Более продолжительная инкубация с кровью в течение 6 часов приводила к отсутствию роста *E. coli* ATCC 11229 и к некоторому снижению интенсивности роста *P. aeruginosa* ATCC 15442, *C. albicans* ATCC 10231. Показано отсутствие влияния инкубации с периферической кровью на рост бактерий *S. aureus* ATCC 6538. После 24-часовой инкубации с кровью наблюдалось аналогичное подавление роста микроорганизмов. При этом отсутствовал рост *E. coli* ATCC 11229, не изменялся визуально рост *S. aureus* ATCC 6538, сохранялось некоторое подавление роста *P. aeruginosa* ATCC 15442 и *C. albicans* ATCC 10231, предварительно инкубированных с периферической кровью.

Ранее Таһа М. et al. отмечали, что после инкубации с кровью в течение суток (overnight) выживание и последующий бактериальный рост проходило по трём сценариям: 1) концентрация *S. epidermidis* оставалась без изменения; 2) выживание и дальнейший рост *E. coli* ATCC 10798 и *K. pneumonia* ATCC 10031 отсутствовали; 3) наблюдался интенсивный рост клинических изолятов бактерий *E. coli* CBS 11001, *S. marcescens* CBS 12/2010, *K. pneumonia* PEI-B-P-08-1 [1]. В другом исследовании этих же авторов показано, что часть грамотрицательных бактерий (*S. marcescens* ATCC 13880, *Y. enterocolitica* ATCC 49397, *K. pneumonia* ATCC 13883) были чувствительны к губительному действию белков плазмы и системы комплемента [2]. Кроме того, описан и комплемент-независимый путь антибактериального действия белков плазмы [13]. В то же время не изменялась интенсивность бактериального роста *E. coli* ATCC 25922, *S. liquefaciens* CBS 0602 и ATCC 27592, *S. marcescens* ATCC 43862 и CBS 07/2005 после 7-8 часов инкубации с кровью. Выявлено, что грамположительные бактерии *S. capitis* CBS512 и *S. epidermidis* AZ-106-w были устойчивы к ингибирующему действию белков плазмы, но чувствительны к нейтрофилам [2].

Бактериальная контаминация компонентов крови, полученных от здоровых доноров, подтверждалась неоднократно, при этом частота положительных результатов микробиологического анализа компонентов крови различалась. Так, 1% эритроцитарных компонентов крови и 0,5% всех компонентов донорской крови были положительны на выявление *S. epidermidis*, *Propionibacterium acnes* (*Cutibacterium acnes*) при использовании системы VacT/ALERT. По другим данным, менее 0,1% обследованных компонентов крови имели положительный результат на бактериальную

контаминацию, что авторы связывают с использованием различных питательных сред, в том числе триптиказо-соевого агара с кровью или питательной среды с лактозой при инкубации в аэробных и анаэробных условиях [13, 14, 15].

Хорошо известно, что дрожжевой экстракт широко используется в качестве добавки для питательных сред при культивировании микроорганизмов [16]. Поэтому во второй серии экспериментов нами было предложено оценить влияние ДЭ в концентрации 10 г/л (повышенной по сравнению с содержанием 6 г/л в ТСБДЭ) в составе триптиказо-соевого бульона на рост микроорганизмов.

Для этого культуры бактерий и грибов, инкубированные с кровью, высевали на контрольную тиогликолевую среду (бульон Сабуро – для *C. albicans*) и ТСБ с содержанием ДЭ 10 г/л. Как видно из таблицы 2, после инкубации с кровью способность бактерий к росту на питательных средах падает в разной степени. Стимулирующее действие ДЭ (10 г/л) в составе питательной сре-

ды в отношении *E. coli* ATCC 11229 наблюдалось даже в отношении бактерий, контактировавших с периферической кровью только при перемешивании. ДЭ значительно усиливал рост бактерий, инкубированных с кровью в течение 6 и 24 часов, когда слабый бактериальный рост наблюдался только в 1 из 3 повторных экспериментов. Бактериальный рост *S. aureus* ATCC 6538, инкубированных с кровью в течение 24 часов, также возрастал при высеве на питательную среду ТСБ+ДЭ (10 г/л) по сравнению с тиогликолевой средой.

С учётом полученных данных нами проведена сравнительная оценка влияния питательных сред различного состава, в том числе приготовленных на основе ТСБ с добавлением ДЭ 10 г/л, на рост микроорганизмов. Для этого микроорганизмы, выращенные в различных жидких питательных средах в течение 24 или 48 часов, высевали (по 1 мл) на чашки Петри с МПА (агар Сабуро для *C. albicans*), термостатировали как описано выше и проводили подсчёт количества выросших

**Таблица 1. Показатели визуальной оценки роста микроорганизмов, инкубированных с периферической кровью человека**

Типовые штаммы микроорганизмов	Интенсивность роста микроорганизмов в тиогликолевой среде после инкубации с периферической кровью или БРП* в течение					
	0 часов**		6 часов		24 часов	
	контроль (БРП)	кровь	контроль (БРП)	кровь	контроль (БРП)	кровь
<i>S. aureus</i> ATCC 6535	++	++	+++	+++	+++	+++
<i>E. coli</i> ATCC 11229	++	+	+++	–	++++	–
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 15442	++	++	+++	++	++++	+++
<i>C. albicans</i> ATCC 10231	++	++	+++	++	++++	+++

Примечание: здесь и далее представлены суммарные данные 3-4 повторных экспериментов; БРП\* – стерильный буферизированный раствор хлорида натрия и пептона; 0 часов\*\* – взвесь микроорганизмов перемешивали с периферической кровью и сразу переносили в тиогликолевую среду; микроорганизмы использовали в исходной концентрации  $1-5 \times 10^3$  КОЕ/мл.

Обозначения: здесь и в таблице 2 «+» – неполная прозрачность среды; «++» – слабый рост; «+++» – умеренный рост; «++++» – интенсивный рост.

**Таблица 2. Сравнение роста микроорганизмов, инкубированных с периферической кровью человека, при посеве на тиогликолевую среду (бульон Сабуро) и ТСБ с содержанием дрожжевого экстракта 10 г/л**

Микроорганизмы	Визуальная оценка роста микроорганизмов в питательных средах после контакта с кровью в течение					
	0 часов		6 часов		24 часов	
	ТГС/ бульон Сабуро	ТСБ + ДЭ	ТГС/ бульон Сабуро	ТСБ + ДЭ	ТГС/ бульон Сабуро	ТСБ + ДЭ
<i>S. aureus</i> ATCC 6538	++	++	++	++	++	++++
<i>E. coli</i> ATCC 11229	+	++	+/-	+++	+/-	++++
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 15442	++	++	++	++	+++	+++
<i>C. albicans</i> ATCC 10231	+	+	++	++	+++	+++

Примечание: \* взвесь микроорганизмов после инкубации с кровью высевали в жидкие питательные среды в рабочем разведении 1:10.

ТГС – тиогликолевая среда, ТСБ + ДЭ – триптиказо-соевый бульон с дрожжевым экстрактом (10 г/л).

Микроорганизмы использовали в исходной концентрации  $1-5 \times 10^3$  КОЕ/мл для *C. albicans* контрольной средой сравнения выступал бульон Сабуро взамен тиогликолевой среды (для таблиц 2, 3, 4).



колоний. Из данных, представленных в таблице 3, видно, что добавление ДЭ (10 г/л) в ТСБ приводило к усилению роста *E. coli* ATCC 11229 и *P. aeruginosa* ATCC 15442, в меньшей степени – *S. aureus* ATCC 6538 и *C. albicans* ATCC 10231.

Усиление роста тестированных микроорганизмов на питательных средах, содержащих ДЭ в концентрации 10 г/л, наблюдалось уже через 24 часа культивирования, что особенно важно для более раннего выявления микробной контаминации компонентов донорской крови в организациях службы крови, для которых принята оценка результатов микробиологического контроля как «отрицательный на момент выдачи» [7]. Использо-

вание аппаратных методов ранней детекции роста микроорганизмов в компонентах крови не всегда эффективно, а сокращение сроков инкубации микроорганизмов приводит к снижению эффективности их выявления [17, 18].

Наконец, мы оценили возможность ДЭ в составе питательных сред стимулировать рост клинических изолятов микроорганизмов для более полного и раннего выявления микробной контаминации. Как видно из таблицы 4, увеличение содержания ДЭ до 10 г/л в среде культивирования позволило повысить чувствительность питательной среды в отношении *S. aureus* и *C. albicans* при 24-часовом и, частично, для *C. albicans* – при

**Таблица 3. Сравнение интенсивности роста микроорганизмов на различных питательных средах**

Микроорганизмы	Интенсивность роста микроорганизмов (КОЕ/мл), выросших в течение							
	24 часа				48 часов			
	ТГС/ бульон Сабуро (контр.)	ТСБ	ТСБДЭ	ТСБ+ ДЭ (10 г/л)	ТГС/ бульон Сабуро (контр.)	ТСБ	ТСБДЭ	ТСБ+ ДЭ (10 г/л)
<i>S. aureus</i> ATCC 6538	0	12	7	20*	169	116	293	438
<i>E. coli</i> ATCC 11229 <sup>+</sup>	11	9	31	111*	199	155	спл. р. <sup>#</sup>	спл. р.
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 15442 <sup>+</sup>	4	14	199	спл.р.*	42	спл. р.	спл. р.	спл. р.
<i>C. albicans</i> ATCC 10231	0	7	11	19*	125	174	10	250

Примечание: \* – сплошной рост (более 500 колоний на чашку Петри); 0 – нет роста; микроорганизмы использовали в исходной концентрации 1-2×10 КОЕ/мл для бактерий и 1-5×10 КОЕ/мл для грибов. # – различия статистически значимы в сравнении с контролем при 24-часовом культивировании (p<0,05).

**Таблица 4. Влияние дрожжевого экстракта в концентрации 10 г/л в составе питательных сред на рост клинических изолятов микроорганизмов**

Микроорганизмы	Характеристика роста микроорганизмов на питательных средах в течение			
	24 часа		48 часов	
	ТГС/ бульон Сабуро	ТСБ + ДЭ (10 г/л)	ТГС/ бульон Сабуро	ТСБ + ДЭ (10 г/л)
<i>S. aureus</i> визуально количественно (КОЕ/мл)	улучшение визуализации роста – 4/6 культур; увеличение КОЕ/мл с 0 до «сплошной рост» – 1/6 культур		Визуально и количественно (КОЕ/мл) – одинаковы (6/6)	
<i>E. coli</i> визуально количественно (КОЕ/мл)	Визуально и количественно (КОЕ/мл) – одинаковы (6/6)		Визуально и количественно (КОЕ/мл) – одинаковы (6/6)	
<i>P. aeruginosa</i> визуально количественно (КОЕ/мл)	Визуально и количественно (КОЕ/мл) – одинаковы (6/6)		Визуально и количественно (КОЕ/мл) – одинаковы (6/6)	
<i>C. albicans</i> визуально количественно (КОЕ/мл)	улучшение визуализации роста – 6/6 культур; увеличение КОЕ/мл с 3-166 до «сплошной рост» – 6/6 культур		улучшение визуализации роста – 3/6 культур, увеличение КОЕ/мл с 0 до 163-«сплошной рост» – 4/6 культур; ухудшение визуализации роста и снижение количества КОЕ/мл с 188-201 до «нет роста» – 2/6 культур	

Примечание: клинические изоляты микроорганизмов были получены из коллекции лаборатории ВБИ УО «БГМУ»; *S. aureus* и *E. coli* высевали из расчёта 1-2×10 КОЕ/мл, *P. aeruginosa* – из расчёта 1-2 КОЕ/мл, *C. albicans* – из расчёта 1-5 КОЕ/мл (при учёте роста на 24 часа) или 1-5×10 КОЕ/мл (при учёте роста на 48 часов).

48-часовом сроках культивирования. При этом отмечаются некоторые индивидуальные потребности штаммов микроорганизмов к условиям культивирования, включая чувствительность к рост-стимулирующему действию ДЭ в концентрации 10 г/л. Индивидуальные особенности роста отдельных штаммов микроорганизмов даже одного и того же рода при их культивировании на питательных средах отмечали и другие авторы [1, 2]. В других исследованиях также показано рост-стимулирующее действие ДЭ в отношении *E. coli*, культивированных на бактериальных средах [16].

Таким образом, для улучшения роста микроорганизмов на питательных средах нами предлагается внесение в их состав ДЭ в концентрации 10 г/л. Добавление ДЭ в составе питательных сред в предлагаемой концентрации позволяет в большей части случаев получить значимый прирост бактериальной микробной массы как при визуальной оценке, так и для последующего количественного учёта роста бактериальных колоний на плотных питательных средах. Важно, что при этом рост микроорганизмов выявляется в более ранние сроки, особенно при их высевах из биологического материала, обладающего бактерицидным действием (в настоящем случае – периферической крови здоровых лиц).

## Заключение

Таким образом, нами была изучена способность ДЭ в концентрации 10 г/л улучшать нутритивные свойства питательной среды, повышать скорость роста микроорганизмов, наиболее часто контаминирующих донорскую кровь. Добавление ДЭ в концентрации 10 г/л приводило к усилению роста *E. coli* ATCC 11229 и, в меньшей степени, – *P. aeruginosa* ATCC 15442 и *C. albicans* ATCC 10231, в том числе инкубированных с периферической кровью здоровых лиц (доноров крови). Это также позволяет повысить возможность выявления в ранние сроки (24 часа) роста *P. aeruginosa* ATCC 15442 и *C. albicans* ATCC 10231, а также клинических изолятов *S. aureus* и *C. albicans*. Полученные результаты могут быть полезны при разработке стратегии раннего выявления роста микроорганизмов при проведении микробиологического контроля качества или микробиологических испытаний по оценке риска микробной контаминации донорской крови и её компонентов.

Работа выполнена при поддержке Министерства здравоохранения Республики Беларусь (№ госрегистрации 20181376).

**Конфликт интересов.** Авторы не имеют конфликта интересов в связи с опубликованием данной статьи.

## Литература

1. Taha M., Kalab M., Yi O.L. et al. Bacterial survival and distribution during buffy coat platelet production. *Vox Sang.* 2016; 111: 333-340. DOI: 10.1111/vox.12427
2. Taha M., Kylvik-Price D., Kumaran D. et al. Bacterial survival in whole blood depends on plasma sensitivity and resistance to neutrophil killing. *Transfusion.* 2019; 59: 3674-3682 DOI: 10.1111/trf.15550
3. Van der Maten E, De Jonge MI, de Groot R. et al. A versatile assay to determine bacterial and host factors contributing to opsonophagocytotic killing in hirudin-anticoagulated whole blood. *Sci Rep* 2017;7:42137. PMID:28176849.
4. Weber B.S., De Jong A.M., Guo A.B.Y. et al. Genetic and chemical screening in human blood serum reveals unique antibacterial targets and compounds against *Klebsiella pneumoniae*. *Cell Reports* 2020; 32: 107927. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2020.107927>
5. Pont S, Fraikin N, Caspar Y. et al. Bacterial behavior in human blood reveals complement evaders with some persistence-like features. *PLOS Pathogens.* 2020; 16(12): e1008893. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1008893>
6. Brecher M.E., Hay S.N. Bacterial contamination of blood components. *Clin. Microbiol. Rev.* 2005; 18(1): 195-204 DOI: 10.1128/CMR.18.1.195-204.2005
7. Schmidt M. Bacterial contamination of blood products. *ISBT Science Series.* 2013; 8: 177-180. DOI: 10.1111/voxs.12036
8. Вяткина О.И., Потапнев М.П., Красько О.В. Микробиологическая безопасность компонентов крови и эффективность мер по ее совершенствованию. *Гематология и трансфузиология.* 2020; 65(3): 251-262. <https://doi.org/10.35754/0234-5730-2020-65-3-251-262>
9. Bonnet M., Lagier J.C., Raoult D. et al. Bacterial culture through selective and non-selective conditions: the evolution of culture media in clinical microbiology. *New Microbe and New Infect.* 2020; 34: 100622. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2019.100622>
10. Маевская О.Л., Потапнев М.П. Первый опыт использования автоматизированного бактериологического контроля донорской крови и ее компонентов в Республике Беларусь // *Медицинские новости.* -2010.-№9.-С.116-118.
11. Corean J., White S.K., Schmidt R.L. et al. Platelet component false positive detection rate in aerobic and anaerobic primary culture: a systematic review and meta-analysis. *Transfus. Med. Rev.* 2021; 35 (3): 44-52. DOI: 10.1016/j.tmr.2021.05.001
12. Самогруева М.А., Озеров А.А., Старикова А.А. и соавт. Изучение антимикробной активности новых хинолонов-4(3H)-оносов по отношению к *Staphylococcus aureus* *Streptococcus pneumoniae*. *Фармация и фармакология.* 2021; 9(4): 318-329. DOI: 10.19163/2307-9266-2021-9-4-318-329
13. Berends E.T.M., Mohan S., Miellet W.R. et al. Contribution of the complement membrane attack complex to the bactericidal activity of human serum. *Mol. Immunol.* 2015; 65: 328-35. DOI: 10.1016/j.molimm.2015.01.020
14. Damgaard C., Magnussen K., Enevold C. et al. Viable bacteria associated with red blood cells and plasma in freshly drawn blood donations. *PLOS one,* 2015. DOI:10.1371/journal.pone.0120826

15. Amano M, Matsumoto M, Sano S, et al. Characteristics of False-Positive Alarms in the BacT/Alert 3D System. *Microbiol Spectr.* 2022; 10(3):e0005522. DOI: 10.1128/spectrum.00055-22

16. Tachibana S., Watanabe K., Konishi M. et al. Estimating effects of yeast extract compositions on *Escherichia coli* growth by a metabolomics approach. *J Biosci. Bioeng.* 2019; 128(4):468-474. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2019.03.012

17. Prax M., Bekeredjian-Ding I., Krut O. Microbiological screening of platelet concentrates in Europe. *Transf. Med. & Hemother.* 2019; 46: 76-86. DOI: 10.1159/000499349

18. Халиулин А.В. Оценка аналитических характеристик культурального исследования крови и ускоренной идентификации микроорганизмов при инфекциях кровотока. *Имунопатология, аллергол, инфектол.* 2022; 3: 21-29. DOI: 10.14427/jipai.2022.3.21

### Сведения об авторах

Вяткина Ольга Ивановна – врач-лаборант (заведующий) лаборатории бактериологического контроля отдела управления качеством и внутреннего аудита Республиканского научно-практического центра трансфузиологии и медицинских биотехнологий. Адрес: 220053, Беларусь, Минск, Долгиновский тракт, д.160. E-mail: baklab@blood.by. <https://orcid.org/0000-0002-9802-155X>

Потапнев Михаил Петрович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом клеточных биотехнологий Республиканского научно-практического центра трансфузиологии и медицинских биотехнологий. E-mail: mpotapnev@yandex.by. [orcid.org/0000-0002-6805-1782](https://orcid.org/0000-0002-6805-1782)

Циркунова Жанна Федоровна – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией внутрибольничных инфекций научно-исследовательской части учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет». E-mail: tryrkunova@list.ru. <https://orcid.org/0000-0003-2095-2378>

Поступила 9.03.2023.