

Изучение антимикробной активности коллоидных растворов наночастиц серебра (далее - НЧС)

Антимикробную активность (бактериостатический и фунгистатический эффекты) растворов НЧС изучали по отношению к микроорганизмам, наиболее распространенным в пивоваренном, спиртовом и других бродильных производствах, источниками которых служит зерно. Образующаяся пивная дробина может служить сырьем для микробного синтеза в случае ее микробиологической безопасности.

Бактериостатический эффект НЧС в значительной степени зависит от размера частиц, способа их синтеза и стабилизирующих агентов. Для выбора препарата, наиболее пригодного для применения в бродильных производствах, требуется оценить степень бактериостатической активности исследуемых растворов. Анализ проводили с использованием разновидности метода зон ингибирования при культивировании на твердых питательных средах, преимущества которого заключается в том, что определение величины бактериостатического действия происходит с учетом способности частиц диффундировать в питательную среду. Способ основан на вычислении коэффициента антибактериальной активности K_a по формуле (1):

$K_a = D_i - d_0/D_i$ (1) где, D_i – диаметр зоны ингибирования, d_0 – диаметр отверстия, в которое вносили препарат НЧС (рисунок 1).

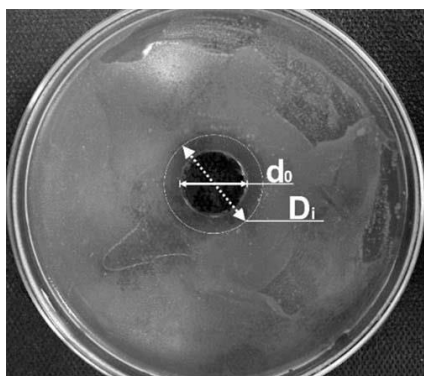


Рисунок 1 – Определение диаметра зоны ингибирования.

Полученные данные, обработанные статистически, представлены в таблице 1.

Очевидно, что наибольшее бактериостатическое действие характерно для препаратов на основе натриевой соли сульфоянтарной кислоты (Агбион-2), гуммиарабика (КНД-С-К12, КНД-С-К8) и хитозана (КНД-С-Х12). Остальные препараты значительно уступают по антимикробному действию.

Таблица 1 – Антибактериальная активность препаратов НЧС

Исследуемый препарат	Усредненное значение K_a	Стандартное отклонение	Доверительный интервал	Относительная ошибка определения, %
Агбион-1	0,075	0,042	0,003	3,938
КНД-С-К12	0,161	0,082	0,006	3,614
Агбион-2	0,189	0,089	0,006	3,341
КНД-С-К8	0,112	0,063	0,004	3,963
КНД-С-Х12	0,124	0,072	0,005	4,107
AgPVP	0,059	0,037	0,003	4,423
КНД-С-К4	0,060	0,039	0,003	4,539
Арговит	0,058	0,037	0,003	4,451
AgCit	0,058	0,036	0,003	4,353

Очевидно, что растворы НЧС коллоидной дисперсности способны эффективно ингибировать развитие грамотрицательных и грамположительных бактерий. Можно отметить, что в наименьшей степени эффект проявляется в отношении бактерий рода *Pediococcus*, что возможно объяснить тем, что эти бактерии формируют пространственные структуры – тетрады. При высокой концентрации клеток доступ НЧС к клеточной стенке затруднен, а частицы в меньшем количестве адсорбируются на ее поверхности, что приводит к снижению биоцидного действия. В отличие от *Pediococcus*, другие бактерии имеют пространственную конфигурацию цепочек или представлены отдельными клетками. Таким образом, предположили, что активность НЧС в отношении бактерий зависит от пространственного взаиморасположения их клеток.

Далее определяли минимальную ингибирующую концентрацию (МИК) для каждой из тестируемых культур бактерий (таблица 2).

Таблица 2 – МИК препаратов коллоидных растворов НЧС в твердых средах в отношении ряда бактериальных микроорганизмов.

Препарат	Минимальная ингибирующая концентрация, г/дм ³					
	M. varians	P. clausenii	L. brevis	B. cereus	E. coli	P. fluorescens
Агбион-1	0,09	0,09	0,09	0,06	0,06	0,06
КНД-С-К12	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Агбион-2	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
КНД-С-К8	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
КНД-С-Х12	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,03
АгРVP	0,06	0,09	0,09	0,06	0,09	0,06
КНД-С-К4	0,09	0,09	0,09	0,06	0,09	0,09
Арговит	0,06	0,09	0,09	0,06	0,06	0,09
АгCit	0,09	0,09	0,09	0,06	0,06	0,09

Установлено, что препараты КНД-С-К12 и Агбион-2 ингибируют все виды тестовых бактерий при концентрации частиц в среде более 0,03 г/дм³.

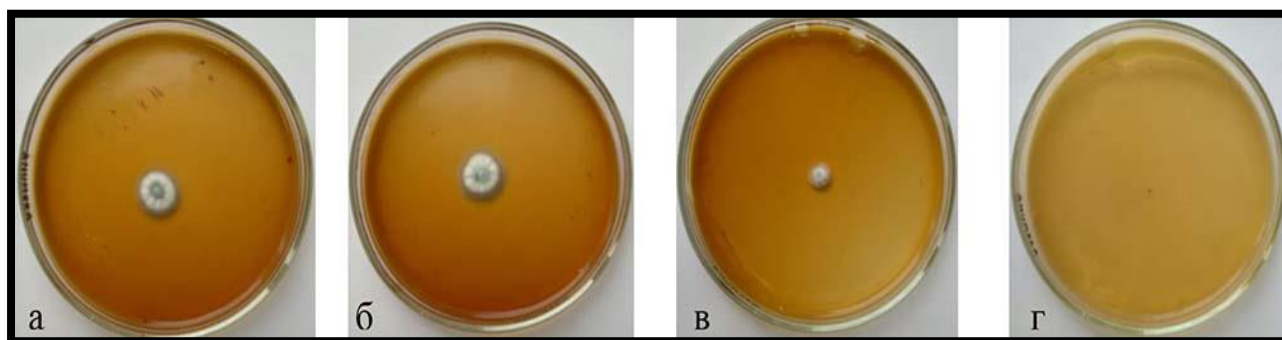


Рисунок 2 – Культивирование *Penicillium candidum* в среде, содержащей НЧС в концентрациях (а) – 0,003 г/дм³; (б) – 0,006 г/дм³; (в) – 0,009 г/дм³; (г) – 0,012 г/дм³;

С учетом полученных результатов составлена диаграмма сравнительной антимикробной активности для наиболее эффективных препаратов коллоидных растворов НЧС. Можно отметить, что существует диапазон концентраций НЧС, при котором частицы проявляют бактерицидную активность, не оказывая влияния на грибные микроорганизмы или общую антимикробную активность (см. рисунок 3). Такое действие можно объяснить разницей в строении клеточных стенок и генетического аппарата, различиями протекающих метаболических процессов, дифференцированной структурной и пространственной организацией колоний у бактерий и грибов.

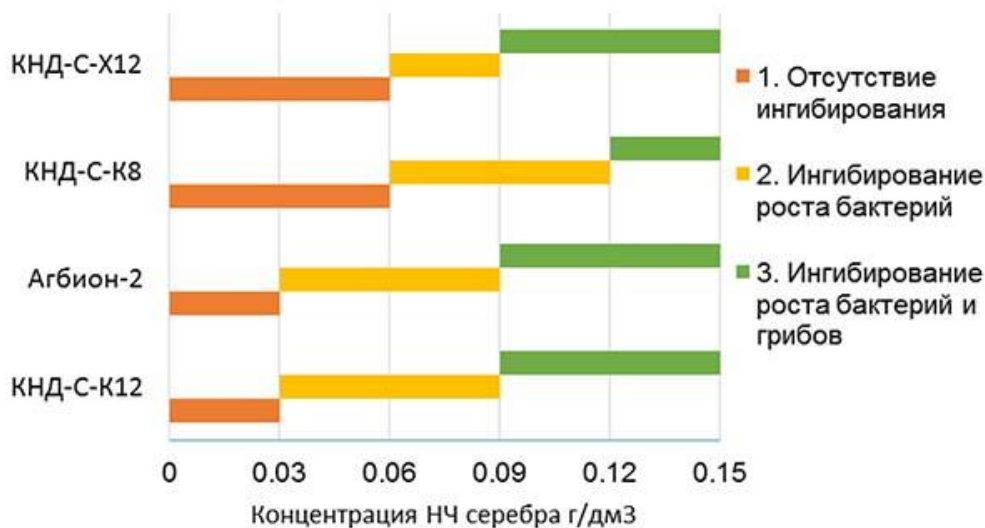


Рисунок 3 – Сравнение ингибирующего действия препаратов НЧС

На основании приведенных результатов для дальнейших исследований выбрали растворы НЧС **КНД-С-К12** и **КНД-С-Х12** как наиболее эффективные. При этом, **КНД-С-К12** целесообразнее применять для подавления бактериальных контаминантов, как имеющего расширенную зону селективного действия, а **КНД-С-Х12** предпочтительнее использовать для ингибирования роста комплексной микробиоты вследствие его большей эффективности в отношении аскомицетовых грибов. **Препарат Агбион-2, также показавший хорошие результаты, исключен из дальнейших исследований в силу нежелательности содержащегося в нем стабилизатора – натриевой соли сульфоянтарной кислоты.**

Литература:

Баландин Г.В. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. «Применение наночастиц серебра для обеспечения биологической безопасности в бродильных производствах»