

УДК 637.1

**Блинова Анастасия Александровна, Блинов Андрей Владимирович,
 Набережный Даниил Олегович, Серов Александр Владимирович,
 Храмцов Андрей Георгиевич**

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЮЩИХ СВОЙСТВ НОВОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ КОЛЛОИДНОГО СЕРЕБРА

В работе представлены результаты исследования влияния различных факторов на процесс смываемости белково-жировых загрязнений с рабочей поверхности разработанным моюще-дезинфицирующим средством на основе коллоидного серебра, стабилизированного четвертичным аммониевым соединением. Математическое планирование эксперимента и обработка полученных экспериментальных данных были проведены с использованием пакета прикладных программ Statistica Neural Networks. Сформированный многослойный перцептрон позволил достоверно описать влияние различных параметров на процесс смываемости загрязнения разработанным моюще-дезинфицирующим средством.

Ключевые слова: моюще-дезинфицирующее средство, коллоидное серебро, четвертичные аммониевые соединения, смываемость загрязнения, белково-жировое загрязнение, многофакторный эксперимент, нейронные сети.

**Anastasia Blinova, Andrey Blinov, Daniil Naberezhnyi,
 Alexander Serov, Andrey Khramtsov**

RESEARCH OF THE WASHING PROPERTIES OF THE NEW PREPARATION ON THE BASIS OF COLLOIDAL SILVER

Results of research of the influence of the different factors on the process of wash ability of protein and fat pollutions from a working surface by developed detergent-sanitizer agent on the basis of colloidal silver stabilized by quaternary ammonium compounds are presented in the article. Mathematical planning of experiment and processing the experimental data have been investigated by using software package Statistica Neural Networks. Modelled multilayer perceptron allowed to describe the influence of the different parameters on process of wash ability a pollution by developed detergent-sanitizer agent.

Key words: detergent-sanitizer agent, colloidal silver, quaternary ammonium compounds, pollution washability, protein and fat pollution, multivariate experiment, neural networks.

На предприятиях молочной промышленности достаточно остро стоит проблема проведения качественной санитарной обработки технологического оборудования по причине постоянного загрязнения его рабочей поверхности молочными продуктами и их остатками [4, 7]. Санитарную обработку рабочей поверхности любого технологического оборудования, аппаратуры, тары, инвентаря и т. д. необходимо проводить для предотвращения бактериального загрязнения (обсеменения) и инфицирования выпускаемой молочной продукции [7]. И в этом случае наряду с режимами мойки, а также выбором метода дезинфекции большое значение имеет правильно подобранное моюще-дезинфицирующее средство (МДС). После проведения мойки и ополаскивания оборудования на его поверхности возможно образование тонкой пленки моющего средства, содержащей остатки загрязнений и микроорганизмы. Вследствие этого важной характеристикой моюще-дезинфицирующих средств является смываемость моющего раствора с рабочей поверхности технологического оборудования после санитарной обработки. То есть средство должно обладать не только хорошей моющей способностью, но и полностью удаляться при ополаскивании оборудования водой после проведения его санации [4, 5, 6, 7].

В рамках данного исследования рассматривается влияние различных параметров на смываемость белково-жирового загрязнения с рабочей поверхности в модельном эксперименте, который имитирует реальные условия мойки и дезинфекции загрязненных поверхностей в промышленности.

Испытание разработанного моюще-дезинфицирующего средства на эффективность смывания белково-жировых загрязнений проводили согласно методике, описанной в работе [1]. В качестве загрязненной поверхности использовали предварительно высушенные металлические пластины с нанесенным слоем сметаны жирностью не менее 20 %. В качестве моющего средства использовался раствор препарата коллоидного серебра, стабилизированного четвертичными аммониевыми солями. Методика синтеза и результаты исследования свойств препарата коллоидного серебра представлены в работах [2, 3].

Методика проведения эксперимента включала в себя следующие этапы.

- I. Предварительная подготовка загрязненных пластин. Изначально на чистые и сухие металлические пластины наносили слой загрязнителя – сметаны с массовой долей жирности не менее 20 %. После нанесения загрязнения пластины высушивали при $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 24 часов.
- II. Мойка загрязненных пластин моющим раствором. В стеклянном реакторе, оснащенном магнитной мешалкой, интенсивно перемешивали моющее средство – раствор препарата коллоидного серебра, стабилизированного четвертичными аммониевыми солями. Движение раствора имитирует поток моющего средства по трубам и поверхности оборудования на производстве. Условия мойки подбираются в соответствии с текущим экспериментом.

Пластины взвешивали до нанесения загрязнителя, непосредственно перед санацией и после полной их обработки. Разница в массе позволяет определить количество смытого загрязнителя и рассчитать смываемость белково-жирового загрязнения.

Многофакторный эксперимент позволяет рассмотреть влияние различных факторов (переменных параметров) на смываемость загрязнений моюще-дезинфицирующим средством и выявить наиболее оптимальные значения этих параметров.

Параметры, оказывающие значимое влияние на процесс смываемости белково-жирового загрязнения:

- активная кислотность моющих растворов (pH);
- температура раствора (t), $^{\circ}\text{C}$;
- время экспозиции (τ), мин.;
- рабочая концентрация раствора (C), %;

Выходным параметром Y является смываемость загрязнения с поверхности металлических пластин раствором разработанного моюще-дезинфицирующего средства, %. Смываемость рассчитывается по формуле

$$Y = \frac{M_2 - M_1}{m} \cdot 100, \quad (1)$$

где Y – смываемость загрязнения, %; M_2 – масса пластины с загрязнителем до эксперимента, г; M_1 – масса пластины после эксперимента, г; m – масса загрязнителя на пластине, г.

Таблица 1 отображает уровни варьирования всех указанных переменных параметров.

Таблица 1

Уровни варьирования основных переменных параметров

Наименование параметров	Уровни варьирования переменных			
pH	3	6	9	12
t , $^{\circ}\text{C}$	20	40	60	80
τ , мин	5	10	15	20
C (препарата), %	0,001	0,01	0,1	1

Для исследования взаимного влияния всех факторов при минимальном количестве экспериментов использовали матрицу планирования (таблица 2).

Таблица 2

**Матрица планирования эксперимента
с указанием численных значений переменных параметров для каждого опыта**

Опыт 1 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	3 20 5 0,001	Опыт 2 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	3 40 10 0,01	Опыт 3 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	3 60 15 0,1	Опыт 4 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	3 80 20 1
Опыт 5 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	6 20 10 0,1	Опыт 6 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	6 40 5 1	Опыт 7 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	6 60 20 0,001	Опыт 8 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	6 80 15 0,01
Опыт 9 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	9 20 15 1	Опыт 10 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	9 40 20 0,1	Опыт 11 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	9 60 5 0,01	Опыт 12 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	9 80 10 0,001
Опыт 13 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	12 20 20 0,01	Опыт 14 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	12 40 15 0,001	Опыт 15 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	12 60 10 1	Опыт 16 рН $t, ^\circ\text{C}$ τ , мин С, %	12 80 5 0,1

В результате математической обработки полученных экспериментальных данных в пакете прикладных программ Neural Statistica Network была сформирована нейронная сеть, архитектура которой представлена на рис. 1.

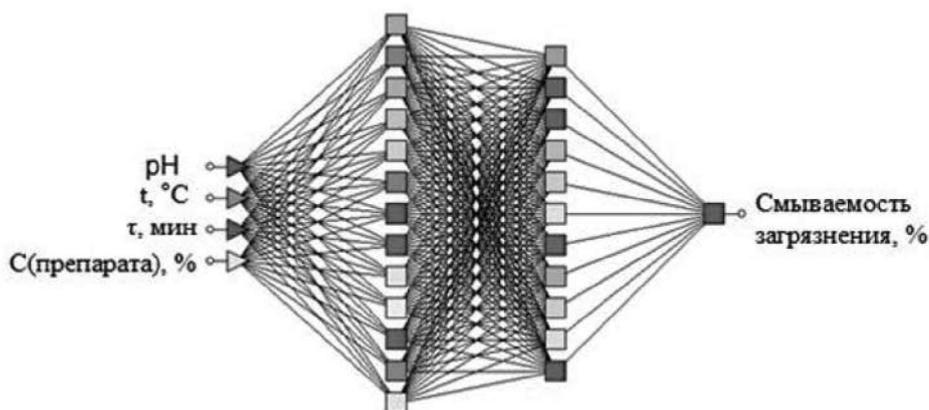


Рис. 1. Архитектура многослойного персептрона, сформированного для определения влияния условий процесса мойки технологического оборудования молочной промышленности на смываемость белково-жировых загрязнений

На рис. 2 представлена поверхность отклика выходного параметра Y (смываемость загрязнения) в зависимости от активной кислотности и температуры раствора при прочих оптимальных условиях.

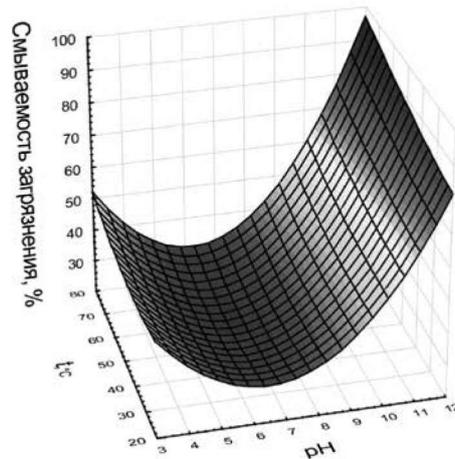


Рис. 2. Поверхность отклика выходного параметра Y в зависимости от активной кислотности и температуры среды при прочих оптимальных условиях

Анализ поверхности, изображенной на рис. 2, показывает, что смываемость белково-жировых загрязнений линейно возрастает при увеличении температуры рабочего раствора моюще-дезинфицирующего средства во всем интервале pH. Зависимость смываемости загрязнения от активной кислотности рабочего раствора представляет собой функцию 2-го порядка, графическое представление которой – парабола. Как показал анализ рис. 2, экстремум этой функции находится при $pH = 7$.

Высокая смываемость в щелочной среде ($pH \sim 12$) обусловлена щелочным гидролизом молочного загрязнения. Минимальная моющая способность наблюдается в нейтральной среде ($pH = 7$), когда невозможно протекание кислотного или щелочного гидролиза. Хорошая смываемость при $pH \sim 3$ объясняется кислотным гидролизом белково-жирового загрязнителя. Процесс гидролиза в кислой среде приводит к расщеплению триглицеридов (жиров) на глицерин и жирные кислоты, а молочного белка – на пептиды и аминокислоты. Процесс гидролиза в щелочной среде приводит к расщеплению триглицеридов на глицерин и соли жирных кислот, а молочный белок расщепляется на соли аминокислот. Зависимость от температуры почти линейна, что объясняется возрастанием степени гидролиза при повышении температуры.

На рис. 3 представлена поверхность отклика выходного параметра Y (смываемость загрязнения) в зависимости от активной кислотности раствора и времени экспозиции при прочих оптимальных условиях.

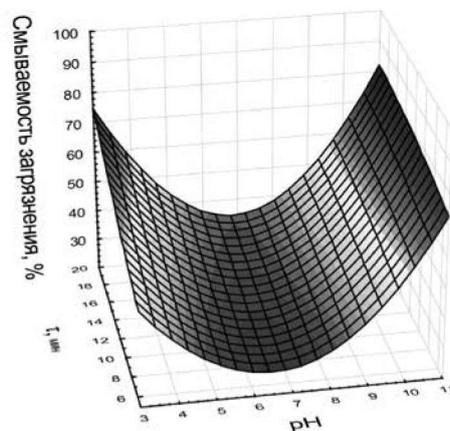


Рис. 3. Поверхность отклика выходного параметра Y в зависимости от активной кислотности среды и времени санации при прочих оптимальных условиях

Анализ поверхности, изображенной на рис. 3, также подтверждает ранее сделанные выводы о влиянии активной кислотности рабочего раствора разработанного моюще-дезинфицирующего средства на процесс смываемости белково-жировых загрязнений с металлических поверхностей в модельном эксперименте. Также поверхность показывает линейное возрастание смываемости загрязнения при увеличении времени экспозиции.

На рис. 4 представлена поверхность отклика выходного параметра Y (смываемость загрязнения) в зависимости от температуры раствора и времени экспозиции при прочих оптимальных условиях.

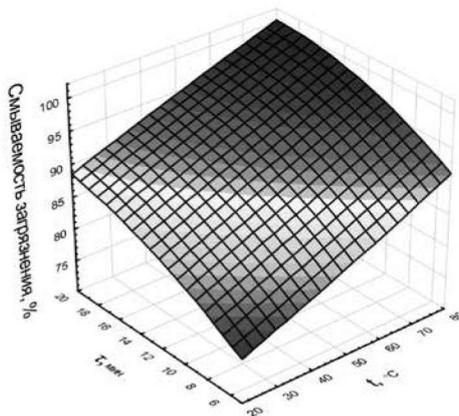


Рис. 4. Поверхность отклика выходного параметра Y в зависимости от температуры раствора и времени санации при прочих оптимальных условиях

Анализ поверхности, представленной на рис. 4, показывает, что смываемость загрязнения линейно зависит от температуры рабочего раствора и от времени санации, то есть чем выше температура и больше время экспозиции, тем больше загрязнителя смывается с рабочей поверхности. Смываемость достигает максимально возможного значения при температуре $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ и времени экспозиции 20 минут.

На рис. 5 представлена поверхность отклика выходного параметра Y (смываемость загрязнения) в зависимости от концентрации препарата коллоидного серебра и времени санации при прочих оптимальных условиях.

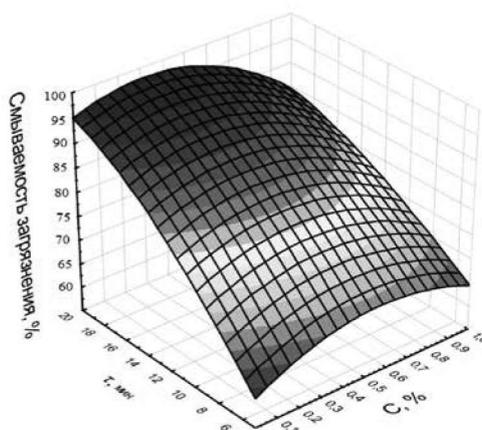


Рис. 5. Поверхность отклика выходного параметра Y в зависимости от концентрации коллоидного серебра и времени санации при прочих оптимальных условиях

Анализ поверхности, представленной на рис. 5, показывает, что наибольшая смываемость загрязнения достигается при времени экспозиции 20 минут при концентрации препарата коллоидного серебра от 0,1 до 0,5 %. Дальнейшее увеличение концентрации препарата приводит к обильному пенообразованию и, как следствие, к ухудшению моющих свойств.

На рис. 6 представлена поверхность отклика выходного параметра Y (смываемость загрязнения) в зависимости от температуры раствора и концентрации коллоидного серебра при прочих оптимальных условиях.

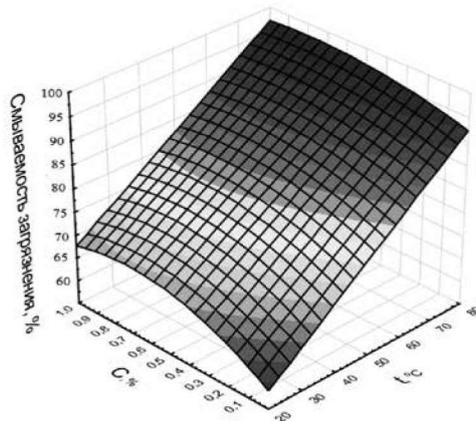


Рис. 6. Поверхность отклика выходного параметра Y в зависимости от температуры раствора и концентрации наносеребра при прочих оптимальных условиях

Анализ поверхности, изображенной на рис. 6, показывает, что моющая способность прямолинейно зависит от температуры раствора и нелинейно – от концентрации препарата коллоидного серебра. При максимальной температуре рабочего раствора моющая способность незначительно изменяется, однако при повышении концентрации коллоидного серебра температура является лимитирующим фактором, так как происходит разрушение образующейся пены, что определяет высокую степень гидролиза загрязнителя. При минимальной температуре степень гидролиза мала и смываемость преимущественно зависит от концентрации препарата.

В результате проведенных исследований по изучению смываемости белково-жировых загрязнений разработанным МДС в модельном эксперименте были установлены оптимальные значения параметров, значимо влияющие на процесс мойки: $C(\text{МДС}) = 0,1 \%$, $\text{pH} = 12$, $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, $\tau = 10$ минут.

Оптимизация процесса мойки в модельном эксперименте и полученные результаты позволяют упростить подбор режимов мойки реального оборудования на предприятиях молочной промышленности.

Литература

1. Алагезян Р. Г. Моющие и дезинфицирующие средства в молочной промышленности. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 168 с.
2. Блинова А. А. Изучение закономерностей синтеза концентрата наночастиц серебра / А. А. Блинова, А. В. Блинов, А. В. Серов, А. Г. Храмов // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2014. № 6(45). С. 20–25.
3. Блинова А. А. Интенсификация процесса мойки технологического оборудования с помощью препарата коллоидного серебра / А. А. Блинова, А. В. Блинов, А. В. Серов, А. Г. Храмов // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации в интенсификации производства и переработки сельскохозяйственной продукции»; Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; Волгоградский государственный технический университет. Волгоград, 2015. С. 368–370.

4. Кириюткин Г. В., Молочников В. В. Мойка и дезинфекция технологического оборудования предприятий молочной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1976. 120 с.
5. Кузина Ж. И. Научное обоснование и промышленная реализация инновационных технологий санитарной обработки оборудования в молочной промышленности: автореф. ... дис. д-ра техн. наук: 05.18.04 / Кузина Жанна Николаевна. М., 2010. 51 с.
6. Храмцов А. Г. Общая технология молочных продуктов: учебное пособие / А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева, Т. В. Бархатова. Ставрополь: СевКавГТУ, 2005. 175 с.
7. Шалыгина А. М., Калинина Л. В. Общая технология молока и молочных продуктов: учебное пособие. М.: КолосС, 2007. 199 с.

УДК 637.1; 664.38

**Будкевич Роман Олегович, Еремина Анастасия Игоревна,
Будкевич Елена Владимировна, Слюсарев Геннадий Васильевич**

МИЦЕЛЛИЗАЦИЯ СТРУКТУР ИЗ КАЗЕИНА И ДЕКСТРАНА, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕАКЦИИ МАЙЯРА

Получены мицеллы при сополимеризации казеина и декстрана в реакции Майяра. Использование ИК-Фурье спектроскопии позволило выявить изменения, характерные для гликозилированных белков. Растворы мицелл характеризуются изменением оптических свойств и, по данным распределения гидродинамического радиуса, мицеллизация является обратимой в зависимости от pH. При pH 4.6 (изоэлектрическая точка казеина) размер мицелл колеблется в диапазоне от 400 нм до 2000 нм, а изменение pH до 7 приводит к диссоциации мицелл. Мицеллы могут быть использованы для инкапсуляции гидрофобных веществ в пищевой промышленности.

Ключевые слова: мицеллизация, казеин, декстран, реакция Майяра, сополимер, меланоидинообразование, ИК-спектроскопия.

**Roman Budkevich, Anastasiya Eremina, Elena Budkevich,
Gennady Slyusarev**

MICELLIZATION OF CASEIN-DEXTRAN STRUCTURES OBTAINED IN THE MAILLARD REACTION

Micelles were prepared by the crosslinking copolymerization of casein and dextran in the Maillard reaction. Glycated proteins were identified using ft-IR spectrometry. Solutions of micelles are characterized by changing of optical properties. Micellization is reversible depending on pH. Micelles size ranges from 400 to 2000 nm when pH 4.6 and micelles dissociate at pH 7.0. Micelles can be used to encapsulate hydrophobic substances in the food industry.

Key words: micellization, casein, dextran, Maillard reaction, copolymer, IR - spectrometry.

В последние годы стала актуальна проблема синтеза микро- и наночастиц биологического происхождения, что связано с потенциальной опасностью синтетических наночастиц [2]. Использование казеина обусловлено его универсальными свойствами. Во-первых, его безопасностью и возможностью создавать водорастворимые белковые комплексы с жирорастворимыми витаминами, например, с каротином [12]. Во-вторых, модифицированные белки, и казеин в их числе, используют в пищевой промышленности в качестве коллоидных стабилизаторов [5].

Казеины являются преобладающими белковыми компонентами молока и состоят из нескольких фракций: $\alpha 1$ -, $\alpha 2$ -, β -, и κ -казеин. Все четыре казеиновые фракции коровьего молока не имеют определенной структуры и представлены амфифильными белками [1]. Казеин в молоке находится