

НАДМОЛОЧНАЯ КИСЛОТА: СИНТЕЗ, АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ В ДЕЗИНФЕКЦИИ

Ю.В. Матвейчук, Д.В. Станишевский

Юлия Владимировна Матвейчук (ORCID 0000-0003-0919-0042)*, Дмитрий Владиславович Станишевский (ORCID 0000-0002-9839-3839)

ООО «НОРДХИМ», ул. Уручская, 23А/309, Минск, Республика Беларусь, 220125

E-mail: Yu_Matveychuk@mail.ru*, dimastr2110@gmail.com

*Цель данного исследования – синтез надмолочной кислоты (НМК), разработка аналитической методики ее определения, а также методики определения концентрации рабочих растворов и апробирование эффективности средства на основе НМК на некоторых тест-культурах (*S. Aureus* штамм ATCC 6538, *C. Albicans* штамм ATCC 10231, *A. brasiliensis* штамм ATCC 16404). Условия синтеза: катализатор – концентрированная серная кислота, стабилизатор-комплексобразователь – смесь 60% этидроновой (1-гидроксизтилиден-1,1-дифосфоновая кислота) и 85% ортофосфорной кислот. Мольное соотношение перекиси водорода (60%) к молочной кислоте составляет 3,63:1,00; перекиси водорода (50%) к молочной кислоте – 3,03:1,00. Температура синтеза 20-22 °С. Реактор должен заполняться не более, чем на 50% от общего объема. Синтез необходимо проводить в условиях постоянного охлаждения и перемешивания. После окончания синтеза необходимо ставить реакционную смесь на созревание при температуре около 22 °С. Продолжительность созревания НМК – 15-16 сут. Разработана доступная двухэтапная методика определения концентрации НМК с помощью метода окислительно-восстановительного титрования. На первом этапе с помощью перманганата калия оттитровывается перекись водорода, на втором этапе иодометрически – надмолочная кислота. Воспроизводимость методики была подтверждена в РУП «Научно-практический центр гигиены» (г. Минск). НМК проявила себя эффективно в отношении тест-культур *S. Aureus* (RF (фактор редукции) = 6,34), *C. Albicans* (RF (фактор редукции) = 5,98), *A. brasiliensis* (RF (фактор редукции) = 5,25). Таким образом, разработана методика синтеза НМК, обеспечивающая получение препарата с концентрацией 12-13% масс., что превосходит известные аналоги. Разработана титриметрическая методика определения концентрации НМК и ее рабочих растворов, что необходимо при составлении нормативной документации при выпуске соответствующей продукции. На конец 6-месячного цикла наблюдений при температуре 20-22 °С содержание НМК составило 6,5-7,0% масс., что больше, чем у конкурирующих фирм-производителей.*

Ключевые слова: надмолочная кислота, синтез, титриметрическая методика, антимикробная активность

PERLACTIC ACID: SYNTHESIS, ANALYTICAL DETERMINATION AND APPLICATION IN DISINFECTION

Yu.V. Matveichuk, D.V. Stanishevskii

Yulya V. Matveichuk (ORCID 0000-0003-0919-0042)*, Dmitrii V. Stanishevskii (ORCID 0000-0002-9839-3839)

LLC «NORDCHIM», Uruchskaya st., 23A/309, Minsk, 220125, Republic of Belarus

E-mail: Yu_Matveychuk@mail.ru*, dimastr2110@gmail.com

*The purpose of this study is the synthesis of perlactic acid (PLA), the development of an analytical method for its determination, as well as a method for determining the concentration of working solutions and testing the effectiveness of an agent based on NMC on some test cultures (*S. Aureus* strain ATCC 6538, *C. albicans* strain ATCC 10231, *A. brasiliensis* strain ATCC 16404).*

Synthesis conditions: catalyst - concentrated sulfuric acid, stabilizer-complexing agent - a mixture of 60% etidronic (1-hydroxyethylidene-1,1-diphosphonic acid) and 85% orthophosphoric acids. The molar ratio of hydrogen peroxide (60%) to lactic acid is 3.63:1.00; hydrogen peroxide (50%) to lactic acid - 3.03:1.00. The synthesis temperature is 20-22 °C. The reactor should be filled no more than 50% of the total volume. The synthesis must be carried out under constant cooling conditions and mixing. After the end of the synthesis, it is necessary to put the reaction mixture on maturation at a temperature of about 22 °C. Duration of maturation of PLA – 15-16 days. An accessible two-stage technique for determining the concentration of PLA using the redox titration method has been developed. At the first stage, hydrogen peroxide is titrated using potassium permanganate, and at the second stage, perlactic acid is titrated iodometrically. The reproducibility of the method was confirmed at the RUE "Scientific and Practical Center for Hygiene" (Minsk). PLA was effective against test cultures *S. aureus* (RF (reduction factor) = 6.34), *C. albicans* (RF (reduction factor) = 5.98), *A. brasiliensis* (RF (reduction factor) = 5.25). Thus, a method for the synthesis of PLA has been developed, which ensures the preparation of a preparation with a concentration of 12-13% by weight, which is superior to the known analogues. A titrimetric method for determining the concentration of PLA and its working solutions has been developed, which is necessary when drawing up regulatory documents for the release of the corresponding product. At the end of the 6-month observation cycle at a temperature of 20-22 °C, the content of PLA was 6.5-7.0% by weight, which is more than that of competing manufacturers.

Key words: perlactic acid, synthesis, titrimetric method, antimicrobial activity

Для цитирования:

Матвейчук Ю.В., Станишевский Д.В. Надмолочная кислота: синтез, аналитическое определение и применение в дезинфекции. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2022. Т. 65. Вып. 2. С. 102–110

For citation:

Matveichuk Yu.V., Stanishevskii D.V. Perlactic acid: synthesis, analytical determination and application in disinfection. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 2. P. 102–110

ВВЕДЕНИЕ

Развитие общества, рост промышленного производства и численности населения ставит жесткие требования для санитарной обработки объектов пищевой промышленности, транспорта, торговли, объектов общественного питания, здравоохранения и др. В то же время серьезные требования выдвигаются и к химическим соединениям – дезинфектантам: микробиологическая эффективность; безопасность применения; скорость действия; экономичность и др. К наиболее широко применяемым веществам относятся глутаровый альдегид, пероксид водорода, хлорактивные соединения (диоксид хлора, гипохлорит натрия), иодфоры, спирты (этиловый, пропиловый, изопропиловый), четвертичные аммониевые соединения (ЧАС), третичные амины, поверхностно-активные (ПАВ) и фенолсодержащие вещества. Однако не все из них безопасны для человека и животных (глутаровый альдегид, фенолсодержащие вещества) [1].

Ассортимент антимикробных препаратов в последние годы существенно расширился, однако возрастает количество штаммов микроорганизмов [2], устойчивых к разным классам химических соединений. Исключить развитие резистентности

микроорганизмов к антимикробному средству возможно только применением растворов с метастабильными действующими веществами, самопроизвольный распад которых во время экспозиции обеспечивает множественность и непредсказуемость путей развития реакции, нарушающих процессы их жизнедеятельности [3, 4]. Применение пероксидных дезинфицирующих средств позволяет воздействовать практически на все известные виды вирусов и бактерий, что позволяет применять эти средства для стерилизации, не требуя постоянной замены, что обусловлено разнообразием механизмов воздействия [4, 5]. Кроме того, такие средства, зачастую, не требуют смывания с обрабатываемых поверхностей.

Относительно новое направление разработки дезинфицирующих средств – композиции на основе растворов пероксида водорода с органической надкислотой, бактерицидный эффект которых обусловлен своеобразным аутолитическим «взрывом» за счет реакции перекисного окисления липидов, сульфгидрильных и гидроксильных групп белков, нуклеиновых кислот [5-9].

ООО «НОРДХИМ» – белорусский разработчик и производитель моющих и дезинфицирующих средств, ориентированный, главным обра-

зом, на пищевую и перерабатывающую промышленность, в связи с чем активно взяты курс на разработку и производство экологически безопасных, не токсичных, биоразлагаемых и эффективных средств.

Так, очень широкое применение получили препараты на основе надуксусной кислоты (НУК). Однако, несмотря на успешность применения средств на основе НУК, многих потребителей отталкивает очень резкий, удушливый запах надуксусной кислоты [9-11]. Кроме того, пищевые производства, объекты здравоохранения, общественного питания и др. зачастую настаивают на замене одного пероксидного действующего вещества на другое. В этом плане перспективными являются препараты на основе надмолочной кислоты (НМК), которая не обладает резким запахом, при этом не уступая по эффективности. Кроме того, используемая для получения НМК молочная кислота относится к природным возобновляемым сырьевым ресурсам [12].

В работе [13] измерено значение окислительно-восстановительного потенциала для раствора НУК с концентрацией 1,000 мг/л (665 мВ; pH = 2,8), для раствора НМК с концентрацией 1,000 мг/л (620 мВ; pH = 1,9), из которых видно, что окислительная сила НМК и НУК очень близка.

В настоящее время существует несколько фирм-производителей НМК: Himway (РФ, средства «САНВЭЙ ДЕЗ» с 1,0-4,0 % масс. НМК и 18,0-25,0 % масс. H₂O₂ и «САНВЭЙ ТЕХ»), «ЭСТКО» (РБ, средство «ОКСИМОЛ»), ООО «Дал-Гешефт» (РБ, средство «CLEARAN DEZ M» с 1,0-5,0 % масс. НМК и 25,0-36,0 % масс. H₂O₂), ООО «Химотроника» (РФ, средство «ТИПРОДЕЗ» не менее 4,0 % масс. НМК и 20,0-25,0 % масс. H₂O₂), (РБ, средство «НАВИСАН» М1, 1,5% масс. НМК). Как видно из приведенной информации, концентрация НМК в дезсредствах невысокая, что предполагает применение достаточно концентрированных рабочих растворов и, как следствие, удорожание дезинфекции объекта и увеличенный расход концентрата.

Информация о технологии синтеза НМК практически отсутствует. Кроме того, даже в имеющейся информации отсутствует описание методики определения концентрации НМК в растворах. Уделяется внимание изучению структуры НМК и других органических пероксидов методом ¹⁷O ЯМР-спектроскопии, а также приводятся результаты исследований по модификации полимерных материалов путем иммобилизации на них органических пероксидных функциональных групп [11, 13-15].

Цель работы – синтез НМК высокой концентрации, разработка аналитической методики ее определения, а также методики определения концентрации рабочих растворов и апробирование эффективности средства на основе НМК на некоторых тест-культурах (*S. Aureus* ATCC 6538, *C. Albicans* ATCC 10231, *A. brasiliensis* ATCC 16404).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Реагенты (использовались без дополнительной очистки): H₂O₂ 50% (ПАО «Химпром», РФ), H₂O₂ 60% (SOLVAY S.A. (Бельгия), молочная кислота 80% пищевая (XENAN JINDAN LACTIC ACID TECHNOLOGY CO., LTD. (Китай)), этидроновая кислота 60% (HEMAN QINGSHUIYUAN TECH. CO., LTD. (Китай)), ортофосфорная кислота 85% (WENGFU INTERTRADE LTD. (Китай)), серная кислота 94% (АО «База №1 Химреактивов» (РФ)).

Реагенты для определения действующих веществ: H₂SO₄ «х.ч.» (раствор 1:4); 0,100 н KMnO₄ (фиксанал); KI 10% раствор; крахмал 1% раствор; 0,100 н Na₂S₂O₃.

Приборы и оборудование: весы ВЛТ-150-П (±0,001 г), весы METTLER TOLEDO AX 304 (±0,0001 г), магнитная мешалка HI 190 M, pH-метр HI 5222 (электрод комбинированный HI 1131), набор ареометров общего назначения АОН-1, термостат жидкостной низкотемпературный КРИО-ВИСТ-Т-06 (от -30 до +50 °С), пипет-дозатор Thermo scientific (100-1000 мкл), термометр HI 98501 (Checktemp, -50 до +150 °С).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Синтез НМК (схема приведена на рис. 1).

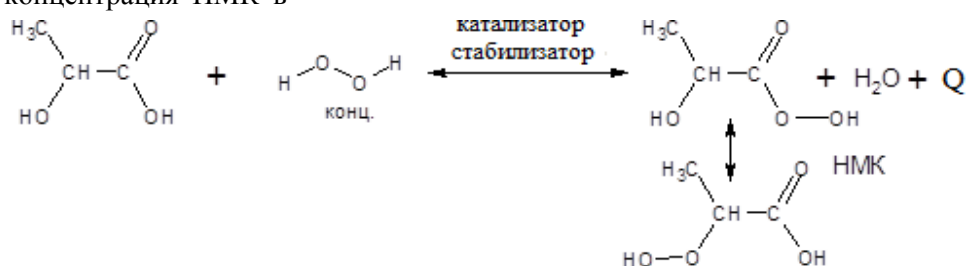


Рис. 1. Схема синтеза НМК [5,7]
Fig. 1. Scheme of synthesis of PLA [5,7]

Катализатором данной реакции выступает концентрированная серная кислота, стабилизатором-комплексообразователем – смесь 60% этидроновой и 85% ортофосфорной кислот. Мольное соотношение перекиси водорода (60%) к молочной кислоте составляет 3,63:1,00; перекиси водорода

(50%) к молочной кислоте – 3,03:1,00. Реакция проводится следующим образом: к смеси перекиси водорода, серной, этидроновой и ортофосфорной кислот медленно (в течение 2-3 ч) при постоянном перемешивании добавляется молочная кислота. Температура синтеза 20-22 °С. Реактор перед синтезом выдерживается в 5% растворе этидроновой кислоты в течение 30-40 мин, просушивается и заполняется не более, чем на 50% от общего объема. В процессе синтеза реактор должен быть открыт.

Сразу после синтеза реакционную смесь разделили на 2 части, одну из которых поставили в холодильник, где постоянно поддерживалась температура +3 °С (кривая охлаждения приведена на рис. 2), и оставили для созревания.

Вторую часть оставили и наблюдали сильнейший разогрев реакционной смеси вплоть до вскипания (рис. 3) с постепенным увеличением газовой выделения (кислород). Вскипевшую НМК охлаждали до +11 °С. Повторный разогрев смеси не наблюдался, газовыделение также прекратилось.

Поэтому после смешения всех реагентов и ввода молочной кислоты реакционную смесь необходимо сразу же охладить, либо проводить синтез в реакторе с постоянным охлаждением (предпочтительнее). Затем оставляют реакционную смесь для созревания при 20-22 °С (рис. 4-7).

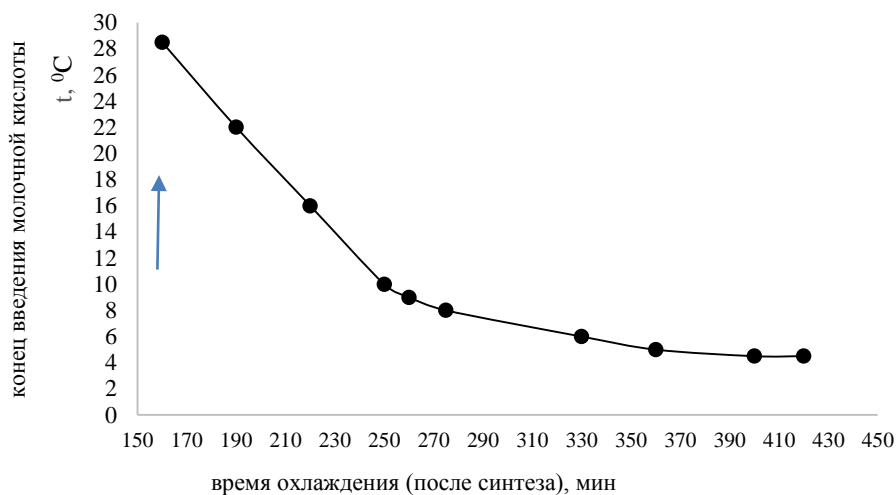


Рис.2. Кривая охлаждения образца НМК
Fig. 2. Cooling curve of an PLA sample

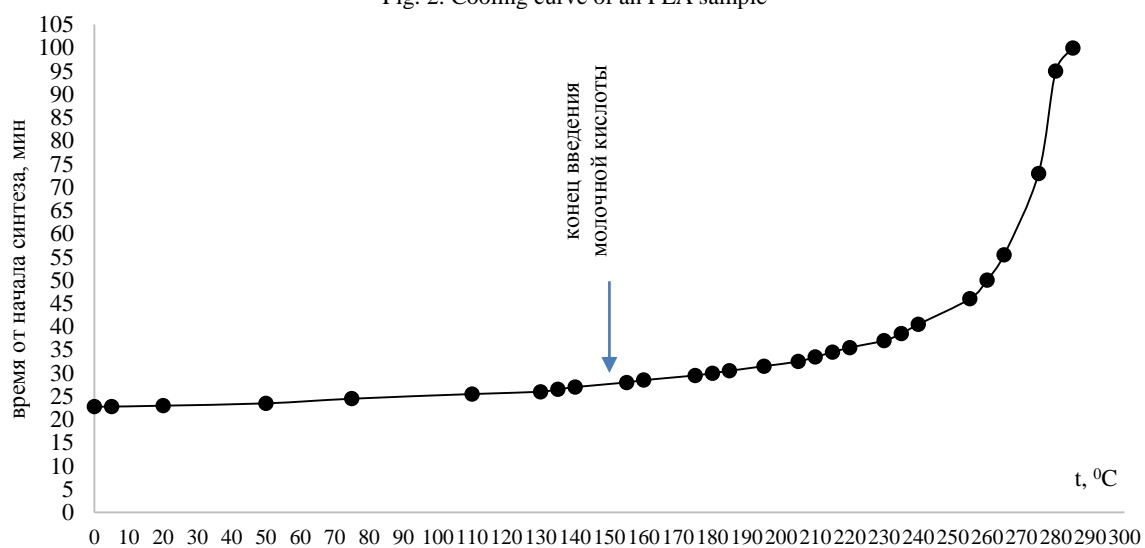


Рис.3. Зависимость температуры реакционной смеси от времени синтеза
Fig. 3. Dependence of the temperature of the reaction mixture on the synthesis time

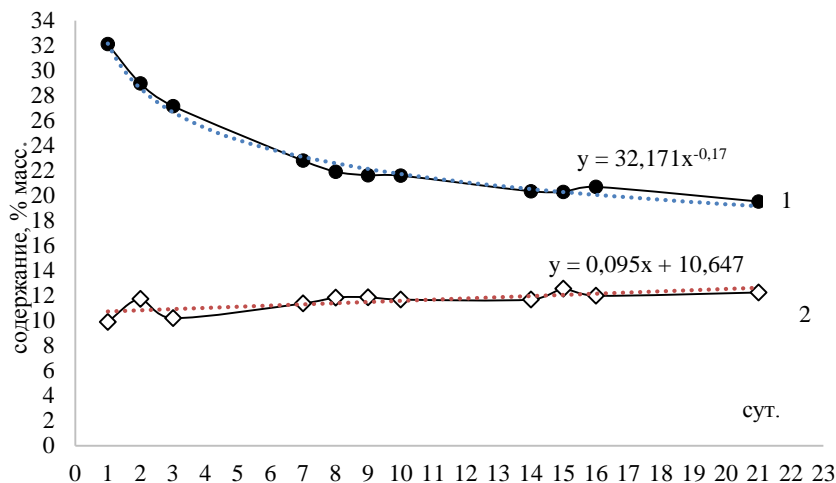


Рис.4. Созревание НМК на основе 60% H₂O₂ при температуре 20-22 °С (1 – кривая H₂O₂, 2 – кривая НМК)
 Fig.4. Ageing PLA based on 60% H₂O₂ at 20-22 °C (1 – curve H₂O₂, 2 – curve PLA)

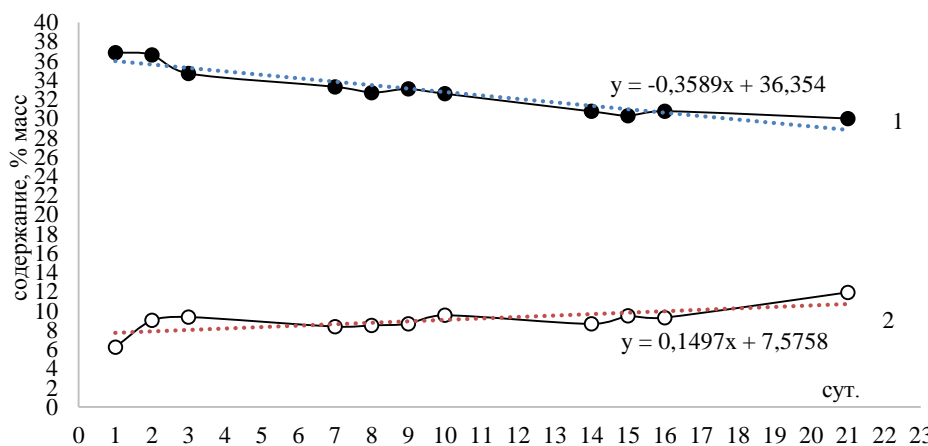


Рис.5. Созревание НМК на основе 60% H₂O₂ при температуре 6 °С (1 – кривая H₂O₂, 2 – кривая НМК)
 Fig.5. Ageing PLA based on 60% H₂O₂ at 6 °C (1 – curve H₂O₂, 2 – curve PLA)

Из рис. 4 и 5 видно, что при 20-22 °С массовая доля НМК достигает 12-13% (H₂O₂ при этом около 20% масс.), при 6 °С – массовая доля НМК достигает 9-10% (H₂O₂ при этом около 30% масс.). Однако, предпочтительнее синтез проводить при комнатной температуре, поскольку перемещение НМК в помещение, где более высокая температура, требует выдерживания не менее 2-3 сут. для стабилизации массового содержания как НМК, так и перекиси водорода.

На рис. 6 и 7 представлены кривые созревания НМК, полученной из 50% перекиси водорода. Видно, что для созревания достаточно 16 сут., при этом содержание НМК достигает 10% масс., перекиси водорода 16 % масс. – созревание при 22 °С; содержание НМК около 9% масс. и перекиси водорода около 27% масс. – созревание при 6 °С.

Температура хранения НМК составляет 0 до + 25 °С. На конец 6-месячного цикла наблюде-

ний (6 мес. – это минимум срока годности для дез-средств) при температуре 20-22 °С содержание НМК составило 6,5-7,0% масс., что больше, чем у конкурирующих фирм-производителей. Полученные образцы НМК имеют плотность 1,13-1,15 г/см³, рН(1% масс. раствора) = 2,6.

2. Методика определения НМК

При отработке методики титрования НМК опирались на результаты работ [14, 17-21], где приводится информация о титровании НУК.

Колбы для титрования предварительно выдерживают в 5% растворе этидроновой кислоты в течение не менее 15 мин. В коническую колбу помещают 25 мл дистиллированной воды, закрывают предметным стеклом или крышкой. Колбу помещают на весы. При помощи пипет-дозатора добавляют 200-300 мкл пробы средства, сразу закрывают предметным стеклом или крышкой. Записывают массу добавленного средства с точностью до ±0,0001 г. Снимают колбу с весов и добавляют 25 мл

воды и 40 мл 4,5 моль/л серной кислоты, перемешивают. Набирают в стаканчик 10 мл 10% йодистого калия. Начинают титрование содержимого колбы перманганатом калия. Для интенсификации перемешивания (обесцвечивания) используют магнитную мешалку. Вначале допустимо добавление титранта порциями по 5,0 мл, а затем порциями по 1,0-2,0 мл. При снижении скорости просветления добавлять титрант по 2-3 капли и титровать так до появления светло-розовой окраски, не исчезающей в

течение 30-35 с. Первое титрование выполняется как ориентировочное для оценки объема перманганата калия, который затрачивается на титрование. Общая продолжительность перманганатометрического титрования не должна превышать 5 мин. Далее незамедлительно вливают предварительно подготовленный йодистый калий. Закрывают крышкой или предметным стеклом, ставят в темное место на 10 мин. Записывают объем израсходованного титранта (KMnO_4).

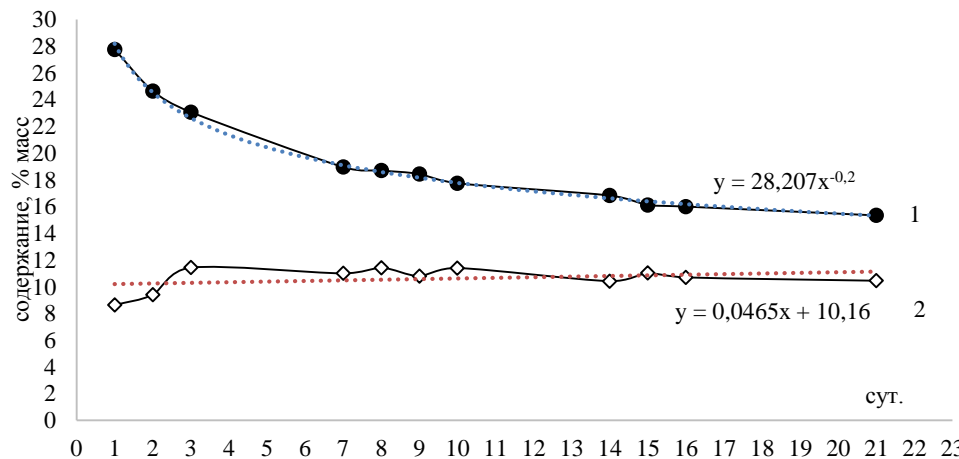


Рис.6. Созревание НМК на основе 50% H_2O_2 при температуре 20-22 °C (1 – кривая H_2O_2 , 2 – кривая НМК)
Fig.6. Ageing PLA based on 50% H_2O_2 at 20-22 °C (1 – curve H_2O_2 , 2 – curve PLA)

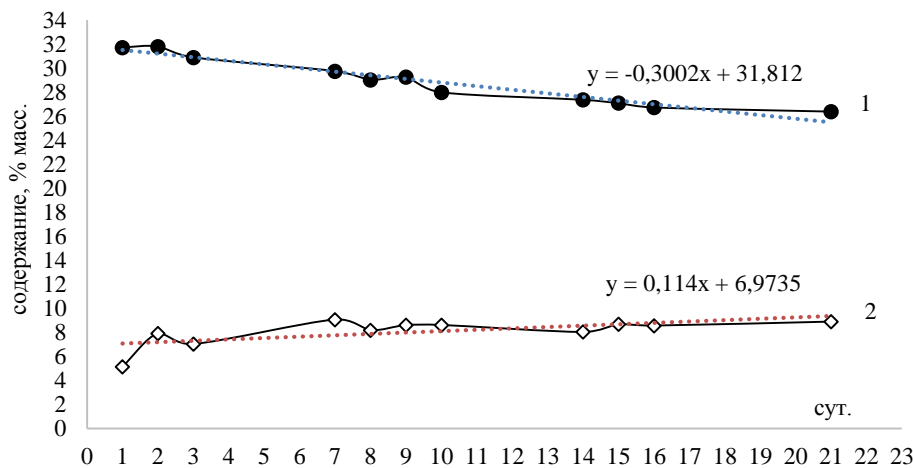


Рис.7. Созревание НМК на основе 50% H_2O_2 при температуре 6 °C (1 – кривая H_2O_2 , 2 – кривая НМК)
Fig.7. Ageing PLA based on 50% H_2O_2 at 6 °C (1 – curve H_2O_2 , 2 – curve PLA)

Через 10 мин при помощи промывалки смывают желтые капли с горлышка колбы и титруют тиосульфатом натрия до светло-желтой окраски, добавив 3-4 капли крахмала, продолжают титрование до полного обесцвечивания раствора. Записывают объем израсходованного титранта ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Массовую долю пероксида водорода (% масс.) и надмолочной кислоты (НМК, % масс.) рассчитывают по формулам:

$$w(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{C(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) \cdot 1,70}{m};$$

$$w(\text{НМК}) = \frac{C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot 5,303}{m}.$$

где $V(\text{KMnO}_4)$ – объем раствора марганцевокислого калия, израсходованного на титрование перекиси водорода, мл; $C(\text{KMnO}_4)$ – точная нормальная концентрация марганцевокислого калия, н; $V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ – объем раствора серноватистокис-

лого натрия $C = 0,100$ н, израсходованного на титрование надмолочной кислоты, мл; $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ – точная нормальная концентрация тиосульфата натрия, израсходованного на титрование надмолочной кислоты, н; m – масса навески пробы средства, г; 1,70 – масса-эквивалента пероксида водорода с учетом пересчета в % масс.; 5,303 – масса надмолочной кислоты с учетом пересчета в % масс.

Результат округляют до двух значащих цифр. За результат анализа принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, относительное расхождение между которыми не превышает 5%. Воспроизводимость методики определения НМК была подтверждена в РУП «Научно-практический центр гигиены» (г. Минск).

3. Антимикробная концентрация дезинфицирующего средства на основе НМК

В табл. 1 приведены некоторые результаты испытаний средства на основе надмолочной кислоты под торговым названием «КАТЕЛОН 504» на антимикробную активность.

Таблица 1

Данные по антимикробной активности дезинфицирующих средств

Table 1. Antimicrobial activity data of disinfectants

Тест-культура	Режим дезинфекции с помощью «КАТЕЛОН 504»
<i>S. aureus</i> ATCC 6538	200С; 5 мин; 0,0910% масс. RF = 6,34
<i>C. albicans</i> ATCC 10231	200С; 5 мин; 0,273% масс. RF = 5,98
<i>A. brasiliensis</i> ATCC 16404	200С; 5 мин; 2,50% масс. RF = 5,25

Из табл. 1 видно, что «КАТЕЛОН 504» проявляет бактерицидную (*S. aureus*), фунгицидную (*C. albicans*) активность, а также эффективен в отношении плесени (*A. brasiliensis*), при этом фактор редуции RF намного превышает 5 логарифмов. В настоящее время проводятся дальнейшие испытания средства на туберкулоцидную, вирулицидную, спороцидную активность, отрабатываются режимы стерилизации (на резиновых тест-объектах). Кроме того, расширено число штаммов по бактерицидной активности, а также подбираются режимы «холодной» дезинфекции (при 0 °С).

На антимикробную активность средство «КАТЕЛОН 504» испытывали в РУП «Научно-практический центр гигиены» (г. Минск).

4. Контроль концентрации рабочих растворов дезинфицирующего средства на основе НМК

Как видно из табл. 1, дезинфекция проводится не концентратом средства, а рабочими растворами, концентрацию которых также необходимо контролировать. Рабочие растворы средства готовят путем смешивания концентрата средства с водой, которая должна соответствовать требованиям СанПиН 10-124 РБ, СанПиН 2.1.4.559-96 или ГОСТ 2874-82), причем сначала заливается необходимое количество воды в емкость, а затем концентрат средства. Допустимо использование обратносмотической воды или воды, прошедшей через ионообменную установку.

В коническую колбу помещают 25 мл воды, навеску рабочего раствора (необходимо титровать свежеприготовленные рабочие растворы), ориентируясь на данные табл. 2, закрывают предметным стеклом или крышкой. Записывают массу рабочего раствора с точностью до $\pm 0,1$, $\pm 0,01$ г или до $\pm 0,001$ г (в зависимости от массы навески раствора по табл. 2). Снимают колбу с весов, добавляют 25 мл воды, 40 мл 4,5 моль/дм³ серной кислоты и перемешивают. Титруют содержимое колбы перманганатом калия. Добавляют титрант порциями по 0,5 мл и перемешивают до обесцвечивания. При снижении скорости просветления добавляют титрант по 2-3 капли и титруют так до появления светло-розовой окраски, не исчезающей в течение 30-35 с. Первое титрование выполняется как ориентировочное для оценки объема перманганата калия, который затрачивается на титрование. Общая продолжительность перманганатометрического титрования не должна превышать 3 мин. Записывают объем израсходованного титранта (KMnO_4).

Концентрация рабочих растворов в % об. рассчитывается по формуле:

$$w(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{C(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) \cdot 1,700}{m_{\text{раб.р-ра}} \cdot \rho_{\text{концентрат}} \cdot \omega(\text{H}_2\text{O}_2)_{\text{концентрат}}}$$

где $C(\text{KMnO}_4)$ – точная нормальная концентрация марганцевокислого калия, н; $V(\text{KMnO}_4)$ – объем

Таблица 2

Данные для титрования рабочих растворов «КАТЕЛОН 504»

Table 2. Data for titration of working solutions «KATELON 504»

Концентрация рабочего раствора, % об.	0,05	0,1	0,5	0,7	1,0	5,0
Масса рабочего раствора, г	160,0-180,0	80,0-95,0	15,00-20,00	13,00-15,00	8,000-12,000	1,500-2,000

раствора марганцевокислого калия $C = 0,100$ н, израсходованного на титрование перекиси водорода, мл; m – масса навески рабочего раствора, г; $\rho_{\text{концентрат}}$ – плотность концентрата средства «КАТЕЛОН 504», г/мл; $\omega(\text{H}_2\text{O}_2)_{\text{концентрат}}$ – массовая доля перекиси водорода в концентрате средства, в долях; 1,700 – коэффициент, свойственный данному методу.

В пунктах 2 и 4 при описании методик указывается время на выполнение некоторых стадий титрования. Было замечено, что если придерживаться постоянного времени выполнения стадий титрования, то существенно повышается воспроизводимость результатов.

НМК теряет свою эффективность при pH больше 4,0, поэтому необходимо контролировать pH рабочих растворов, особенно с самыми низкими концентрациями. Если в них pH более 4,0, то подкислить разбавленной ортофосфорной кислотой с контролем pH.

По аналогии с НУК можно предположить несколько механизмов разложения НМК [16]:

- гидролиз с образованием молочной кислоты и перекиси водорода;
- разложение на молочную кислоту и кислород;
- ускорение разложения под действием переходных металлов;
- разложение в слабокислой и в слабощелочной среде (pH = 5,5-10,2) с выделением кислорода, образованием перилактат-ионов.

ВЫВОДЫ

Синтезирована надмолочная кислота с содержанием основного вещества 12-13% масс. Подобраны условия синтеза: катализатор – концен-

трированная серная кислота, стабилизатор-комплексобразователь – смесь 60% этидроновой и 85% ортофосфорной кислот. Мольное соотношение перекиси водорода (60%) к молочной кислоте составляет 3,63:1,00; перекиси водорода (50%) к молочной кислоте – 3,03:1,00. Температура синтеза 20-22 °С. Синтез необходимо проводить в условиях постоянного охлаждения, т.к. с течением времени реакционная смесь вскипает. Продолжительность созревания надмолочной кислоты – 16 сут.

На конец 6-месячного цикла наблюдений при температуре 20-22 °С содержание НМК составило 6,5-7,0% масс., что больше, чем у конкурирующих фирм-производителей.

Разработана доступная методика определения концентрации НМК с помощью метода окислительно-восстановительного титрования, когда на первом этапе с помощью перманганата калия оттитровывается перекись водорода, а затем иодометрически определяются надмолочная кислота, что необходимо при составлении нормативной документации при выпуске соответствующей продукции. НМК проявила себя эффективно в отношении *S. Aureus* (RF = 6,34), *C. Albicans* (RF = 5,98), *A. brasiliensis* (RF = 5,25).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Aslam B., Wang W., Arshad M.I., Khurshid M., Muzammil S., Rasool M.H., Baloch Z.** Antibiotic resistance: a rundown of a global crisis. *Infect. Drug Resist.* 2018. V. 11. P. 1645-1658. DOI: 10.2147/IDR.S173867.
2. **Бахир В.М., Вторенко В.И., Леонов Б.И.** Эффективность и безопасность химических средств для дезинфекции, предстерилизационной очистки и стерилизации. *Дезинфекц. дело.* 2003. № 1. С. 32–39.
3. **Герасимов В.Н.** Матер. Всерос. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы теории и практики дезинфектологии». Москва. 2008. С. 97–99.
4. **Alidjinou E.K., Sane F., Firquet S., Lobert P.-E., Hober D.** Resistance of Enteric Viruses on Fomites. *Intervirology.* 2018. V. 61. P. 205–213. DOI: 10.1159/000448807.
5. **Шабловский В.О., Тучковская А.В., Ивашина О.В., Рухля В.А., Пап О.Г.** Композиционные пероксидные дезинфицирующие средства широкого спектра действия. Свиридовские чтения: сб. ст. Вып. 10. Минск: БГУ. 2014. С. 134–147.
6. **Luukkonen T., Pehkonen S.O.** Peracids in water treatment: a critical review. *Critical Rev. Env. Sci. Tech.* 2017. V. 47. N 1. P. 1–39. DOI: 10.1080/10643389.2016.1272343.

REFERENCES

1. **Aslam B., Wang W., Arshad M.I., Khurshid M., Muzammil S., Rasool M.H., Baloch Z.** Antibiotic resistance: a rundown of a global crisis. *Infect. Drug Resist.* 2018. V. 11. P. 1645-1658. DOI: 10.2147/IDR.S173867.
2. **Bakhir V.M., Vtorenko V.I., Leonov B.I.** Efficiency and safety of chemicals for disinfection, pre-sterilization cleaning and sterilization. *Dezinfekts. Delo.* 2003. N 1. P. 32–39 (in Russian).
3. **Gerasimov V.N.** Materials of the All-Russian. scientific-practical conf. "Topical issues theory and practice of disinfectology". Moscow. 2008. P. 97–99 (in Russian).
4. **Alidjinou E.K., Sane F., Firquet S., Lobert P.-E., Hober D.** Resistance of Enteric Viruses on Fomites. *Intervirology.* 2018. V. 61. P. 205–213. DOI: 10.1159/000448807.
5. **Shablovsky V.O., Tuchkovskaya A.V., Ivashina O.V., Rukhlya V.A., Pap O.G.** Composite peroxide disinfectants of a wide spectrum of action. Sviridov readings: collection of articles. Art. Issue 10. Minsk: BGU. 2014. P. 134-147 (in Russian).
6. **Luukkonen T., Pehkonen S.O.** Peracids in water treatment: a critical review. *Critical Rev. Env. Sci. Tech.* 2017. V. 47. N 1. P. 1–39. DOI: 10.1080/10643389.2016.1272343.

7. **Baldry M.G., Fraser J.A.L.** Industrial biocides. NY.: John Wiley and Sons. 2008. P. 91–116.
8. **Malchesky P.S.** Disinfection, sterilization and preservation. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins. 2000. P. 979–996.
9. **Чижов А., Носик Н., Носик Д.** Вирулицидная эффективность дезинфицирующих средств. Сравнительный анализ. М.: Эдитус. 2019. 56 с.
10. **Kitis M.** Disinfection of Wastewater with Peracetic Acid: A Review. *Env. Int.* 2004. V. 30(1). P. 47–55. DOI: 10.1016/S0160-4120(03)00147-8.
11. **Skowron K., Walecka-Zacharska E., Grudlewska K., Bialucha A.** Biocidal Effectiveness of Selected Disinfectants Solutions Based on Water and Ozonated Water against *Listeria monocytogenes* Strains. *Microorganisms*. 2019. V. 7. P. 127–143. DOI: 10.3390/microorganisms7050127.
12. **Тептерева Г.А., Четвертнева И.А., Мовсумзаде Э.М., Севастьянова М.В.** Возобновляемые природные сырьевые ресурсы, строение, свойства, перспективы применения. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2021. Т. 64. Вып. 9. С. 4–121. DOI: 10.6060/ivkkt.20216409.6465.
13. **Vimont A., Fliss I., Jean J.** Study of the virucidal potential of organic peroxyacids against norovirus on food-contact surfaces. *Food Environ. Virol.* 2015. N 7. P. 49–57. DOI: 10.1007/s12560-014-9174-0.
14. **Murashevych B., Stepanskyi D., Toropin V., Koshova I.** Synthesis and antimicrobial properties of new polymeric materials with immobilized peroxyacid groups. *ARPJ. Eng. App. Sci.* 2020. V. 15. N 24. P. 3090–3099.
15. **Castiglione F., Baggioli A., Citterio A., Mele A., Raos G.** Organic peracids: a structural puzzle for ^{17}O NMR and Ab Initio chemical shift calculations. *J. Phys. Chem. A*. 2012. V. 116. P. 1814–1819. DOI:10.1021/jp210679y.
16. **Baggioli A., Crescenzi O., Field M.J., Castiglione F., Raos G.** Computational ^{17}O NMR spectroscopy of organic acids and peracids: comparison of solvation models. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2013. V. 15. P. 1130–1140. DOI:10.1039/c2cp43021e.
17. **Sode F.** Analytical methods for peroxy acids – a review. *Anal. methods*. 2019. V. 11. P. 3372–3380. DOI:10.1039/C9AY00860H.
18. **Sode F.** Simultaneous determination of peracetic acid and acetic acid by titration with NaOH. *Anal. methods*. 2014. N 6. P.2406–2409. DOI: 10.1039/C3AY41836G.
19. ГОСТ Р 56995-2016 «Дезинфектология и дезинфекционная деятельность. Химические дезинфицирующие средства и антисептики. Метод определения надуксусной кислоты в присутствии перекиси водорода. М.: Стандартинформ. 2016. 24 с.
20. **Zhao X., Cheng K., Hao J., Liu D.** Preparation of peracetic acid from hydrogen peroxide, part II: kinetics for spontaneous decomposition of peracetic acid in the liquid phase. *J. Mol. Cat. A: Chem.* 2008. V. 284. P.58–68. DOI: 10.1016/j.molcata.2008.01.003.
21. **Chen Cheng, Haodong Li, Jinling Wang, Hualin Wang, Xuejing Yang.** A review of measurement methods for peracetic acid (PAA). *Front. Environ. Sci. Eng.* 2020. V. 14(5). P. 87–97. DOI: 10.1007/s11783-020-1266-5.
7. **Baldry M.G., Fraser J.A.L.** Industrial biocides. NY.: John Wiley and Sons. 2008. P. 91–116.
8. **Malchesky P.S.** Disinfection, sterilization and preservation. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins. 2000. P. 979–996.
9. **Chizhov A., Nosik N., Nosik D.** Virucidal efficacy of disinfectants. Comparative analysis. M.: Editus. 2019. 56 p. (in Russian).
10. **Kitis M.** Disinfection of Wastewater with Peracetic Acid: A Review. *Env. Int.* 2004. V. 30(1). P. 47–55. DOI: 10.1016/S0160-4120(03)00147-8.
11. **Skowron K., Walecka-Zacharska E., Grudlewska K., Bialucha A.** Biocidal Effectiveness of Selected Disinfectants Solutions Based on Water and Ozonated Water against *Listeria monocytogenes* Strains. *Microorganisms*. 2019. V. 7. P. 127–143. DOI: 10.3390/microorganisms7050127.
12. **Teptereva G.A., Chetvertneva I.A., Movsumzade E.M., Sevastyanova M.V.** Renewable natural raw materials, structure, properties, application prospects. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2021. V. 64. N 9. P. 4–121 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20216409.6465.
13. **Vimont A., Fliss I., Jean J.** Study of the virucidal potential of organic peroxyacids against norovirus on food-contact surfaces. *Food Environ. Virol.* 2015. N 7. P. 49–57. DOI: 10.1007/s12560-014-9174-0.
14. **Murashevych B., Stepanskyi D., Toropin V., Koshova I.** Synthesis and antimicrobial properties of new polymeric materials with immobilized peroxyacid groups. *ARPJ. Eng. App. Sci.* 2020. V. 15. N 24. P. 3090–3099.
15. **Castiglione F., Baggioli A., Citterio A., Mele A., Raos G.** Organic peracids: a structural puzzle for ^{17}O NMR and Ab Initio chemical shift calculations. *J. Phys. Chem. A*. 2012. V. 116. P. 1814–1819. DOI:10.1021/jp210679y.
16. **Baggioli A., Crescenzi O., Field M.J., Castiglione F., Raos G.** Computational ^{17}O NMR spectroscopy of organic acids and peracids: comparison of solvation models. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2013. V. 15. P. 1130–1140. DOI:10.1039/c2cp43021e.
17. **Sode F.** Analytical methods for peroxy acids – a review. *Anal. Methods*. 2019. V. 11. P. 3372–3380. DOI:10.1039/C9AY00860H.
18. **Sode F.** Simultaneous determination of peracetic acid and acetic acid by titration with NaOH. *Anal. Methods*. 2014. N 6. P.2406–2409. DOI: 10.1039/C3AY41836G.
19. ГОСТ Р 56995-2016 «Дезинфектология и дезинфекционная деятельность. Химические дезинфицирующие средства и антисептики. Метод определения надуксусной кислоты в присутствии перекиси водорода. М.: Стандартинформ. 2016. 24 с.
20. **Zhao X., Cheng K., Hao J., Liu D.** Preparation of peracetic acid from hydrogen peroxide, part II: kinetics for spontaneous decomposition of peracetic acid in the liquid phase. *J. Mol. Cat. A: Chem.* 2008. V. 284. P.58–68. DOI: 10.1016/j.molcata.2008.01.003.
21. **Chen Cheng, Haodong Li, Jinling Wang, Hualin Wang, Xuejing Yang.** A review of measurement methods for peracetic acid (PAA). *Front. Environ. Sci. Eng.* 2020. V. 14(5). P. 87–97. DOI: 10.1007/s11783-020-1266-5.

Поступила в редакцию 05.05.2021
Принята к опубликованию 17.12.2021

Received 05.05.2021
Accepted 17.12.2021