

УДК 616-089.165; 632.953

В. М. Брицун¹, Н. В. Сімурова², І. В. Попова², О. В. Сімуров³

¹ ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва Національної академії медичних наук України», вул. Попудренка, 50, м. Київ, 02660, Україна

² Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601, Україна

³ ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В. П. Комісаренка Національної академії медичних наук України», вул. Вишгородська, 69, м. Київ, 04114, Україна

Сучасні хімічні дезінфектанти та антисептики. Частина II

Анотація

Мета. Узагальнити й систематизувати інформацію про властивості сучасних хімічних дезінфекційних та антисептичних засобів (ДЗ і АЗ) – пероксидних сполук, поверхнево-активних речовин, солей важких металів і металів змінної валентності в найвищому ступені окиснення, спиртів, фенолів та четвертинних амонієвих солей.

Результати та їх обговорення. Здійснено класифікацію ДЗ і АЗ за хімічною структурою. Наведено їх спектри активності, напрями, форми й умови застосування, описано токсичність і вплив на екологію.

Висновки. Результати проведеного дослідження дозволяють констатувати, що сучасними ДЗ і АЗ широкого спектра дії є пероцтова кислота і певною мірою пероксид водню. Проте вони не стабільні в розведених розчинах. Решта реагентів – хімічно стійкі, але характеризуються слабкою або посередньою дією проти спор та вірусів. Найефективнішими АЗ і ДЗ є суміші (комбінації) сполук різних класів. Прикладами таких комбінацій є: поверхнево-активні речовини й похідні бігуанідину; четвертинні амонійні солі й похідні фенолів; поверхнево-активні речовини й альдегіди; четвертинні амонійні солі й пероксид водню. У цих сумішах об'єднуються переваги і компенсуються недоліки окремо взятих ДЗ і АЗ.

Ключові слова: антисептики; дезінфектанти; мікроорганізми; віруси; спори; резистентність

V. M. Britsun¹, N. V. Simurova², I. V. Popova², O. V. Simurov³

¹ State Institution "O. M. Marzиеv Institute for Public Health" NAMSU, 50, Popudrenko str., Kyiv, 02094, Ukraine

² National University of Food Technologies, 68, Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine

³ The State Institution "V. P. Komisarenko Institute of Endocrinology and Metabolism" NAMSU, 69, Vyshhorodska str., Kyiv, 04114, Ukraine

Modern chemical disinfectants and antiseptics. Part II

Abstract

Aim. To generalize and systematize information on the properties of modern chemical disinfectants and antiseptic agents (DA and AA) – peroxide compounds, surfactants, salts of heavy metals and metals of variable valence in the highest oxidation state, alcohols, phenols and quaternary ammonium salts.

Results and discussion. The classification of DA and AA by the chemical structure was performed. The spectrum of their activity, directions and forms of DA and AA were given. Toxicity and the impact on the environment were described.

Conclusions. The results of the study conducted allow us to state that modern DA and AA of a wide spectrum of action are peracetic acid and, to a certain extent, hydrogen peroxide. However, they are unstable in dilute solutions. Other reagents are chemically stable, but they are characterized by a weak or average action against spores and viruses. The most effective DA and AA are mixtures (combinations) of compounds belonging to different classes. The examples of these combinations are "surfactants + biguanidine derivatives"; "quaternary ammonium salts + phenol derivatives"; "surfactants + aldehydes"; "quaternary ammonium salts + hydrogen peroxide". These mixtures combine the advantages and compensate for the disadvantages of individual DA and AA.

Keywords: antiseptics; disinfectants; microorganisms; viruses; spores; resistance

Citation: Britsun, V. M.; Simurova, N. V.; Popova, I. V.; Simurov, O. V. Modern chemical disinfectants and antiseptics. Part II. *Journal of Organic and Pharmaceutical Chemistry* **2021**, *19* (4), 20–32.

<https://doi.org/10.24959/ophcj.21.231998>

Received: 15 August 2021; **Revised:** 10 September 2021; **Accepted:** 15 September 2021

Copyright © 2021, V. M. Britsun, N. V. Simurova, I. V. Popova, O. V. Simurov. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

Funding: The research was performed in accordance with the topic of the National University of Food Technologies "Chemical design and properties study of compounds of heterocyclic nature" (the state registration No. 0119U103520).

Conflict of interests: the authors have no conflict of interests to declare.

■ Вступ

Спалах вірусної інфекції COVID-19, яка швидко рознеслась планетою, змушує переосмислити методи боротьби з заразними захворюваннями, пошестями та епідеміями. За останнє сторіччя було зібрано та випробувано цілий арсенал синтетичних протимікробних та антивірусних засобів. Проте не всі з них виявились ефективними й безпечними. Певні групи хімічних реагентів з плином часу й прогресу майже перестали застосовувати або їх було викреслено з переліку дозволених дезінфекційних (ДЗ) та антисептичних засобів (АЗ). З'явилися нові сполуки, які характеризуються широким спектром (універсальністю) біоцидної дії, хімічною стійкістю тощо.

Ця оглядова стаття є закінченням систематизації і опису властивостей сучасних хімічних дезінфекційних та антисептичних засобів, розпочатих нами раніше [1].

■ Результати та їх обговорення

1) Пероксидні сполуки

Пероксидні сполуки (пероксид водню, пероцтова кислота) та озон (рис. 1) є високоефективними ДЗ/АЗ, що не містять хлору. Особливістю цих сполук є здатність легко розпадатись з виділенням кисню. «Побічними продуктами» розпаду є вода у випадку пероксиду водню та оцтова кислота у випадку пероцтової кислоти. З огляду на це їх використання завдає мінімальної шкоди навколишньому середовищу.

Озон (1) – нестійка алотропна модифікація кисню, один із найпотужніших окиснювачів [2]. Придатний для відбілювання тканин, для знезараження питної та стічних вод, для дезінфекції повітря в приміщеннях [3–11]. Характеризується високою токсичністю, тератогенною та мутагенною дією [12]. Типові концентрації використання 0,2–0,5 мг л⁻¹ [4].

Пероксид водню (2) використовують як дезінфектант, антисептик, фумігант, стерилізувальний та відбілювальний засіб [3–6, 13–19]. Проявляє високу активність проти бактерій

і грибів, задовільну – проти спор і вірусів. Пероксид водню застосовують у вигляді водних 3–6% розчинів або (за використання спеціальних генераторів) в газоподібному стані [3–6, 20–24]. У газоподібному стані (аерозоль, або «сухий туман») H₂O₂ проявляє вищу активність, ніж у рідкому. Він ефективний проти збудників хвороб, зокрема мікобактерій туберкульозу, мікоплазми, ацинетобактерій, мультирезистентних бактерій, вірусів та пріонів [3–6, 21–31]. Можна використовувати для дезінфекції хірургічних масок [32]. Недоліками H₂O₂ є короткотривалий ефект (унаслідок здатності розведених розчинів швидко розкладатись за контакту з біологічними рідинами організму, які містять фермент каталазу), слабка дія проти біоплівки, здатність викликати корозію металевих виробів і пошкодження пластмасових поверхонь.

Розчини пероксиду водню (> 0,5%), спиртів (70–80%), хлорактивних реагентів (0,5%) рекомендовано ВООЗ для знищення коронавірусу на поверхнях предметів і в приміщеннях [25, 33].

Пероцтова кислота (ПОК) (3) [4–6, 13, 18, 34] є дезінфектантом широкого спектра дії (бактерицид, віруліцид, фунгіцид та спороцид) і суттєво активнішим агентом, ніж пероксид водню. Використовують її у медицині (для дезінфекції та стерилізації) та в промисловості (для відбілювання паперу й тканин, видалення біоплівки). Потужний окиснювач, що вражає клітинні мембрани та ферментні системи мікроорганізмів, вірусів і спор. ПОК ефективна проти вірусів за концентрацій 0,1% і вище [35]. Типові концентрації використання ПОК ≤ 0,35% [4]. Основний її недолік – висока корозійна здатність.

ПОК не викликає резистентності мікроорганізмів, не утворює шкідливих побічних продуктів і не залишає після себе забруднювальних залишків. Часто її застосовують у сумішах з H₂O₂, підсилюючи його дію [4]. Застосування ПОК рекомендовано Управлінням нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів (FDA, США) для санітарії поверхонь обладнання, що контактують з їжею [36], для безпосереднього миття фруктів та овочів [37, 38], знешкодження стічних вод [39].

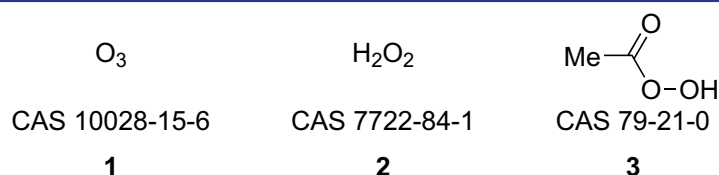


Рисунок 1. Структурні формули ДЗ і АЗ з класу пероксидних сполук

Комбінований метод знезараження (одночасне оброблення ПОК і УФ-випроміненням) забезпечує вищу ефективність, ніж роздільні методи дезінфекції [40].

2) Поверхнево-активні речовини (ПАР)

ПАР є антисептиками, що характеризуються наявністю мийних властивостей і мають вузький спектр антимікробної дії [41, 42]. Нелеткі, без запаху, не викликають корозії металів. Механізм впливу зумовлений зменшенням поверхневого натягу водних розчинів, що призводить до зміни проникності оболонки мікробної клітини. В індивідуальному вигляді рекомендовано лише для обмеженого застосування в медичних установах і в харчовій промисловості.

Найбільш вживаними ПАР є гексетидин (4) та октенідин (5) (рис. 2) [4–6].

Гексетидин (4) виявляє антибактеріальну й протигрибкову дію, зокрема щодо грампозитивних бактерій і грибів роду *Candida* [4–6, 43, 44]. Розчин гексетидину 0,1% застосовують лише місцево, для оброблення ротової порожнини, він характеризується дещо слабшою активністю, ніж розчини хлоргексидину [43].

Октенідину дигідрохлорид (ОД) (5) – похідна 1,4-дигідропіридину, катіонна ПАР. Антисептик, що у водних розчинах (0,1–2%) дієвий проти грампозитивних та грамнегативних бактерій [45–58]. ОД повільно всмоктується через шкіру [59]. Він дещо активніший, ніж хлоргексидин [54, 60] і може бути використаний для лікування опіків, для знищення стійкого до метициліну золотистого стафілокока (MRSA) [61]. Активний *in vitro* щодо біоплівки, утворених лікарняними штамами мікроорганізмів [62]. Проте ОД має певні недоліки: є отруйним у разі парентерального введення і може викликати місцеві подразнення [63].

3) Солі важких металів та металів змінної валентності у найвищому ступені окиснення

Як антисептичні та консервувальні засоби інколи використовують солі бісмуту [64–67],

міді [4–6, 68–73] та срібла [4–6, 74–85]. Недоліком солей срібла та міді, на відміну від сучасних синтетичних реагентів, є слабша дія, здатність акумулюватись в організмі людини й забруднювати навколишнє середовище. До того ж вони не здатні дифундувати через жирові забруднення оброблюваних поверхонь.

Механізм дії катіонів важких металів, що мають вільні *d*-орбіталі, полягає у здатності утворювати комплекси з арильними та алкєнільними групами молекул мікроорганізмів. Катіони важких металів також утворюють стійкі хімічні зв'язки з тіолвмісними сполуками клітинних мембран. Вважають, що вони можуть брати участь у реакціях каталітичного окиснення, які призводять до утворення дисульфідних зв'язків (R-S-S-R), унаслідок чого порушується внутрішньоклітинний перенос електронів [3–5, 75–77].

Ксероформ (6) (рис. 3) – характеризується в'язучою, підсушувальною та антисептичною дією [64–67]. За контакту з водою гідролізується до 2,4,6-трибромфенолу (який, подібно до інших фенолів, здатен утворювати водневі зв'язки з молекулами біологічних субстратів) та бісмут(III) гідроксиду, який може реагувати з органічними молекулами або координуватись ними подібно до катіонів інших важких металів. Застосовують зовнішньо в порошках, присипках, мазах для лікування опіків, виразок, запалень слизових оболонок, опрілостей тощо.

Водорозчинні солі міді та її наночастинки проявляють помірні антибактеріальні властивості, тому їх використовують як консерванти для оброблення тканин і дерев'яних виробів [4–7, 68–73]. Застосовують також для боротьби з водоростями в басейнах (< 3 мг л⁻¹) [6]. Поверхні мідних виробів (> 60% міді) мають помірну антибактеріальну дію проти *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *A. baumannii* і дріжджів (*C. albicans*), тому мідь та її сплави є належним матеріалом для виготовлення дверних ручок та ручок для кранів

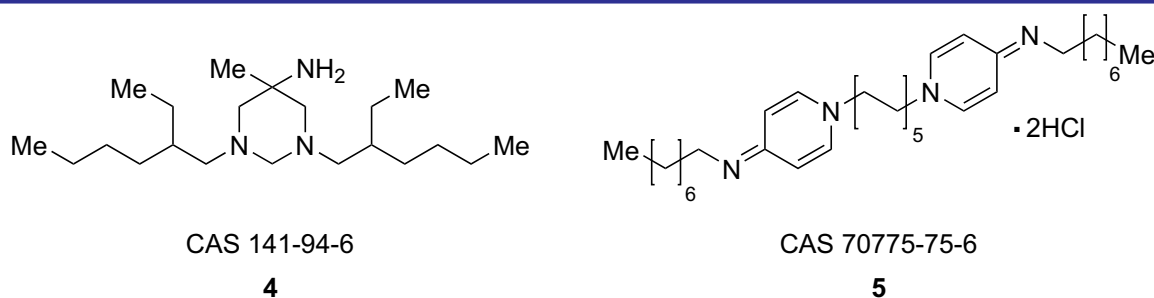


Рисунок 2. Структурні формули ДЗ і АЗ з класу поверхнево-активних речовин

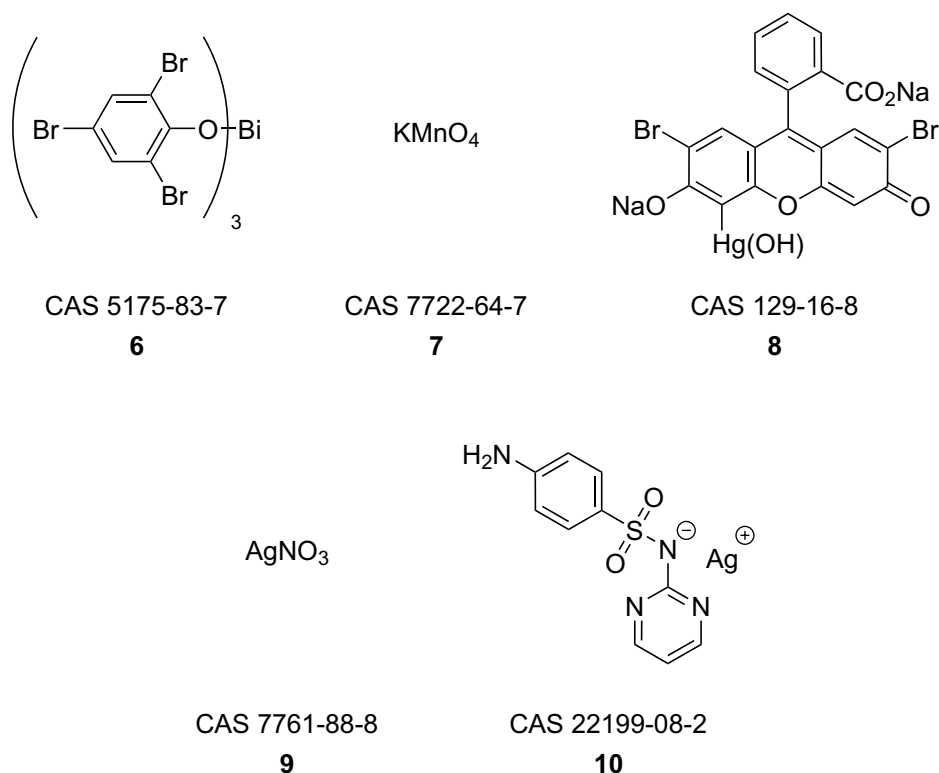


Рисунок 3. Структурні формули ДЗ і АЗ з класу солей важких металів та металів змінної валентності в найвищому ступені окиснення

у медичних установах і громадських закладах. Двокомпонентний розчин мідного (1%) і залізного (1%) купоросів є ефективним консервантом для деревини.

Калій перманганат (**7**) раніше використовували як антисептик і засіб для лікування поверхневих ран, грибкових інфекцій, імпетигу, пемфігуса, дерматитів (екземи) та трофічних виразок [86, 87]. Ця сполука є сильним окисником, у випадку передозування викликає хімічні опіки шкіри та слизових оболонок [87]. Рекомендована концентрація розчинів складає 0,01% [88]. Останніми десятиріччями калій перманганат поступився місцем ефективнішим і безпечнішим антисептичним засобам.

Похідні ртуті (наприклад, меркурохром (**8**)), попри високу ефективність, унаслідок токсичності заборонено для використання FDA та гармонізованими настановами ICH [4, 89, 90].

Катіони срібла можуть бути отримані з водорозчинних солей іонної будови, з колоїдних розчинів або генеровані з адсорбентів (цеолітів чи полімерів, попередньо оброблених сріблом) та з наночастинок [4–6, 74–81]. Ефективні проти грампозитивних бактерій, грибів, дріжджів та для запобігання утворення біоплівки.

Створення матеріалів, здатних до самодезінфекції внаслідок покриття їх поверхонь сріб-

лом чи міддю або ж просочування розчинами антимікробних сполук пористих матеріалів, є відомим методом профілактики розповсюдження інфекцій у лікарнях та громадських закладах [21].

Аргентум нітрат (**9**) має обмежене використання в антисептиці [4–6]. Застосовують його, зокрема, у розчинах з пероксидом водню або з лимонною кислотою [80].

Аргентум сульфадіазин (**10**) входить до складу протиопікових ліків, антисептична дія яких зумовлена наявністю двох антибактеріальних засобів: іонів аргентуму та сульфаніламідного препарату сульфадіазину [4–6, 81–85].

4) Спирти

Етиловий (**11**) та ізопропіловий (**12**) спирти (рис. 4) – загальнодоступні антисептики, придатні для очищення, знежирення та оброблення поверхонь дрібних предметів або невеликих ділянок шкіри [4–6, 25, 26, 91–95].

Оптимальна концентрація водних розчинів спиртів – 60–80%. Представники цього класу сполук є хімічно інертними щодо металічних поверхонь. Часто їх використовують у сумішах з іншими біоцидами (хлоргексидином, четвертинними амонійними солями тощо). У подібних розчинах складові компоненти виявляють адитивну чи синергічну дію. За оброблення відкритих

поверхонь спирти швидко випаровуються, що обмежує знезаражувальний ефект.

Спирти мають швидкий бактерицидний та мікобактерицидний вплив (для 70% етанолу достатньо експозиції ≤ 30 с). Майже не впливають на бактеріальні спори, але загальмовують їхній розвиток [3]. Результативність спиртів проти грибів та вірусів (навіть за експозиції > 2 хв) є мінливою або слабкою [4, 91]. Для повноти антисептичної дії час контакту спирту з оброблюваною поверхнею повинен становити ≥ 5 хв.

Механізм біоцидної дії спиртів зводиться до утворення міжмолекулярних водневих зв'язків з молекулами білків, що призводить до денатурації останніх. Спирти також розчиняють ліпідну поверхню клітинних мембран, стінок та вірусних оболонки, що викликає лізис клітин [4–6].

З огляду на високу дієву концентрацію розчинів спиртів оброблення спиртовмісними дезінфектантами постає дорожчим, ніж реагентами інших хімічних класів. Тому зазвичай спиртами обробляють шкіру рук медперсоналу та невеликі малодоступні ділянки обладнання та інших поверхонь.

2,4-Дихлорбензиловий спирт (**13**) (рис. 4) інколи додають як бактерицидний засіб до зубних паст та пастилок для лікування фарингіту [96].

5) Фенол та його похідні

Феноли мають антибактеріальні, мікобактерицидні і фунгіцидні властивості [97–100]. Вони більш ефективні проти грамположитивних, ніж проти грамнегативних бактерій, і слабо діють на спори та віруси [4–6].

Феноли утворюють внутрішньомолекулярні водневі зв'язки [101] з аміно- і карбонільними групами білків [4–6]. Із цим порушуються власні внутрішньомолекулярні водневі зв'язки білка, які утримують третинну і четвертинну структури, і відбувається незворотна денатурація білків бактеріальних клітин та капсидної оболонки вірусів, збільшується проникність клітинних мембран, інактивуються ферменти, руйнується або дефункціоналізується генетичний матеріал.

Феноловий коефіцієнт (ФК) – один із найпоширених критеріїв оцінювання активності

антисептиків (ФК – співвідношення концентрацій фенолу та випробовуваного антисептика, за яких речовини виявляють однаковий проти-мікробний ефект).

Проникність фенолів через клітинні стінки бактерій може бути підвищена додаванням до складу дезінфекційних сумішей трилону Б або інших хелатувальних агентів. Типові концентрації дезінфікувальних розчинів фенолів становлять 0,1–3%. Феноли в низьких концентраціях ($10^{-4}\%$) проявляють бактериостатичну активність [4, 6].

Феноли зазвичай мають характерний запах, за яким їх можна легко відрізнити від інших реагентів й оцінити їхню приблизну концентрацію в повітрі. Феноли стійкі в лужному середовищі, тому в комерційних сумішах їх часто поєднують з мийними засобами.

Одноатомні феноли є протоплазматичною отрутою для теплокровних, яка вражає центральну нервову систему. Вони також подразнюють очі та шкіру [4–6]. Тому феноли непридатні для оброблення шкіри та слизових поверхонь людини і тварин.

Зазвичай більшість похідних фенолів, що їх нині застосовують як ДЗ/АЗ, у навколишньому середовищі швидко розкладаються (біодеградують) до простих безпечних сполук. Проте використання хлоромісних фенолів обмежено саме через проблеми токсичності деградаційних продуктів.

Дезінфікувальні засоби на основі фенолів вважають ефективнішими, ніж суміші на основі четвертинних амонійних солей (ЧАС, QAC) [4–6].

Гексахлорофен (**14**) (рис. 5) раніше широко застосовували як антибактеріальний засіб, зокрема додавали в косметичні засоби, мило та зубну пасту [3–6]. Придатний для боротьби з золотистим стафілококом, стійким до метициліну [102]. Оскільки сполука токсична для центральної нервової системи, 1972 року FDA заборонило виробництво продуктів, що містять $> 1\%$ гексахлорофену [4, 5].

Крезолі **15–17** – гомологи фенолу, потужні дезінфектанти, антисептики та консерванти

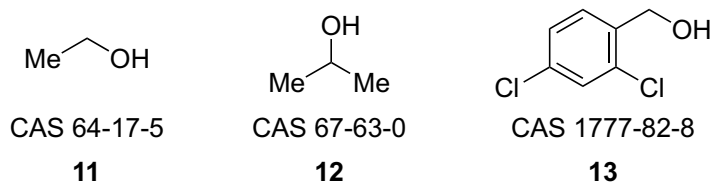


Рисунок 4. Структурні формули ДЗ і АЗ з класу спиртів

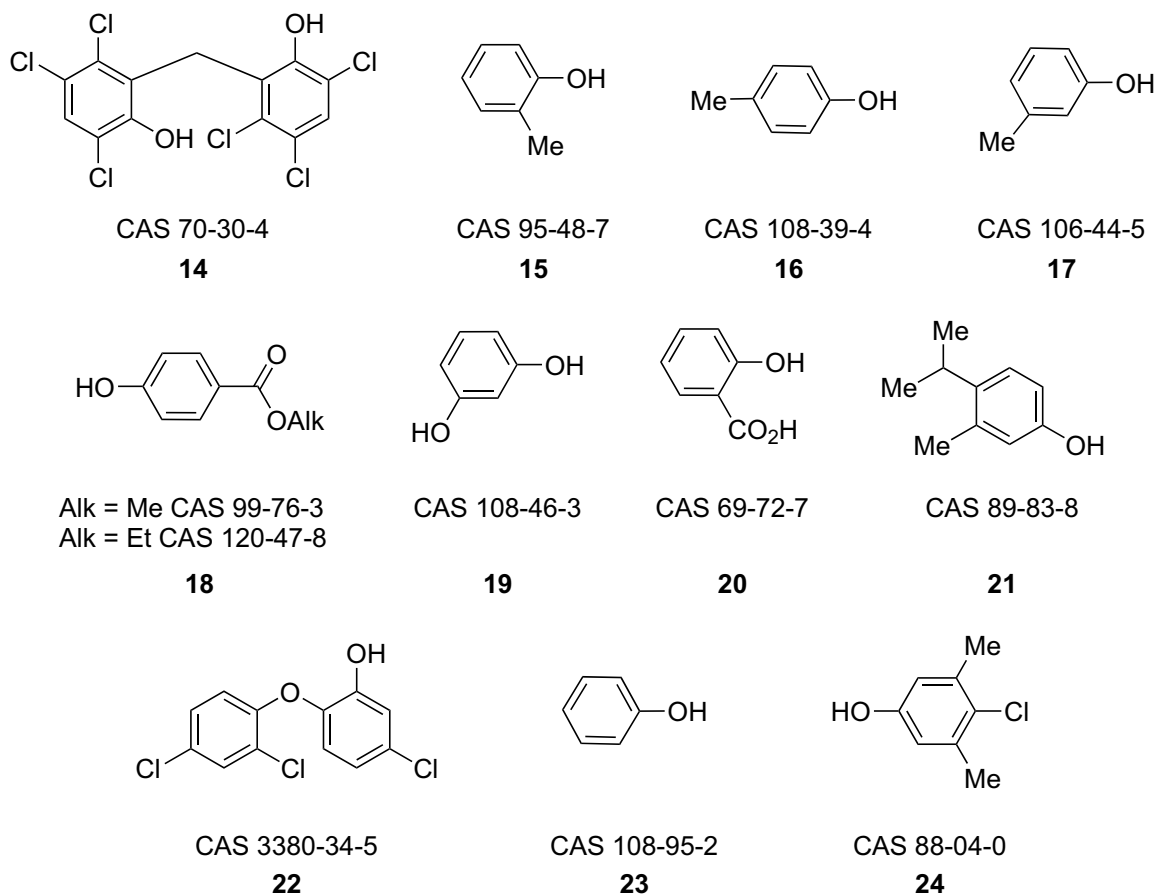


Рисунок 5. Структурні формули ДЗ і АЗ з класу фенолів

широкого спектра дії. Характеризуються надзвичайно різким довготривалим неприємним запахом. У ХХ ст. в багатьох країнах використовували суміш їх *орто*-, *мета*- і *пара*-ізомерів, зокрема у вигляді мильних розчинів (лізולי А та Б), для дезінфекції приміщень, одягу, предметів умебльовання та побуту, у ветеринарії [4, 5]. Нині, з огляду на високу токсичність для теплокровних, цю суміш заборонено.

Парабени (естери бензойної кислоти) (**18**) використовують як консерванти в лікарських препаратах, пластмасах, розчинах ПАР [103].

Резорцин (**19**) – АЗ, активний фармацевтичний інгредієнт ліків проти шкіряних захворювань [104, 105]. Сполука виявляє дещо слабшу активність, ніж фенол, проте має меншу токсичність.

Саліцилову кислоту (**20**) використовують як антимікробний засіб у промисловості та як консервант косметичних засобів [103, 106]. До середини ХХ ст. саліцилова кислота була одним із найуживаніших харчових консервантів, проте зараз її застосування не дозволено через токсичність і побічні дії. Крім того, у процесі тер-

мічного оброблення продуктів, які містять саліцилову кислоту як консервант, легко перебігає її декарбоксілювання з утворенням токсичного фенолу. Ще одним неприємним аспектом є зміна кольору таких продуктів за їх контакту з металевими поверхнями [103].

Тимол (**21**) – антисептичний засіб і консервант загального призначення [4–6, 107–111]. Застосовують його, зокрема, у зубних пастах.

Триклозан (**22**) – антибактеріальний і противірусний засіб; проявляє протимікробну активність проти грамположитивних бактерій та дріжджів [46]. Додають його до зубної пастки, мила, пластмас, антисептичних та мийних засобів [4–6, 112–117]. Недоліки: повільна біодеградація та накопичення в навколишньому середовищі.

Використання мила з триклозаном (0,3%) у побутових умовах не засвідчило помітної антибактеріальної дії [112]. До того ж триклозан суттєво знижує рівень тестостерону, руйнує ендокринну систему та зменшує ефективність антибіотиків [113, 114]. Тому 2016 року FDA заборонило використання речовини у споживчих

товарах [115]. Проте триклозан залишається дозволеним антибактеріальним засобом для використання у лікарнях та інших медичних закладах.

Фенол (**23**) мав широке застосування як дезінфектант і антисептик в першій половині ХХ ст. Донині його використовують у сумішах для стерилізації та дезінфекції [4–6, 118, 119]. Недоліки: токсичний і швидко всмоктується через шкіру.

Хлороксиленол (**24**) використовують як бактерицидний і фунгістатичний засіб (концентрація 0,5–4%) в лікарнях та домашніх господарствах для дезінфекції і санітарії [4–6, 120]. Він також часто входить до складу антибактеріального мила, побутових антисептиків, кремів і мазей.

6) Четвертинні амонієві солі (ЧАС, QAC)

ЧАС проявляють бактериостатичну, фунгістатичну, туберкулостатичну, споростатичну та альгістатичну дію за концентрацій ≤ 500 мкг мл^{-1} [4–6, 95, 119, 121–127]. Особливо чутливі до ЧАС грамозитивні бактерії (за концентрацій ≤ 10 мкг мл^{-1}). Розчини ЧАС ефективні проти оболонкових вірусів (зокрема ВІЛ та гепатиту В) та зазвичай не активні щодо мікобактерій та безоболонкових вірусів. Віруліцидна дія ЧАС помірна і суттєво слабша, ніж у діоксиду хлору [4].

ЧАС є поверхнево-активними речовинами, механізм їхньої антимікробної дії полягає в зміні проникності ліпідно-білкових мембран мікроорганізмів.

Завдяки мийним властивостям ЧАС миття, очищення та дезінфекція за їх застосування об'єднуються в один процес. Тому ці речовини часто використовують у складі дезінфікуваль-

них розчинів для знезаражування предметів догляду за хворими, сантехнічного та медичного обладнання, лікарняних і побутових приміщень. Додавання ЧАС до полімерних композицій зменшує мікробне забруднення їх поверхонь [20].

Перевагами ЧАС є відсутність кольору, запаху й корозійного впливу на метали, стабільність щодо органічних речовин у широкому інтервалі температур, відсутність алергічної дії за контакту зі шкірою, висока активність щодо пліснявих грибів і помірна токсичність. Недоліками є слабка дія щодо грамнегативних бактерій, втрата антисептичного ефекту в присутності аніонних ПАВ, плівкоутворення на твердих поверхнях. Зазначають також, що ЧАС є стійкими та небезпечними (токсичними) забруднювачами навколишнього середовища [128].

Бензалконій хлорид (БАХ) (**25**) (рис. 6) – антисептичний засіб. Типові концентрації, рецептури, механізм дії, ефективні концентрації та штами чутливих мікроорганізмів, респіраторну та системну токсичність наведено в огляді [129], монографіях [4–6] і статтях [95, 130–132].

Бензетоній хлорид (**26**) – антисептик, який додають до косметичних засобів, мила, рідини для полоскання рота, антибактеріальних вологих серветок. Використовують речовину в харчовій промисловості як дезінфекційний засіб для оброблення твердих поверхонь [4–6].

Цетилпіридиній хлорид (**27**) – антисептик, ефективний проти бактерій та грибів. Використовують у розчинах та спреях для лікування запальних захворювань ротової порожнини й горла. Входить до складу зубних паст та сиропів від кашлю [4–6, 133–139]. Проявляє

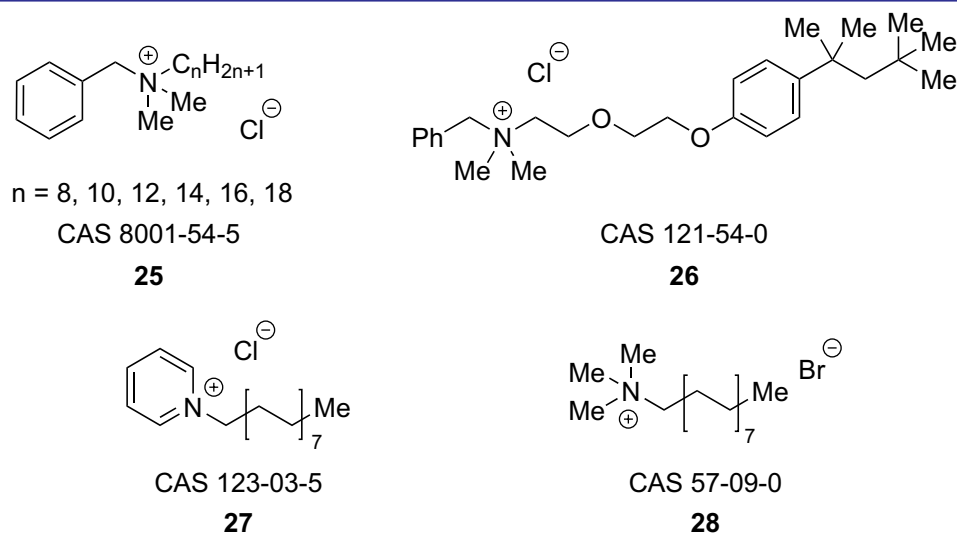


Рис. 6. Структурні формули ДЗ і АЗ з класу четвертинних амонієвих солей

активність у лікуванні хронічних ран [140], дієвий проти вірусів грипу (вірогідно, порушує цілісність вірусної оболонки та її морфологію) [141].

Цетилтриметиламоній бромід (**28**) – антисептик, дієвий проти бактерій та грибів [4–6, 142–144].

7) Суміші/комбінації ДЗ/АС

АЗ належать до лікарських засобів, тому їхній склад зазвичай визначено відповідною нормативною документацією, а простір для створення і застосування сумішей/комбінацій АЗ вельми обмежений.

До ДЗ існує низка вимог (ефективність, спектр і стабільність дії, зручність застосування, ціна, швидкість розпаду в навколишньому середовищі, відсутність агресивності щодо оброблюваних поверхонь). На жаль, досі не створено ідеальний/універсальний ДЗ, який мав би широкий спектр антимікробної, протиспорової та віруліцидної активності, низьку токсичність для теплокровних, високу стабільність за зберігання, помірну ціну, індиферентність щодо металів і високу екологічну безпеку.

Одним із прийнятних шляхів підвищення ефективності ДЗ є саме комбінаційний. Тому готові форми ДЗ часто містять комбінацію (суміш) хімічних реагентів, що надає змогу поліпшити певні властивості розчинів без погіршення інших характеристик. ДЗ для комбінованих розчинів треба підбирати таким чином, щоб вони не реагували між собою. Склад змішаних ДЗ може бути підібраний для оптимальної протидії утворенню біоплівки або ж для знищення резистентних мікроорганізмів.

Точний склад готових дезінфекційних сумішей зазвичай є комерційною таємницею. Деякі оптимальні рецептури наведено в роботах [4–6, 80, 119, 145, 146]. Зокрема часто застосовують такі суміші: ПАР і похідні бігуанідину; ЧАС і похідні фенолів; ПАР і альдегіди; ЧАС і пероксид водню тощо.

Неналежне використання ДЗ/АЗ у побуті

Додавання антибактеріальних речовин до складу побутових продуктів, як правило, є недоречним і підвищує ризик розвитку резистентності бактерій [147, 148]. Безконтрольне використання антибактеріальних засобів стимулює виживання стійких до них бактерій

(які до того ж можуть бути перехресно стійкими до антибіотиків). Тож FDA для пересічних споживачів схвалило використання мила без будь-яких антибактеріальних добавок [149].

■ Висновки

В огляді узагальнено та систематизовано сучасну літературну інформацію щодо антисептичних і дезінфекційних засобів (АЗ і ДЗ). Проведено класифікацію АЗ і ДЗ за хімічною структурою, наведено основні властивості, напрями їх застосування і механізми дії, переваги й недоліки. Розглянуто сучасні тенденції у створенні та використанні АЗ і ДЗ, зокрема створення комбінацій (сумішей АЗ/ДЗ). Вочевидь, для правильного, науково обґрунтованого підбору ДЗ та АЗ необхідно враховувати конкретні завдання і умови їх використання, а саме: спектр активності, стабільність за використання та зберігання, токсичність і заходи екологічної безпеки, а також економічну складову.

Варто зауважити, що на ринку за останні 10 років не з'явилося ніяких нових широковживаних індивідуальних ДЗ і АЗ. У боротьбі проти нових вірусів (наприклад, COVID-19) застосовують давно відомі промислові ДЗ або їх суміші (у яких позитивні властивості синергічно чи адитивно збільшуються, негативні – зменшуються). Очевидно, використання відомих ДЗ/АЗ загалом відповідає визначеним завданням. Створення нових індивідуальних АЗ/ДЗ з широким спектром і новими механізмами дії є складною проблемою, розв'язання якої потребує значних зусиль і ресурсів. Це повинні бути хімічні реагенти з високою селективністю (а отже, з невеликою реакційною здатністю), які діють на ферментні системи різних класів дрібних організмів (вірусів, мікроорганізмів, спор, пріонів).

Тому на цьому етапі розвитку наукових досліджень у цій галузі перспективними є суміші (комбінації) ДЗ, які дозволяють на основі доступних реагентів розширити спектр антимікробної, протиспорової та віруліцидної дії, підібрати компоненти для знищення біоплівки та резистентних мікроорганізмів, поліпшити стабільність і подовжити термін зберігання, зменшити токсичність для теплокровних та екологічний вплив.

References

- Britsun, V. M.; Simurova, N. V.; Popova, I. V.; Simurov, O. V. Modern chemical disinfectants and antiseptics. Part I. *Journal of Organic and Pharmaceutical Chemistry* **2021**, *19* (3), 3–14. <https://doi.org/10.24959/ophcj.21.231997>.
- Harris D. C. *Quantitative Chemical Analysis*, 7th ed.; W. H. Freeman and Company: New York, 2007.
- Russell, A. D. Mechanisms of antimicrobial action of antiseptics and disinfectants: an increasingly important area of investigation. *J. Antimicrob. Chemother.* **2002**, *49* (4), 597–599. <https://doi.org/10.1093/jac/49.4.597>.
- McDonnell, G. E. *Antisepsis, Disinfection, and Sterilization: Types, Action and Resistance*, 2nd Ed.; ASM press: Washington, 2017.
- Disinfection, Sterilization, Preservation*, 5th ed.; Block, S. S., Ed; Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia, 2001.
- McDonnell, G.; Russell, A. D. Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action, and Resistance. *Clinical Microbiology Reviews* **1999**, *12* (1), 147–180. <https://doi.org/10.1128/CMR.12.1.147>.
- Jiang, Y.; Goodwill, J. E.; Tobiasson, J. E.; Reckhow, D. A. Comparison of ferrate and ozone pre-oxidation on disinfection byproduct formation from chlorination and chloramination. *Water Res.* **2019**, *156*, 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.051>.
- Jamil, A.; Farooq, S.; Hashmi, I. Ozone Disinfection Efficiency for Indicator Microorganisms at Different pH Values and Temperatures. *Ozone: Science & Engineering* **2017**, *39* (6), 407–416. <https://doi.org/10.1080/01919512.2017.1322489>.
- Megahed, A.; Aldridge, B.; Lowe, J. The microbial killing capacity of aqueous and gaseous ozone on different surfaces contaminated with dairy cattle manure. *PLOS ONE* **2018**, *13* (5), e0196555. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196555>.
- Lazarova, V.; Liechti, P.-A.; Savoye, P.; Hausler, R. Ozone disinfection: main parameters for process design in wastewater treatment and reuse. *Journal of Water Reuse and Desalination* **2013**, *3* (4), 337–345. <https://doi.org/10.2166/wrd.2013.007>.
- Junior, J. G. de B.; Faroni, L. R. D'A.; Cecon, P. R.; Benevenuto, W. C. A. do N.; Júnior, A. A. B.; Heleno, F. F. Efficacy of ozone in the microbiological disinfection of maize grains. *Braz. J. Food Technol.* **2018**, *21*, e2017022. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.02217>.
- Horvath, M.; Bilitzky, L.; Huttner, J. *Ozone*; Topics in inorganic and general chemistry, monograph 20; Elsevier: New York, 1985.
- Jing, J. L.; Thong, P. Y.; Bose R. C.; McCarthy, J. R. Hand Sanitizers: A Review on Formulation Aspects, Adverse Effects, and Regulations. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17* (9), 3326. <https://doi.org/10.3390/ijerph17093326>.
- Rutala, W. A.; Weber, D. J. Disinfectants used for environmental disinfection and new room decontamination technology. *American Journal of Infection Control* **2013**, *41* (5), S36–S41. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.11.006>.
- Pawar, A.; Garg, S.; Mehta, S.; Dang, R., Breaking the Chain of Infection: Dental Unit Water Quality Control. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* **2016** *10* (7), ZC80–ZC84. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/19070.8196>.
- Slaviero, L.; Avruscio, G.; Vindigni, V.; Tocco-Tussardi, I. Antiseptics for burns: a review of the evidence. *Ann Burns Fire Disasters* **2018**, *31* (3), 198–203.
- Lineback, C. B.; Nkemngong, C. A.; Wu, S. T.; Li, X.; Teska, P. J.; Oliver, H. F. Hydrogen peroxide and sodium hypochlorite disinfectants are more effective against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* biofilms than quaternary ammonium compounds. *Antimicrobial Resistance & Infection Control* **2018**, *7* (1), 154. <https://doi.org/10.1186/s13756-018-0447-5>.
- Soto, A. F.; Mendes, E. M.; Arthur, R. A.; Negrini, T. d. C.; Lamers, M. L.; Mengatto, C. M. Antimicrobial effect and cytotoxic activity of vinegar-hydrogen peroxide mixture: A possible alternative for denture disinfection. *Journal of Prosthetic Dentistry* **2019**, *121* (6), 966.e1–966.e6. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.02.019>.
- Schumb, W. C.; Satterfield, C. N.; Wentworth, R. L. *Hydrogen Peroxide*; American Chemical Society Monograph Series. no. 128; Reinhold publishing corporation: New-York, 1955.
- Song, X.; Vossebein, L.; Zille, A. Efficacy of disinfectant-impregnated wipes used for surface disinfection in hospitals: a review. *Antimicrobial Resistance & Infection Control* **2019**, *8* (1), 139. <https://doi.org/10.1186/s13756-019-0595-2>.
- Boyce, J. M. Modern technologies for improving cleaning and disinfection of environmental surfaces in hospitals. *Antimicrobial Resistance & Infection Control* **2016**, *5* (1), 10. <https://doi.org/10.1186/s13756-016-0111-x>.
- Falagas, M. E.; Thomaidis, P. C.; Kotsantis, I. K.; Sgouros, K.; Samonis, G.; Karageorgopoulos, D. E. Airborne hydrogen peroxide for disinfection of the hospital environment and infection control: a systematic review. *Journal of Hospital Infection* **2011**, *78* (3), 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2010.12.006>.
- Piskin, N.; Celebi, G.; Kulah, C.; Mengeloclu, Z.; Yumusak, M. Activity of a dry mist-generated hydrogen peroxide disinfection system against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Acinetobacter baumannii*. *Am J Infect Control* **2011**, *39* (9), 757–762. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2010.12.003>.
- Totaro, M.; Casini, B.; Profeti, S.; Tuvo, B.; Privitera, G.; Baggiani, A. Role of Hydrogen Peroxide Vapor (HPV) for the Disinfection of Hospital Surfaces Contaminated by Multiresistant Bacteria. *Pathogens* **2020**, *9* (5), 408.
- World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/cleaning-and-disinfection-of-environmental-surfaces-in-the-context-of-covid-19> (accessed Sep 14, 2021), WHO reference number – WHO/2019-nCoV/Disinfection/2020.1.
- Souza, V. G. C.; Lopes, D. F.; Machado, F. C.; Fabri, R. L.; Apolônio, A. C. M. The Novel Coronavirus: An Alert for Pacifiers' Disinfection. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada* **2020**, *20*, e0071. <https://doi.org/10.1590/pboci.2020.070>.
- Doll, M.; Morgan, D. J.; Anderson, D.; Bearman, G. Touchless Technologies for Decontamination in the Hospital: a Review of Hydrogen Peroxide and UV Devices. *Current Infectious Disease Reports* **2015**, *17* (9), 44. <https://doi.org/10.1007/s11908-015-0498-1>.
- Weber, D. J.; Rutala, W. A.; Anderson, D. J.; Chen, L. F.; Sickbert-Bennett, E. E.; Boyce, J. M. Effectiveness of ultraviolet devices and hydrogen peroxide systems for terminal room decontamination: Focus on clinical trials. *Am J Infect Control* **2016**, *44* (5 Suppl), e77–84. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.11.015>.
- Møretrø, T.; Fanebust, H.; Fagerlund, A.; Langsrud, S. Whole room disinfection with hydrogen peroxide mist to control *Listeria monocytogenes* in food industry related environments. *International Journal of Food Microbiology* **2019**, *292*, 118–125. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.015>.
- Casu, C. Spray of hydrogen peroxide for infection prevention and control of SARS COV 2 infection: could this be possible? *Pan African Medical Journal* **2020**, *35* (2), 72–73. <https://doi.org/10.11604/pamj.supp.2020.35.2.23284>.
- Hathaway, H. J.; Patenall, B. L.; Thet, N. T.; Sedgwick, A. C.; Williams, G. T.; Jenkins, A. T. A.; Allinson, S. L.; Short, R. D. Delivery and quantification of hydrogen peroxide generated via cold atmospheric pressure plasma through biological material. *J. Phys. D: Appl. Phys.* **2019**, *52* (50), 505203. <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab4539>.
- Cai, C.; Floyd, E. L. Effects of Sterilization with Hydrogen Peroxide and Chlorine Dioxide Solution on the Filtration Efficiency of N95, KN95, and Surgical Face Masks. *JAMA Network Open* **2020**, *3* (6), e2012099. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.12099>.
- Al-Sayah, M. H. Chemical disinfectants of COVID-19: an overview. *Journal of Water and Health* **2020**, *18* (5), 843–848. <https://doi.org/10.2166/wh.2020.108>.

34. Mathew, E. N.; Muyyarikkandy, M. S.; Bedell, C.; Amalaradjou, M. A. Efficacy of Chlorine, Chlorine Dioxide, and Peroxyacetic Acid in Reducing Salmonella Contamination in Wash Water and on Mangoes Under Simulated Mango Packinghouse Washing Operations. *Frontiers in Sustainable Food Systems* **2018**, *2* (18). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00018>.
35. Becker, B.; Brill, F. H. H.; Todt, D.; Steinmann, E.; Lenz, J.; Paulmann, D.; Bischoff, B.; Steinmann, J. Virucidal efficacy of peracetic acid for instrument disinfection. *Antimicrobial Resistance & Infection Control* **2017**, *6* (1), 114. <https://doi.org/10.1186/s13756-017-0271-3>.
36. Zoellner, C.; Aguayo-Acosta, A.; Siddiqui, M. W.; Dávila-Aviña, J. E., Chapter 2 – Peracetic Acid in Disinfection of Fruits and Vegetables. In *Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables*, Siddiqui, M. W., Ed. Academic Press: 2018; pp 53–66. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812698-1.00002-9>.
37. Banach, J. L.; van Bokhorst-van de Veen, H.; van Overbeek, L. S.; van der Zouwen, P. S.; Zwietering, M. H.; van der Fels-Klerx, H. J. Effectiveness of a peracetic acid solution on *Escherichia coli* reduction during fresh-cut lettuce processing at the laboratory and industrial scales. *International Journal of Food Microbiology* **2020**, *321*, 108537. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108537>.
38. Shen, X.; Sheng, L.; Gao, H.; Hanrahan, I.; Suslow, Trevor V.; Zhu, M.-J. Enhanced Efficacy of Peroxyacetic Acid Against *Listeria monocytogenes* on Fresh Apples at Elevated Temperature. *Frontiers in Microbiology* **2019**, *10* (1196). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01196>.
39. Kitis, M. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environment International* **2004**, *30* (1), 47–55. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00147-8](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00147-8).
40. Beber de Souza, J.; Queiroz Valdez, F.; Jeranoski, R. F.; Vidal, C. M. d. S.; Cavallini, G. S. Water and Wastewater Disinfection with Peracetic Acid and UV Radiation and Using Advanced Oxidative Process PAA/UV. *International Journal of Photoenergy* **2015**, *2015*, 860845. <https://doi.org/10.1155/2015/860845>.
41. Maehara, Y.; Miyoshi, S.-I. Antibacterial Activities of Surfactants in the Laundry Detergents and Isolation of the Surfactant Resistant Aquatic Bacteria. *Biocontrol Science* **2017**, *22* (4), 229–232. <https://doi.org/10.4265/bio.22.229>.
42. Falk, N. A. Surfactants as Antimicrobials: A Brief Overview of Microbial Interfacial Chemistry and Surfactant Antimicrobial Activity. *Journal of Surfactants and Detergents* **2019**, *22* (5), 1119–1127. <https://doi.org/10.1002/jsde.12293>.
43. Aoun, G.; Saadeh, M.; Berberi, A. Effectiveness of Hexetidine 0.1% Compared to Chlorhexidine Digluconate 0.12% in Eliminating *Candida Albicans* Colonizing Dentures: A Randomized Clinical In Vivo Study. *J Int Oral Health* **2015**, *7* (8), 5–8.
44. Afennich, F.; Slot, D. E.; Hossainian, N.; Van der Weijden, G. A. The effect of hexetidine mouthwash on the prevention of plaque and gingival inflammation: a systematic review. *International journal of dental hygiene* **2011**, *9* (3), 182–90. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5037.2010.00478.x>.
45. Coaguila-Llerena, H.; Rodrigues, E. M.; Tanomaru-Filho, M.; Guerreiro-Tanomaru, J. M.; Faria, G. Effects of Calcium Hypochlorite and Octenidine Hydrochloride on L929 And Human Periodontal Ligament Cells. *Braz. Dent. J.* **2019**, *30* (3), 213–219. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201902280>.
46. Koburger, T.; Hübner, N. O.; Braun, M.; Siebert, J.; Kramer, A. Standardized comparison of antiseptic efficacy of triclosan, PVP-iodine, octenidine dihydrochloride, polyhexanide and chlorhexidine digluconate. *The Journal of antimicrobial chemotherapy* **2010**, *65* (8), 1712–1719. <https://doi.org/10.1093/jac/dkq212>.
47. Nikolić, N.; Kienzl, P.; Tajpara, P.; Vierhapper, M.; Matiasek, J.; Elbe-Bürger, A. The Antiseptic Octenidine Inhibits Langerhans Cell Activation and Modulates Cytokine Expression upon Superficial Wounding with Tape Stripping. *Journal of Immunology Research* **2019**, *2019*, 5143635. <https://doi.org/10.1155/2019/5143635>.
48. Melhorn, S.; Staubach, P. Octenidindihydrochlorid. *Der Hautarzt* **2018**, *69* (5), 427–429. <https://doi.org/10.1007/s00105-018-4139-0>.
49. Hübner, N. O.; Siebert, J.; Kramer, A. Octenidine Dihydrochloride, a Modern Antiseptic for Skin, Mucous Membranes and Wounds. *Skin Pharmacology and Physiology* **2010**, *23* (5), 244–258. <https://doi.org/10.1159/000314699>.
50. Assadian, O. Octenidine dihydrochloride: chemical characteristics and antimicrobial properties. *Journal of wound care* **2016**, *25* (3 Suppl), S3–6. <https://doi.org/10.12968/jowc.2016.25.Sup3.S3>.
51. Gastmeier, P.; Kämpf, K.-P.; Behnke, M.; Geffers, C.; Schwab, F. An observational study of the universal use of octenidine to decrease nosocomial bloodstream infections and MDR organisms. *J. Antimicrob. Chemother.* **2016**, *71* (9), 2569–2576. <https://doi.org/10.1093/jac/dkw170>.
52. Kethireddy, A.; Nirmala S. Octenidine dihydrochloride (oct): applications in dentistry. *International Journal of Pharma and Bio Sciences* **2018**, *9* (4), 178–196. <http://dx.doi.org/10.22376/ijpbs.2018.9.4.b178-196>.
53. Cherian, B.; Gehlot, P. M.; Manjunath, M. K. Comparison of the Antimicrobial Efficacy of Octenidine Dihydrochloride and Chlorhexidine with and Without Passive Ultrasonic Irrigation – An in-vitro Study. *Journal of clinical and diagnostic research* **2016**, *10* (6), Zc71–7. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2016/17911.8021>.
54. Pavlík, V.; Sojka, M.; Mazúrová, M.; Velebný, V. Dual role of iodine, silver, chlorhexidine and octenidine as antimicrobial and antiprotease agents. *PLOS ONE* **2019**, *14* (1), e0211055. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211055>.
55. Hübner, N. O.; Siebert, J.; Kramer, A. Octenidine Dihydrochloride, a Modern Antiseptic for Skin, Mucous Membranes and Wounds. *Skin Pharmacology and Physiology* **2010**, *23* (5), 244–258. <https://doi.org/10.1159/000314699>.
56. Nikolić, N.; Kienzl, P.; Tajpara, P.; Vierhapper, M.; Matiasek, J.; Elbe-Bürger, A. The Antiseptic Octenidine Inhibits Langerhans Cell Activation and Modulates Cytokine Expression upon Superficial Wounding with Tape Stripping. *Journal of Immunology Research* **2019**, *2019*, 5143635. <https://doi.org/10.1155/2019/5143635>.
57. Meißner, A.; Hasenclever, D.; Brosteanu, O.; Chaberny, I. F. Effect of daily antiseptic body wash with octenidine on nosocomial primary bacteraemia and nosocomial multidrug-resistant organisms in intensive care units: design of a multicentre, cluster-randomised, double-blind, cross-over study. *BMJ Open* **2017**, *7* (11), e016251. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016251>.
58. Langner, I.; Kramer, A.; Matthes, R.; Rebert, F.; Kohler, C.; Koban, I.; Hübner, N.-O.; Kohlmann, T.; Patrzyk, M. Inhibition of microbial growth by cold atmospheric plasma compared with the antiseptics chlorhexidine digluconate, octenidine dihydrochloride, and polyhexanide. *Plasma Processes and Polymers* **2019**, *16* (4), 1800162. <https://doi.org/10.1002/ppap.201800162>.
59. Stahl, J.; Braun, M.; Siebert, J.; Kietzmann, M. The percutaneous permeation of a combination of 0.1% octenidine dihydrochloride and 2% 2-phenoxyethanol (octenisept®) through skin of different species in vitro. *BMC Veterinary Research* **2011**, *7* (1), 44. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-7-44>.
60. Htun, H. L.; Hon, P. Y.; Holden, M. T. G.; Ang, B.; Chow, A. Chlorhexidine and octenidine use, carriage of qac genes, and reduced antiseptic susceptibility in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolates from a healthcare network. *Clinical Microbiology and Infection* **2019**, *25* (9), 1154.e1–1154.e7. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2018.12.036>.
61. Krishna, B. V. S.; Gibb, A. P. Use of octenidine dihydrochloride in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* decolonisation regimens: a literature review. *Journal of Hospital Infection* **2010**, *74* (3), 199–203. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2009.08.022>.
62. Rodin, A. V. Selection of local antiseptic for treatment and prevention of wound infection. *Ambulatory surgery* **2019**, *3–4*, 47–57 (in Russian). <https://doi.org/10.21518/1995-1477-2019-3-4-47-56>.

63. Harke, H. P., Disinfectants. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*; Wiley-VCH: Weinheim, 2007. https://doi.org/10.1002/14356007.a08_551.
64. Barillo, D. J.; Barillo, A. R.; Korn, S.; Lam, K.; Attar, P. S. The antimicrobial spectrum of Xeroform®. *Burns* **2017**, *43* (6), 1189–1194. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2016.10.023>.
65. Chattopadhyay, A.; Chang, K.; Nguyen, K.; Galvez, M. G.; Legrand, A.; Davis, C.; McGoldrick, R.; Long, C.; Pham, H.; Chang, J. An Inexpensive Bismuth-Petrolatum Dressing for Treatment of Burns. *Plastic and reconstructive surgery. Global open* **2016**, *4* (6), e737. <https://doi.org/10.1097/gox.0000000000000741>.
66. Vitale, L. C.; Livingston, J.; Curtis, E.; Oag, K.; Shanti, C. M.; Klein, J. D. 726 The Use of Xeroform Dressings for Partial Thickness Scald Burn Injuries in a Verified Pediatric Burn Center. *Journal of Burn Care & Research* **2020**, *41* (Supplement_1), S194–S195. <https://doi.org/10.1093/jbcr/iraa024.310>.
67. Iliescu Nelea, M.; Paek, L.; Dao, L.; Rouchet, N.; Efanov, J. I.; Édouard, C.; Danino, M. A. In-situ characterization of the bacterial biofilm associated with Xeroform™ and Kaltostat™ dressings and evaluation of their effectiveness on thin skin engraftment donor sites in burn patients. *Burns* **2019**, *45* (5), 1122–1130. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2019.02.024>.
68. Benhalima, L.; Amri, S.; Bensouilah, M.; Ouzrout, R.; Antibacterial effect of copper sulfate against multi-drug resistant nosocomial pathogens isolated from clinical samples. *Pakistan Journal of Medical Sciences* **2019**, *35* (5), 1322–1328. <https://doi.org/10.12669/pjms.35.5.336>.
69. Febre, N.; Silva, V.; Baez, A.; Palza, H.; Delgado, K.; Aburto, I.; Silva, V. Antibacterial activity of copper salts against microorganisms isolated from chronic infected wounds. *Revista médica de Chile* **2016**, *144* (12), 1523–1530. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872016001200003>.
70. Gritsch, L.; Lovell, C.; Goldmann, W. H.; Boccaccini, A. R. Fabrication and characterization of copper(II)-chitosan complexes as antibiotic-free antibacterial biomaterial. *Carbohydr. Polym.* **2018**, *179*, 370–378. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.09.095>.
71. Vincent, M.; Duval, R. E.; Hartemann, P.; Engels-Deutsch, M. Contact killing and antimicrobial properties of copper. *Journal of Applied Microbiology* **2018**, *124* (5), 1032–1046. <https://doi.org/10.1111/jam.13681>.
72. Zakharova, O. V.; Godymchuk, A. Y.; Gusev, A. A.; Gulchenko, S. I.; Vasyukova, I. A.; Kuznetsov, D. V. Considerable Variation of Antibacterial Activity of Cu Nanoparticles Suspensions Depending on the Storage Time, Dispersive Medium, and Particle Sizes. *BioMed Research International* **2015**, *2015*, 412530. <https://doi.org/10.1155/2015/412530>.
73. Montero, D. A.; Arellano, C.; Pardo, M.; Vera, R.; Gálvez, R.; Cifuentes, M.; Berasain, M. A.; Gómez, M.; Ramírez, C.; Vidal, R. M. Antimicrobial properties of a novel copper-based composite coating with potential for use in healthcare facilities. *Antimicrobial Resistance & Infection Control* **2019**, *8* (1), 3. <https://doi.org/10.1186/s13756-018-0456-4>.
74. Shcherbakov, A. B.; Korzhak, G. I.; Surmasheva, E. V.; Skorohod, I. M. Preparaty serebra: vchera, segodnya i zavtra [Silver preparations: yesterday, today and tomorrow]. *Farmaceuticheskij zhurnal* **2006**, *5*, 45–57 (in Russian).
75. Politano, A.D.; Campbell, K.T.; Rosenberger, L.H.; Sawyer R.G. Use of Silver in the Prevention and Treatment of Infections: Silver Review. *Surgical Infections* **2013**, *14* (1), 8–20. <https://doi.org/10.1089/sur.2011.097>.
76. Pandian, S. R. K.; Deepak, V.; Kalishwaralal, K.; Viswanathan, P.; Gurunathan, S. Mechanism of bactericidal activity of Silver Nitrate. *Braz. J. Microbiol.* **2010**, *41* (3). <https://doi.org/10.1590/S1517-83822010000300033>.
77. Jung, W. K.; Koo, H. C.; Kim, K. W.; Shin, S.; Kim, S. H.; Park, Y. H. Antibacterial Activity and Mechanism of Action of the Silver Ion in *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology* **2008**, *74* (7), 2171–2178. <https://doi.org/10.1128/AEM.02001-07>.
78. Li, R.; Chen, J.; Cesario, T. C.; Wang, X.; Yuan, J. S.; Rentzepis, P. M. Synergistic reaction of silver nitrate, silver nanoparticles, and methylene blue against bacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2016**, *113* (48), 13612–13617. <https://doi.org/10.1073/pnas.1611193113>.
79. Wakshlak, R. B.-K.; Pedahzur, R.; Avnir, D. Antibacterial activity of silver-killed bacteria: the “zombies” effect. *Scientific reports* **2015**, *5* (1), 9555. <https://doi.org/10.1038/srep09555>.
80. Culver, A.; Geiger, C.; Simon, D. Safer products and practices for disinfecting and sanitizing surfaces. https://sfenvironment.org/sites/default/files/fliers/files/sfe_th_safer_products_and_practices_for_disinfecting.pdf (accessed Sep 17, 2021).
81. Adhya, A.; Bain, J.; Ray, O.; Hazra, A.; Adhikari, S.; Dutta, G.; Ray, S.; Majumdar, B. K. Healing of burn wounds by topical treatment: A randomized controlled comparison between silver sulfadiazine and nano-crystalline silver. *Journal of basic and clinical pharmacy* **2014**, *6* (1), 29–34. <https://doi.org/10.4103/0976-0105.145776>.
82. Gupta, S.; Kumar, N.; Tiwari, V. Silver sulfadiazine versus sustained-release silver dressings in the treatment of burns: A surprising result. *Indian Journal of Burns* **2017**, *25* (1), 38–43. https://doi.org/10.4103/ijb.ijb_22_17.
83. Mehta, M. A.; Shah, S.; Ranjan, V.; Sarwade, P.; Philipose, A. Comparative study of silver-sulfadiazine-impregnated collagen dressing versus conventional burn dressings in second-degree burns. *Journal of Family Medicine and Primary Care* **2019**, *8* (1), 215–219. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_291_18.
84. Mohseni, M.; Shamloo, A.; Aghababaei, Z.; Vossoughi, M.; Moravvej, H. Antimicrobial Wound Dressing Containing Silver Sulfadiazine with High Biocompatibility: In Vitro Study. *Artificial Organs* **2016**, *40* (8), 765–773. <https://doi.org/10.1111/aor.12682>.
85. Darres, A.; Delaval, R.; Fournier, A.; Tournier, E. The Effectiveness of Topical Cerium Nitrate-Silver Sulfadiazine Application on Overall Outcome in Patients with Calciphylaxis. *Dermatology* **2019**, *235* (2), 120–129. <https://doi.org/10.1159/000493975>.
86. *WHO Model Formulary 2008*; Stuart, M. C.; Kouimtzi, M.; Hill, S. R., Eds.; WHO Press: Geneva, 2008.
87. Dash, S.; Bhojani, J.; Sharma, S. A Rare Case of Anal and Perianal Chemical Burn in a Child due to Potassium Permanganate Crystals. *Drug Safety – Case Reports* **2018**, *5* (1), 10. <https://doi.org/10.1007/s40800-018-0072-5>.
88. *British National Formulary*, 69th Ed.; Pharmaceutical Press: London, 2015.
89. Левін, М. Г.; Брицун, В. М.; Мелешко, П. А.; Терещенко, О. М. Сучасні аспекти нормування і контролю профілю домішок в лікарських препаратах. *Фармакологія та лікарська токсикологія* **2018**, *12* (4–5), 74–88.
90. ICH Guideline Q3D (R1) on elemental impurities. https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/international-conference-harmonisation-technical-requirements-registration-pharmaceuticals-human-use_en-32.pdf (accessed Sep 10, 2021).
91. Boyce, J. M. Alcohols as Surface Disinfectants in Healthcare Settings. *Infection Control & Hospital Epidemiology* **2018**, *39* (3), 323–328. <https://doi.org/10.1017/ice.2017.301>.
92. Graziano, M. U.; Graziano, K. U.; Pinto, F. M. G.; de Moraes Bruna, C. Q.; de Souza, R. Q.; Lascala, C. A. Effectiveness of disinfection with alcohol 70% (w/v) of contaminated surfaces. *Revista Latino-Americana de Enfermagem* **2013**, *21* (2). <https://doi.org/10.1590/S0104-11692013000200020>.
93. Ribeiro, M. M.; Neumann, V. A.; Padoveze, M. C.; Graziano, K. U. Efficacy and effectiveness of alcohol in the disinfection of semi-critical materials: a systematic review. *Revista Latino-Americana de Enfermagem* **2015**, *23* (4), 741–752. <https://doi.org/10.1590/0104-1169.0266.2611>.

94. Hirose, R.; Nakaya, T.; Naito, Y.; Daidoji, T.; Watanabe, Y.; Yasuda, H.; Konishi, H.; Itoh, Y. Viscosity is an important factor of resistance to alcohol-based disinfectants by pathogens present in mucus. *Scientific reports* **2017**, *7* (1), 13186. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13732-2>.
95. Bondurant, S.; McKinney, T.; Bondurant, L.; Fitzpatrick, L. Evaluation of a benzalkonium chloride hand sanitizer in reducing transient *Staphylococcus aureus* bacterial skin contamination in health care workers. *American Journal of Infection Control* **2020**, *48* (5), 522–526. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2019.08.030>.
96. Matthews, D.; Atkinson, R.; Shephard, A. Spectrum of bactericidal action of amylmetacresol/2,4-dichlorobenzyl alcohol lozenges against oropharyngeal organisms implicated in pharyngitis. *International journal of general medicine* **2018**, *11*, 451–456. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s184406>.
97. Bouarab-Chibane, L.; Forquet, V.; Lantéri, P.; Clément, Y.; Léonard-Akkari, L.; Oulahal, N.; Degraeve, P.; Bordes, C. Antibacterial Properties of Polyphenols: Characterization and QSAR (Quantitative Structure–Activity Relationship) Models. *Frontiers in Microbiology* **2019**, *10* (829). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00829>.
98. Alves, M. J.; Ferreira, I. C.; Froufe, H. J.; Abreu, R. M.; Martins, A.; Pintado, M. Antimicrobial activity of phenolic compounds identified in wild mushrooms, SAR analysis and docking studies. *J Appl Microbiol* **2013**, *115* (2), 346–57. <https://doi.org/10.1111/jam.12196>.
99. Macé, S.; Truelstrup Hansen, L.; Rupasinghe, H. P. V. Anti-Bacterial Activity of Phenolic Compounds against *Streptococcus pyogenes*. *Medicines* **2017**, *4* (2), 25. <https://doi.org/10.3390/medicines4020025>.
100. Sabbineni, J. Phenol – An effective antibacterial Agent. *Journal of Medicinal & Organic Chemistry* **2016**, *3* (2), 182–191.
101. *Chemical bonds and bond energy*; Sanderson, R. T., Ed.; Physical Chemistry, book series; Academic Press: New York, 1976; Vol. 21.
102. Miller, L. G.; Tan, J.; Eells, S. J.; Benitez, E.; Radner, A. B. Prospective Investigation of Nasal Mupirocin, Hexachlorophene Body Wash, and Systemic Antibiotics for Prevention of Recurrent Community-Associated Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Infections. *Antimicrob. Agents Chemother.* **2012**, *56* (2), 1084–1086. <https://doi.org/10.1128/AAC.01608-10>.
103. Luk, E.; Jager, M. *Chemische Lebensmittelkonservierung [Russian translation]*; GIOR: Saint Petersburg, 1998.
104. Hahn, S.; Kielhorn, J.; Koppenhofer, J.; Wibbertmann, A. *Resorcinol. Concise International Chemical Assessment Document*, **71**; WHO Press: Geneva, 2006.
105. Ali, B.; ElMahdy, N.; Elfar, N. N. Microneedling (Dermapen) and Jessner’s solution peeling in treatment of atrophic acne scars: a comparative randomized clinical study. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy* **2019**, *21* (6), 357–363. <https://doi.org/10.1080/14764172.2019.1661490>.
106. Kantouch, A.; El-Sayed, A. A.; Salama, M.; El-Kheir, A. A.; Mowafi, S. Salicylic acid and some of its derivatives as antibacterial agents for viscose fabric. *Int. J. Biol. Macromol.* **2013**, *62*, 603–607. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.09.021>.
107. Marchese, A.; Orhan, I. E.; Daglia, M.; Barbieri, R.; Di Lorenzo, A.; Nabavi, S. F.; Gortzi, O.; Izadi, M.; Nabavi, S. M. Antibacterial and antifungal activities of thymol: A brief review of the literature. *Food Chem.* **2016**, *210*, 402–414. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.111>.
108. Kachur, K.; Suntres, Z. The antibacterial properties of phenolic isomers, carvacrol and thymol. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **2020**, *60* (18), 3042–3053. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1675585>.
109. Kumari, S.; Kumaraswamy, R. V.; Choudhary, R. C.; Sharma, S. S.; Pal, A.; Raliya, R.; Biswas, P.; Saharan, V. Thymol nanoemulsion exhibits potential antibacterial activity against bacterial pustule disease and growth promotory effect on soybean. *Scientific reports* **2018**, *8* (1), 6650. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24871-5>.
110. Khaldi, Z.; Ouk, T.-S.; Zerrouki, R. Synthesis and antibacterial properties of thymol and carvacrol grafted onto lignocellulosic kraft fibers. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers* **2018**, *33* (5), 558–570. <https://doi.org/10.1177/0883911518783227>.
111. Du, E.; Gan, L.; Li, Z.; Wang, W.; Liu, D.; Guo, Y. *In vitro* antibacterial activity of thymol and carvacrol and their effects on broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*. *Journal of Animal Science and Biotechnology* **2015**, *6* (1), 58. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0055-7>.
112. Kim, S. A.; Moon, H.; Lee, K.; Rhee, M. S. Bactericidal effects of triclosan in soap both *in vitro* and *in vivo*. *J. Antimicrob. Chemother.* **2015**, *70* (12), 3345–3352. <https://doi.org/10.1093/jac/dkv275>.
113. Macri, D. Worldwide use of triclosan: Can dentistry do without this antimicrobial? *Contemporary Clinical Dentistry* **2017**, *8* (1), 7–8. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_225_17.
114. Westfall, C.; Flores-Mireles, A. L.; Robinson, J. I.; Lynch, A. J. L.; Hultgren, S.; Henderson, J. P.; Levin, P. A. The Widely Used Antimicrobial Triclosan Induces High Levels of Antibiotic Tolerance *In Vitro* and Reduces Antibiotic Efficacy up to 100-Fold *In Vivo*. *Antimicrob. Agents Chemother.* **2019**, *63* (5), e02312–18. <https://doi.org/10.1128/AAC.02312-18>.
115. Weatherly, L. M.; Gosse, J. A. Triclosan exposure, transformation, and human health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B* **2017**, *20* (8), 447–469. <https://doi.org/10.1080/10937404.2017.1399306>.
116. Alfihli, M. A.; Lee, M.-H. Triclosan: An Update on Biochemical and Molecular Mechanisms. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* **2019**, *2019*, 1607304. <https://doi.org/10.1155/2019/1607304>.
117. Yu, J. J.; Manus, M. B.; Mueller, O.; Windsor, S. C.; Horvath, J. E.; Nunn, C. L. Antibacterial soap use impacts skin microbial communities in rural Madagascar. *PLOS ONE* **2018**, *13* (8), e0199899. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199899>.
118. Al-Dabbagh, S. Y. A.; Ali, H. H.; Khalil, I. I.; Hamad, M. A. A Study of some antibiotics, disinfectants and antiseptic efficacy against some species of pathogenic bacteria. *Assiut Veterinary Medical Journal* **2015**, *61* (147), 210–217. <https://doi.org/10.21608/avmj.2015.170256>.
119. Rutala, W. A.; Weber, D. J. Disinfection and sterilization: An overview. *American Journal of Infection Control* **2013**, *41* (5), S2–S5. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.11.005>.
120. Riza, A.; Isnandar, I.; Syaflida, R.; Jasmine, J. Comparison of Chloroxylenol 4.8% and Povidone Iodine 7.5% on Total Bacteria Count Post WHO Routine Hand Washing on Clinical Students at the Department of Oral Surgery, Faculty of Dentistry, Universitas Sumatera Utara March-May 2018. *Journal of Dentomaxillofacial Science* **2019**, *4* (3), 142–144. <https://doi.org/10.15562/jdmfs.v0i0.796>.
121. Sadakane, K.; Ichinose, T. Effect of the Hand Antiseptic Agents Benzalkonium Chloride, Povidone-Iodine, Ethanol, and Chlorhexidine Gluconate on Atopic Dermatitis in NC/Nga Mice. *International Journal of Medical Sciences* **2015**, *12* (2), 116–125. <https://doi.org/10.7150/ijms.10322>.
122. Gerba, C. P.; Müller, V. Quaternary Ammonium Biocides: Efficacy in Application. *Applied and Environmental Microbiology* **2015**, *81* (2), 464–469. <https://doi.org/10.1128/AEM.02633-14>.
123. Gadea, R.; Fernández Fuentes, M.; Pérez Pulido, R.; Gálvez, A.; Ortega, E. Effects of exposure to quaternary-ammonium-based biocides on antimicrobial susceptibility and tolerance to physical stresses in bacteria from organic foods. *Food microbiology* **2017**, *63*, 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.10.037>.
124. Jiménez-Munguía, I.; Volynsky, P. E.; Batishchev, O. V.; Akimov, S. A.; Korshunova, G. A.; Smirnova, E. A.; Knorre, D. A.; Sokolov, S. S.; Severin, F. F. Effects of Sterols on the Interaction of SDS, Benzalkonium Chloride, and A Novel Compound, Kor105, with Membranes. *Biomolecules* **2019**, *9* (10), 627. <https://doi.org/10.3390/biom9100627>.

125. Yegin, Y.; Oh, J. K.; Akbulut, M.; Taylor, T. Cetylpyridinium chloride produces increased zeta-potential on *Salmonella Typhimurium* cells, a mechanism of the pathogen's inactivation. *npj Science of Food* **2019**, *3* (1), 21. <https://doi.org/10.1038/s41538-019-0052-x>.
126. Jantafong, T.; Ruenphet, S.; Punyadarsaniya, D.; Takehara, K. The study of effect of didecyl dimethyl ammonium bromide on bacterial and viral decontamination. *Veterinary World* **2018**, *11* (5), 706–711. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.706-711>.
127. Chevalier, M.; Sakarovitch, C.; Precheur, I.; Lamure, J.; Pouyssegur-Rougier, V. Antiseptic mouthwashes could worsen xerostomia in patients taking polypharmacy. *Acta Odontologica Scandinavica* **2015**, *73* (4), 267–273. <https://doi.org/10.3109/00016357.2014.923108>.
128. Sreevidya, V. S.; Lenz, K. A.; Svoboda, K. R.; Ma, H. Benzalkonium chloride, benzethonium chloride, and chloroxylenol – Three replacement antimicrobials are more toxic than triclosan and triclocarban in two model organisms. *Environ. Pollut.* **2018**, *235*, 814–824. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.108>.
129. Pereira, B. M. P.; Tagkopoulos, I.; Vieille, C. Benzalkonium Chlorides: Uses, Regulatory Status, and Microbial Resistance. *Applied and Environmental Microbiology* **2019**, *85* (13), e00377–19. <https://doi.org/10.1128/AEM.00377-19>.
130. Choi, H.-Y.; Lee, Y.-H.; Lim, C.-H.; Kim, Y.-S.; Lee, I.-S.; Jo, J.-M.; Lee, H.-Y.; Cha, H.-G.; Woo, H. J.; Seo, D.-S. Assessment of respiratory and systemic toxicity of Benzalkonium chloride following a 14-day inhalation study in rats. *Particle and Fibre Toxicology* **2020**, *17* (1), 5. <https://doi.org/10.1186/s12989-020-0339-8>.
131. Turetgen, I.; Vatansver, C. The Efficacy of Nano Silver Sulfadiazine and Nano Benzalkonium Chloride on Heterotrophic Biofilms. *Microbiology* **2019**, *88* (1), 94–99. <https://doi.org/10.1134/S0026261719010089>.
132. Romanowski, E. G.; Yates, K. A.; Shanks, R. M.; Kowalski, R. P. Benzalkonium Chloride Demonstrates Concentration-Dependent Antiviral Activity Against Adenovirus In Vitro. *Journal of Ocular Pharmacology and Therapeutics* **2019**, *35* (5), 311–314. <https://doi.org/10.1089/jop.2018.0145>.
133. Teng, F.; He, T.; Huang, S.; Bo, C.-P.; Li, Z.; Chang, J.-L.; Liu, J.-Q.; Charbonneau, D.; Xu, J.; Li, R.; Ling, J.-Q. Cetylpyridinium chloride mouth rinses alleviate experimental gingivitis by inhibiting dental plaque maturation. *International Journal of Oral Science* **2016**, *8* (3), 182–190. <https://doi.org/10.1038/ijos.2016.18>.
134. de Miranda, S. L. F.; Damaceno, J. T.; Faveri, M.; Figueiredo, L. C.; Soares, G. M. S.; Feres, M.; Bueno-Silva, B. In Vitro Antimicrobial Effect of Cetylpyridinium Chloride on Complex Multispecies. *Brazilian Dental Journal* **2020**, *31* (2). <https://doi.org/10.1590/0103-6440202002630>.
135. Rosing, C. K.; Cavagni, J.; Gaio, E. J.; Muniz, F. W. M. G.; Ranzan, N.; Oballe, H. J. R.; Friedrich, S. A.; Severo, R. M.; Stewart, B.; Zhang, Y. P. Efficacy of two mouthwashes with cetylpyridinium chloride: a controlled randomized clinical trial. *Brazilian Oral Research* **2017**, *31*, e47. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2017.vol31.0047>.
136. Fromm-Dornieden, C.; Rembe, J.-D.; Schäfer, N.; Böhm, J.; Stuermer, E. K. Cetylpyridinium chloride and miramistin as antiseptic substances in chronic wound management – prospects and limitations. *Journal of Medical Microbiology* **2015**, *64* (4), 407–414. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.000034>.
137. Shinu, P.; Singh, V. A.; Nair, A.; Venugopala, K. N.; Akrawi, S. H. Papain-cetylpyridinium chloride and pepsin-cetylpyridinium chloride; two novel, highly sensitive, concentration, digestion and decontamination techniques for culturing mycobacteria from clinically suspected pulmonary tuberculosis cases. *PLOS ONE* **2020**, *15* (8), e0236700. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236700>.
138. Williams, M. D.; Falkinham, J. O. Effect of Cetylpyridinium Chloride (CPC) on Colony Formation of Common Nontuberculous Mycobacteria. *Pathogens* **2018**, *7* (4), 79. <https://doi.org/10.3390/pathogens7040079>.
139. Saucedo-Alderete, R. O.; Eifert, J. D.; Boyer, R. R.; Williams, R. C.; Welbaum, G. E. Cetylpyridinium chloride direct spray treatments reduce *Salmonella* on cantaloupe rough surfaces. *Journal of Food Safety* **2018**, *38* (4), e12471. <https://doi.org/10.1111/jfs.12471>.
140. Verma, T.; Sharma, P.; Kumar, P.; Tyagi, K.; Bhatnagar, S.; Raza, M. Evaluation of antimicrobial property of modified acrylic resin#8211;containing cetylpyridinium chloride. *Journal of orthodontic science* **2020**, *9* (1), 1. https://doi.org/10.4103/jos.JOS_6_19.
141. Popkin, D. L.; Zilka, S.; Dimaano, M.; Fujioka, H.; Rackley, C.; Salata, R.; Griffith, A.; Mukherjee, P. K.; Ghannoum, M. A.; Esper, F. Cetylpyridinium Chloride (CPC) Exhibits Potent, Rapid Activity Against Influenza Viruses. *Pathogens and Immunity* **2017**, *2* (2), 253–269. <https://doi.org/10.20411/pai.v2i2.200>.
142. Jang, H.; Lim, S. H.; Choi, J. S.; Park, Y. Antibacterial properties of cetyltrimethylammonium bromide-stabilized green silver nanoparticles against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Arch. Pharm. Res.* **2015**, *38* (10), 1906–1912. <https://doi.org/10.1007/s12272-015-0605-8>.
143. Nik Malek, N. A. N.; Azalisa, W. N.; Yieh Lin, C. C. Antibacterial Activity of Cetyltrimethylammonium Bromide Modified Silver-Bentonite. *MATEC Web of Conferences* **2016**, *60*, 03005. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20166003005>.
144. Mahmoud, N. N.; Alkilany, A. M.; Khalil, E. A.; Al-Bakri, A. G. Antibacterial activity of gold nanorods against *Staphylococcus aureus* and *Propionibacterium acnes*: misinterpretations and artifacts. **2017**, *12*, 7311–7322. <https://doi.org/10.2147/IJN.S145531>.
145. Kramer, A.; Dissemond, J.; Kim, S.; Willy, C.; Mayer, D.; Papke, R.; Tuchmann, F.; Assadian, O. Consensus on Wound Antisepsis: Update 2018. *Skin Pharmacol Physiol* **2018**, *31* (1), 28–58. <https://doi.org/10.1159/000481545>.
146. Aryal, M.; Muriana, P. M. Efficacy of Commercial Sanitizers Used in Food Processing Facilities for Inactivation of *Listeria monocytogenes*, *E. Coli* O157:H7, and *Salmonella* Biofilms. *Foods* **2019**, *8* (12), 639. <https://doi.org/10.3390/foods8120639>.
147. Salmanov, A. G.; Marievsky, V. F.; Khobzey, M. K. Bacterial resistance to antiseptics and disinfectants. *Ukrainskyi medychnyi chasopys* **2010**, *6*, 51–56 [in Ukrainian].
148. Ksiaczyc, M.; Krzyzewska, E.; Futoma, B.; Bugla-Ploskonska, G. Disinfectants – bacterial cells interactions in the view of hygiene and public health. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* **2015**, *69*, 1042-1005.
149. U.S. Food & Drug Administration. Antibacterial soap? You can skip it, use plain soap and water. <https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/antibacterial-soap-you-can-skip-it-use-plain-soap-and-water> (accessed Sep 03, 2021).

Authors information:

Vasyl M. Britsun (corresponding author), D.Sc. in Chemistry, Chief Researcher, O.M. Marzeiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Science of Ukraine; e-mail for correspondance: britsun167@ukr.net; tel. +380 68 7104725.

Nataliya V. Simurova, Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Food Chemistry, National University of Food Technologies; <https://orcid.org/0000-0003-0310-6153>.

Inna V. Popova, Ph.D. in Technical Sciences, Professor of the Department of Food Chemistry, National University of Food Technologies; <https://orcid.org/0000-0003-0332-2681>.

Oleksii V. Simurov, Ph.D. in Chemistry, Senior Researcher, V. Komisarenko State Institute of Endocrinology and Metabolism of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine; <https://orcid.org/0000-0001-5413-0933>.