

Варданян А. О., аспірант, Редько Я. В., проф., Гараніна О. О., проф.

Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБКА АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ – ВАЖЛИВИЙ ВЕКТОР ДЛЯ НАУКИ ТА ВИРОБНИЦТВА

Анотація. Проведено дослідження сучасного стану розвитку та актуальності використання антибактеріального текстилю шляхом аналізу публікаційної активності в Україні та світі. Оцінено основні тренди в дослідженнях антибактеріального текстилю, визначено активність вітчизняної наукової спільноти порівняно з міжнародними дослідженнями. Публікаційна активність за ключовими словами «Антибактеріальний текстиль» та «Antibacterial textile» станом на жовтень 2024 року показує, що найбільша кількість публікацій припала на 2022 рік. Встановлено ефективність антибактеріальної дії розроблених текстильних матеріалів змішаного складу на основі поліестеру та бавовни.

Ключові слова: антибактеріальні текстильні матеріали, текстильні матеріали, зацікавленість, антибактеріальні агенти.

Vardanian A. O., Redko Y. V., Haranina O. O.

Kyiv National University of Technologies and Design

DEVELOPMENT OF ANTIBACTERIAL TEXTILE MATERIALS AS IMPORTANT VECTOR FOR SCIENCE AND INDUSTRY

Abstract. A study of the current state of development and relevance of the use of antibacterial textiles is carried out by analysing the publication activity in Ukraine and the world. The main trends in the research of antibacterial textiles are assessed, the activity of the domestic scientific community is determined in comparison with international research. The publication activity for the key words «Антибактеріальний текстиль» and «Antibacterial textile» as of October 2024 shows that the largest number of publications was in 2022. The effectiveness of the antibacterial effect of the developed textile materials of mixed composition based on polyester and cotton was established.

Keywords: antibacterial textile materials, textile materials, interest, antibacterial agents.

Вступ. Розвиток технологій надання текстильним матеріалам антимікробного захисту надає безпечність і довговічність текстильних виробів, сприяючи їх широкому впровадженню у різних галузях. Наприклад, легкій промисловості, фармацевтиці, медицині, транспорті, туризмі, сільському господарстві т.і. Антимікробний захист текстильних виробів зменшує розповсюдження інфекцій, підвищує гігієнічні властивості та збільшує термін їх експлуатації.

Вибір типу антибактеріального, протигрибкового чи противірусного захисту для текстильних матеріалів має базуватися на специфічних умовах експлуатації. Антимікробні властивості матеріалів повинні бути стійкими та ефективними в умовах, де їх буде використовувати споживач [1–3].

Для створення антибактеріального текстильного матеріалу використовують широкий спектр антибактеріальних агентів, які забезпечують ефективний захист від мікроорганізмів. Основні антибактеріальні агенти, представлені на ринку, включають: метали та їхні солі (виявляють довготривалий ефект до розвитку мікроорганізмів); четвертинні амонієві сполуки (руйнують мембрани бактерій); галогеновані феноли (запобігають розмноженню бактерій і грибків); металоорганічні комплекси (ефективність проти широкого спектра мікроорганізмів); полібігуаніди (засоби для

довготривалого захисту текстилю); N-галамінові сполуки (можуть бути використані для створення антибактеріальних покриттів на текстильних поверхнях) [4–6].

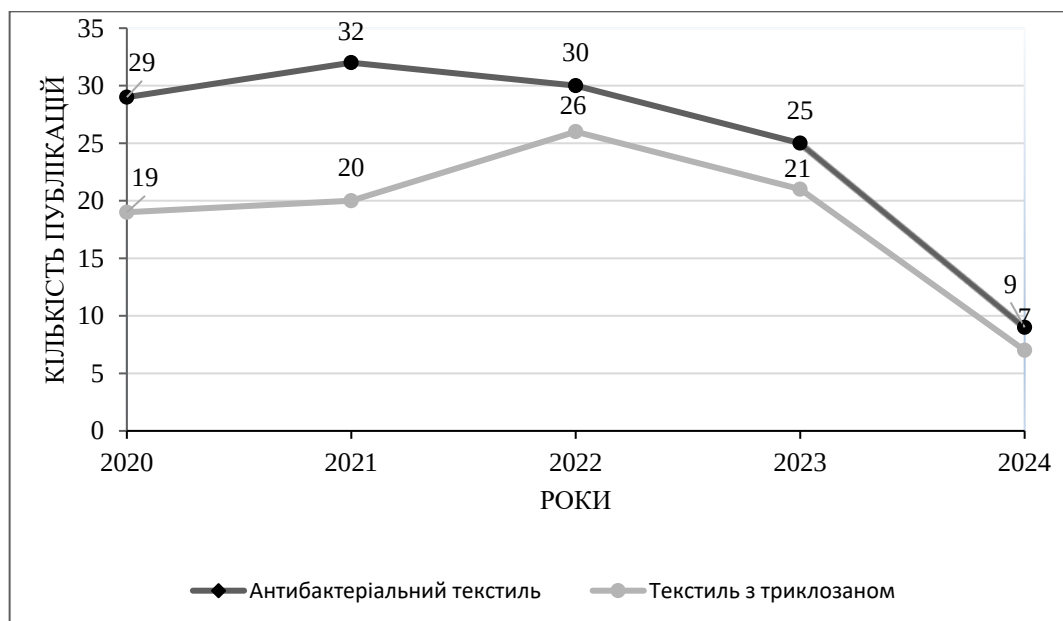
Враховуючи глобальну пандемію COVID-19 та повномасштабну війну в Україні, надзвичайно важливим є розвиток вітчизняного виробництва антибактеріальних текстильних матеріалів. Спричинений попит на засоби індивідуального захисту передбачає необхідність випуску конкурентоспроможної продукції спеціального призначення, яка має відповідати світовим стандартам якості.

Впровадження у виробництво технологій одержання текстильних матеріалів із антибактеріальними властивостями в Україні може стати стратегічним напрямком для посилення національної безпеки. Перш за все, це забезпечення безпеки медичного персоналу, військовослужбовців, рятувальників та цивільного населення, які потребують постійного захисту від інфекційних загроз, токсичних та біологічних забруднень. Розробка технологій отримання антибактеріальних текстильних матеріалів дозволить зменшити залежність від імпортованої продукції та знизити витрати [7].

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження сучасного стану розвитку та актуальності використання антибактеріального текстилю шляхом аналізу публікаційної активності в Україні та світі. Для досягнення мети використано дані з наукових баз Web of Science та Google Scholar за останні 5 років. Такий аналіз надає можливість оцінити динаміку наукових досліджень, визначити пріоритетні напрями та ключові тенденції, а також наукові установи, які демонструють найбільший внесок у розвиток цієї сфери.

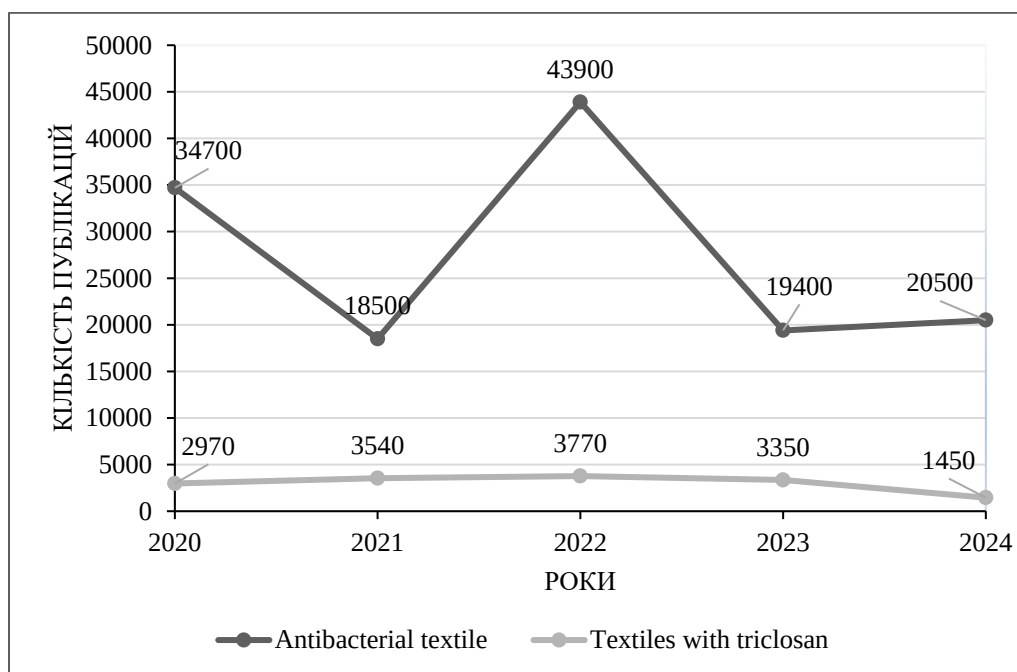
Результати досліджень.

Для виконання поставленого завдання проведено аналіз публікаційної активності з використанням ключових слів «Антибактеріальний текстиль» та «Текстиль з триклозаном» в українській версії Google Scholar, а також «Antibacterial textile» та «Textiles with triclosan» в англійській версії бази Web of Science. Аналіз дозволив визначити загальну кількість публікацій, темп їхнього зростання та рівень зацікавленості наукової спільноти протягом останніх 5 років. Динаміку кількості публікацій зображено на рис. 1–3 [8–9].



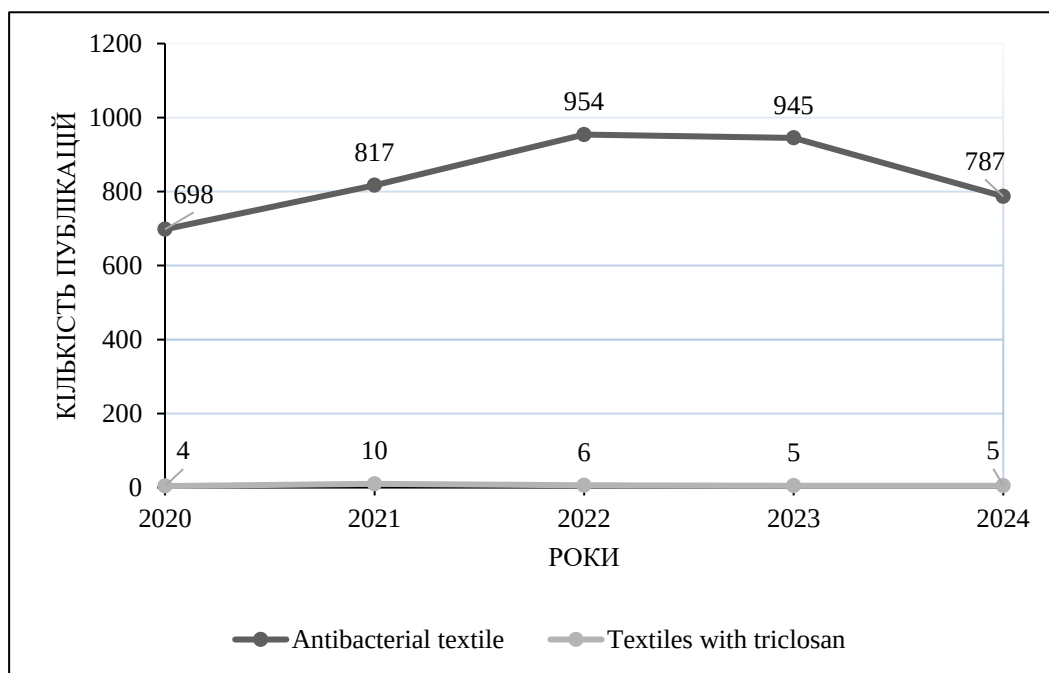
Джерело: побудовано автором на підставі [8].

Рис. 1. Публікаційна активність вітчизняних дослідників з 2020 по 2024 р. в системі Google Scholar станом на жовтень 2024 р.



Джерело: побудовано автором на підставі [8].

Рис. 2. Публікаційна активність світових дослідників з 2020 по 2024 р. в системі Google Scholar станом на жовтень 2024 р.



Джерело: побудовано автором на підставі [9].

Рис. 3. Публікаційна активність світових дослідників з 2020 по 2024 р. в системі Web of Science станом на жовтень 2024 р.

Ці результати дозволяють оцінити основні тренди в дослідженнях антибактеріального текстилю, визначити активність вітчизняної наукової спільноти та порівняти її з міжнародними дослідженнями, що в перспективі сприятиме розвитку конкурентоспроможних українських технологій у галузі антибактеріального текстилю.

Google Scholar є потужним інструментом пошуку наукових джерел інформації. літератури, що охоплює широкий спектр статей, дисертацій, книг, рефератів, матеріалів

академічних видавництв, онлайн-репозиторіїв та інших наукових веб-ресурсів. Це забезпечує можливість для науковців швидко знаходити актуальні дослідження та аналізувати публікаційну активність за конкретними темами. Завдяки зручній системі пошуку та сортування, Google Scholar є корисним інструментом для збору, систематизації та аналізу наукової інформації, необхідної для досліджень [8].

Публікаційна активність за ключовими словами «Антибактеріальний текстиль» та “Antibacterial textile” станом на жовтень 2024 року показує, що найбільша кількість публікацій припала на 2022 рік. Дана тенденція спричинена пандемією COVID-19, коли попит на антимікробні текстильні матеріали суттєво зріс. В подальшому спостерігаємо поступове зниження публікаційної активності. Ймовірно, це пов'язано з тим, що дослідження в цій галузі наблизилися до практичної реалізації розроблених технологій або досягли певного наукового плато. Для словосполучень «Текстиль з триклозаном» та “Textiles with triclosan” публікаційна активність у базі Google Scholar була меншою, порівняно з попередніми термінами. Максимальна кількість публікацій також зафіксована у 2022 році.

Web of Science є пріоритетною базою даних у світовій науковій спільноті. Вона містить наукові публікації, які відповідають високим стандартам якості. Для аналізу зацікавленості вибір відповідних ключових слів має вирішальне значення, оскільки вони безпосередньо впливають на результати дослідження [9, 10]. Результати аналізу пошукових результатів бази Web of Science показують, що з 2022 по 2023 рік публікаційна активність за досліджуваній період щодо ключового словосполучення “Antibacterial textile” зберігалася на найвищому рівні. В свою чергу, достатньо низькою є публікаційна активність щодо ключового словосполучення “Textiles with triclosan”.

Зниження публікаційної активності в Google Scholar та Web of Science серед українських дослідників є, напевно, наслідком обмеження фінансування наукових проєктів, відтоку наукових кадрів, реорганізацію наукових установ т.і. Проте, розробка технологій виготовлення текстильних виробів з антибактеріальними властивостями є важливим та перспективним напрямком розвитку легкої промисловості, особливо в умовах підвищеного попиту на захисний одяг та медичний текстиль. Розробка технології опорядження текстильних матеріалів із заданими антибактеріальними властивостями поєднує міждисциплінарні проєкти, які об'єднують досвід у текстильній інженерії, хімії та медицині. Спільна діяльність у цій сфері буде сприяти підвищенню публікаційної активності, так як результати таких досліджень мають високий потенціал як на національному, так і на міжнародному рівнях.

На сьогодні, серед наукової спільноти, акцентується увага на розробленні антибактеріального текстилю зі 100% бавовняної складової. Бавовняні текстильні матеріали в умовах підвищеної вологості є сприятливим середовищем для росту мікроорганізмів. Це може призвести до погіршення її естетичних та механічних властивостей, неприємного запаху. Застосування антибактеріальної обробки для бавовняних текстильних матеріалів є необхідним фактором для забезпечення гігієнічності [11]. В свою чергу, поліестер виявляє гідрофобні властивості, що сприяє швидкому висиханню. Це є перевагою для виробів, які використовуються в умовах підвищеної вологості або при активних фізичних навантаженнях. Текстильні матеріали з поліестеру залишаються легкими та не насичуються вологою, зберігаючи свою міцність і форму, але вони є менш комфортними для носіння через низьку повітропроникність і низьку здатність поглинання вологи, що може викликати дискомфорт при тривалому контакті зі шкірою.

Аналізуючи викладене вище, перспективним напрямком досліджень є створення змішаних текстильних матеріалів, які поєднують поліестер з натуральними волокнами,

такими як бавовна, віскоза чи вовна [12]. Такі тканини дозволяють оптимізувати характеристики текстилю, урівноважуючи гідрофобність поліестеру з вологопоглинанням і дихаючими властивостями натуральних волокон. Це розширює асортимент майбутніх виробів, що мають спеціальне призначення (спортивний одяг, медичний текстиль т.і.). Текстильні матеріали змішаного складу дозволяють адаптувати текстиль до специфічних експлуатації та вимог комфорту, зберігаючи при цьому міцність і довговічність виробів.

У Київському національному університеті технологій та дизайну (КНУТД) проводяться дослідження та розроблення технології опорядження з безпосереднім виготовленням зразків текстильних матеріалів змішаного складу в рамках виконання науково-технічної роботи за державним замовленням на науково-технічні (експериментальні) розробки на науково-технічну продукцію «Розроблення технологій опорядження текстильних матеріалів для індивідуального захисту військовослужбовців» за договором № ДЗ/151-2023 від 30.10.2023 р. (Державний реєстраційний номер: 0123U104388).

Результати досліджень підтверджують ефективність надання антибактеріальних властивостей бавовняно-поліестерним текстильним матеріалам при різних температурних і часових режимах фарбування, що є важливим для подальшого промислового використання. Дослідження зразків, які були оброблені дисперсним барвником з інтенсифікатором феніл-фенольного ряду, показали, що в умовах лабораторного фарбування при 95 °С протягом 60 хвилин, а також в умовах виробництва при 130 °С протягом 30 хвилин, зразки успішно набули антибактеріальних властивостей.

Випробування на стійкість до *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* та *Pseudomonas aeruginosa* засвідчили утворення зони затримки росту понад 4 мм, що підтверджує наявність антибактеріального ефекту. Це досягнення є значущим, адже для поліестерових тканин, які потребують рівномірного і насиченого забарвлення, оптимальною є температура фарбування понад 130 °С [13] (зразки, виготовлені в умовах виробництва ТОВ «ФН «БАРВА»), що одночасно дозволяє інтегрувати антибактеріальні речовини без втрати властивостей текстилю. Ефективність антибактеріальної обробки підтверджено шляхом проведення мікробіологічних досліджень в ДУ «Інститут громадського здоров'я Національної Академії медичних наук України» Лабораторії санітарної мікробіології та дезінфектології. Випробування зразків проводили з тест-мікроорганізми *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Escherichia coli* ATCC 8739 та *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 за допомогою методу визначення зони затримки росту > 4 мм [7].

Таким чином, розроблена методика може бути адаптована для промислового виробництва антибактеріального текстилю з поліестеру, що є перспективним для виготовлення медичних, спортивних та спеціальних матеріалів, де потрібен додатковий захист від мікроорганізмів.

Дослідження, проведені науковцями КНУТД, продемонстрували, що температура фарбування та варіювання концентрації інтенсифікатора у фарбувальній ванні значно впливають на якість забарвлення обраного асортименту текстильних матеріалів. Зокрема, підвищення температури, а також оптимізація кількості інтенсифікатора феніл-фенольного ряду сприяють досягненню більш насиченого та глибокого кольору текстильних зразків.

Це пояснюється тим, що вищі температури забезпечують кращу дифузію барвника в поліестерне волокно, яке має щільну структуру і потребує додаткового термічного впливу для рівномірного проникнення барвника. Інтенсифікатор, у свою чергу, поліпшує взаємодію барвника з волокном, сприяючи посиленню кольору. Таким

чином, регулювання температурного режиму та концентрації інтенсифікатора є ключовими факторами для досягнення якісного забарвлення поліестеру, що має велике значення для промислових технологій фарбування та виробництва спеціальних текстильних матеріалів.

Висновки. Дослідження сучасного стану розвитку та актуальності використання антибактеріального текстилю шляхом аналізу публікаційної активності в Україні та світі дозволяють оцінити основні тренди в дослідженнях антибактеріального текстилю, визначити активність вітчизняної наукової спільноти та порівняти її з міжнародними дослідженнями, що в перспективі сприятиме розвитку конкурентоспроможних українських технологій у галузі антибактеріального текстилю. Публікаційна активність за ключовими словами «Антибактеріальний текстиль» та «Antibacterial textile» станом на жовтень 2024 року показує, що найбільша кількість публікацій припала на 2022 рік. Дана тенденція спричинена пандемією COVID-19, коли попит на антимікробні текстильні матеріали суттєво зріс. В подальшому спостерігаємо поступове зниження публікаційної активності. Ймовірно, це пов'язано з тим, що дослідження в цій галузі наблизилися до практичної реалізації розроблених технологій або досягли певного наукового плато. Розробка технології опорядження текстильних матеріалів із заданими антибактеріальними властивостями поєднує міждисциплінарні проєкти, які об'єднують досвід у текстильній інженерії, хімії та медицині. Спільна діяльність у цій сфері буде сприяти підвищенню публікаційної активності, так як результати таких досліджень мають високий потенціал як на національному, так і на міжнародному рівнях.

Ситуація на українському ринку випуску текстильної продукції з антибактеріальними характеристиками справді є критичною через відсутність достатнього асортименту власної продукції. Це призводить до залежності від імпортованої сировинної бази, що, в свою чергу, підвищує витрати на виготовлення спеціалізованих текстильних виробів та обмежує можливості вітчизняних виробників у розширенні асортименту. Результати випробувань в умовах виробництва ТОВ «ФН «БАРВА»» та в лабораторних умовах КНУТД свідчать, що змінний температурний режим фарбування не знижує антибактеріальних властивостей текстильних матеріалів. Це відкриває можливість урізноманітнення кольорових варіацій текстильних матеріалів змішаного складу з антибактеріальними властивостями. Створення вітчизняного виробництва антибактеріального текстилю дозволить задовольнити попит на високоякісні текстильні матеріали, адаптовані до потреб ринку, зменшить залежність від імпорту та сприятиме розвитку української текстильної галузі.

Список використаної літератури

1. Mittal, K. L., Bahnners, T. (2017). Textile finishing: recent developments and future trends. Wiley & Sons, Incorporated, John. 588 p.
2. Windler, L., Height, M., Nowack, B. (2013). Comparative evaluation of antimicrobials for textile applications. *Environment international*, Vol. 53, P. 62–73. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.12.010>.
3. Lee et al. (2019). Recent advances in the discovery of novel antiprotozoal agents. *Molecules*, Vol. 24, No. 21, P. 3886. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules24213886>.
4. Варданян А. О., Гараніна О. О., Редько Я. В. Дослідження комплексних показників якості антибактеріальних текстильних матеріалів. *Fashion industry*. 2024. № 1. С. 61–70. URL: <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2024.1.3>.
5. Гараніна О. О. та ін. Застосування інтенсифікатора з антибактеріальною дією при фарбуванні бавовняно-поліефірних текстильних матеріалів. *Fashion industry*. 2023. № 1. С. 29–36. URL: <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2023.1.2>.
6. Варданян А., Редько Я. Антибактеріальні агенти для створення текстильних матеріалів – сучасний стан та тенденції розвитку. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2024. Т. 333, № 2. С. 112–119. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-17>.

7. Варданян А. О. та ін. Вплив технологічних умов фарбування на спеціальні властивості текстильних матеріалів. *Матеріали VIII міжнар. наук.-практ. конф. "Сучасні технології промислового комплексу – 2024"*, яка присвячена 65-річчю з дня заснування ХНТУ (м. Херсон; м. Хмельницький, 17–19.2024). Ред. Д. О. Дмитрієв. 2024. С. 102–104.
8. Google Scholar. URL: <https://scholar.google.com.ua/>
9. Web of Science. URL: <https://www.webofscience.com/>
10. Halepoto, H., Gong, T., Memon, H. (2022). A bibliometric analysis of antibacterial textiles. *Sustainability*, Vol. 14, No. 18, P. 11424. URL: <https://doi.org/10.3390/su141811424>.
11. Trinh, H. T. K., Bui, M. H. (2021). The Application of Triclosan in antibacterial finishing on 100% cotton fabric. *Science & technology development journal – engineering and technology*. 2021. URL: <https://doi.org/10.32508/stdjet.v4i4.930>.
12. Polyester Fabric vs Cotton: Differences and 3 Ways to Distinguish. URL: <https://wellfabric.com/polyester-fabric-vs-cotton-differences/>
13. Koh, J. (2011). Dyeing with disperse dyes. *Textile dyeing*. 2011. URL: <https://doi.org/10.5772/20458>.