

КОПИТИНА Ірина

Київський національний університет технологій та дизайну
e-mail: i.v.kopytina@gmail.com

АНДРЕЄВА Ольга

Київський національний університет технологій та дизайну
ORCID ID: [0000-0001-8374-2306](https://orcid.org/0000-0001-8374-2306)
e-mail: wayfarer14@ukr.net

МОКРОУСОВА Олена

Київський національний університет технологій та дизайну
Державний торговельно-економічний університет
ORCID ID: [0000-0003-1943-8048](https://orcid.org/0000-0003-1943-8048)
e-mail: olenamokrousova@gmail.com

ОХМАТ Олена

Київський національний університет технологій та дизайну
ORCID ID: [0000-0003-0927-8706](https://orcid.org/0000-0003-0927-8706)
e-mail: oxmat.ou@knu.edu.ua

ФЕРМЕНТИ ТА ПІДХОДИ ДО ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ НАТУРАЛЬНОЇ ШКІРИ

В роботі викладено усталені уявлення про ферменти і традиційні підходи до їх практичного використання у шкіряному виробництві. Розкрито особливості будови та властивості цих сполук як білків та як каталізаторів. На підставі аналізу літературних джерел показано переваги ферментативних процесів порівняно з хімічними, що полягають у підвищенні продуктивності, якості натуральної шкіри та культури виробництва, більш раціональному використанні природних ресурсів.

Ключові слова: традиційні уявлення та підходи, ферменти, технологічні процеси, натуральна шкіра

КОПЫТИНА Ирына

Kyiv National University of Technologies and Design

ANDREYEVA Olga

Kyiv National University of Technologies and Design

MOKROUSOVA Olena

Kyiv National University of Technologies and Design

State University of Trade and Economics

OKHMAT Olena

Kyiv National University of Technologies and Design

ENZYMES AND APPROACHES TO THEIR APPLICATION IN THE LEATHER PRODUCTION

In a market economy, the leather industry faces new challenges, including the need to improve and optimize technological processes to achieve the required quality of final products and comply with environmental legislation. The practical experience and long-term achievements of the authors in the field of natural leather production indicate the importance of choosing the right method and materials for processing raw and semi-finished hides. One proven solution is the use of enzymes. Based on the results of the analysis of literary sources, information on traditional ideas about enzymes and approaches to their use in the production of natural leather is systematized.

According to established ideas, enzymes are not just organic substances, proteins, but also high-speed catalysts for multiple chemical and biochemical reactions. Preparations based on enzymes have been commercially studied in detergents, food, light, pharmaceutical, diagnostic, chemical and other industries, in the agro-industrial complex. This prevalence is explained by the fact that the use of these funds contributes to improving the quality of products, culture and the level of greening of production, more rational use of raw materials and material resources. In the leather industry, enzymatic processes have gone through a long evolutionary path - from the use of primitive improvised means to the use of preparations that are more up to date with the requirements of the time. According to the modern classification, enzymes are divided into six main classes according to the nature of the catalyzed reaction. In the manufacture of genuine leather, taking into account the nature of the substrate (proteins, carbohydrates, lipids), preparations based on enzymes are used that belong to the class of hydrolases (proteases, amylases, lipases) and differ from each other in the active center and mode of action. The preparations used can either accelerate processes that usually proceed slowly (soaking), or provide a specific transformation of raw material (bating), or replace known chemical reagents (unhairing). The results obtained will be taken into account in the future when studying innovative approaches to the enzymization of leather production.

Keywords: traditional representations and approaches, enzymes, technological processes, genuine leather.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Шкіряна промисловість – одна з провідних галузей легкої промисловості, головною метою якої є виготовлення натуральної шкіри зі шкур тварин. З урахуванням вимог сьогодення готова продукція відомчих підприємств має бути не лише високоякісною, конкурентоспроможною, а й вироблятися за умов дбайливого відношення до матеріальних та енергетичних ресурсів, екології навколишнього середовища [1].

Технологія виробництва натуральної шкіри є сукупністю багатьох складних фізико-хімічних процесів та механічних операцій, спрямованих на формування структури та властивостей шкірного покриву тварин у напрямку одержання готового продукту, який, завдяки своїм унікальним споживчим

характеристикам (насамперед, високій міцності, довговічності та гігієнічним властивостям), здатний задовольняти вимоги споживачів різноманітних верств населення та вподобань. І, безумовно, значною мірою ця здатність визначається технологічним регламентом, вибором та способом застосування хімічних матеріалів [1-3].

Аналіз досліджень та публікацій

Аналіз діяльності вітчизняних та іноземних підприємств галузі, а також науково-технічної літератури свідчать про перспективність застосування ферментів для оброблення шкіри [4-11]. Це пов'язано з їх високою каталітичною активністю, специфічним впливом на основну складову дерми колаген, що за сукупністю дозволяє покращити якість шкіряного напівфабрикату, готової шкіри та промислових стоків, підвищити культуру виробництва й дотримуватися політики енерго- та ресурсозбереження.

До ефективного застосування ферментів шкіряна галузь прийшла поступово – від застосування примітивних підручних засобів до тих, які більшою мірою відповідали й відповідають вимогам часу. Так, спочатку шкіри обробляли ферментовмісними біологічними рідинами, продуктами життєдіяльності тварин та процесу бродіння (слина, підшлункова залоза, пташиний і тваринний послід, хлібні кваси тощо). Це супроводжувалось низькою продуктивністю виробництва. На більш пізніх етапах розвитку шкіряного виробництва стали залучати більш ефективні ферментні препарати, які виготовляли, головним чином, на основі підшлункової залози (панкреатин, протосубтилін) та продуктів життєдіяльності мікроорганізмів й традиційно застосовували при відмочуванні, зневолошуванні, м'якшенні [4, 9, 11].

Останнім часом завдяки успіхам хімічної інженерії, біотехнології та мікробіології, розширенню асортименту шкірсировини і виготовлених з неї виробів все більше уваги надається пошуку ефективних ферментних препаратів різного походження, призначених не лише для підготовчих, а й наступних стадій шкіряного виробництва, а також для перероблення відходів [1, 3, 11-12].

Виходячи з унікальної ролі ферментів у біотехнологічних процесах та розвитку шкіряної промисловості, співробітниками кафедри біотехнології, шкіри та хутра КНУТД запланована низка публікацій, присвячених дослідженню ферментів та їх застосуванню у виробництві натуральної шкіри.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є теоретичний аналіз типології ферментних препаратів та ефективності їх застосування на різних етапах виробництва шкіри. За *об'єкт* дослідження обрано технологічні процеси шкіряного виробництва, а також ферменти та ферментні препарати. *Предмет* дослідження – традиційні уявлення про ферменти і підходи до їх використання у шкіряному виробництві. Для кращого пізнання предмету дослідження, виявлення та визначення закономірностей його розвитку, уявного сполучення частин предмета, встановлення взаємодії та зв'язків частин і пізнання цього предмета як єдиного цілого, застосовано такі поширені загальнонаукові методи як аналіз та синтез.

Виклад основного матеріалу

Ферменти або ензими – це біологічні каталізатори білкової природи, які утворюються в живих організмах і здатні прискорювати хімічні та біохімічні реакції. Чисті ферменти використовуються, головним чином, у медицині та наукових дослідженнях, а з промисловою метою застосовуються ферментні препарати – суміші, які, крім основного цільового ферменту з домінуючою активністю, містять інші, менш активні ферменти та баластні речовини [4, 13-14].

Оскільки ферменти є білками з особливими, каталітичними функціями, вони виявляють властивості, притаманні як білкам (наприклад, висока молекулярна маса, амінокислотний склад, кольорові реакції та реакції осадження, загальна схема будови тощо), так і каталізаторам; це обумовлено особливостями будови ферментів. У складі молекул всіх ферментів є білкова частина, яка має кілька рівнів структури – первинну, вторинну, третинну, четвертинну. У третинній структурі розташований активний центр, який саме і визначає каталітичну здатність цих сполук.

Первинна структура ферментів, як і будь-яких інших протеїнів, обумовлена послідовністю розташування амінокислотних залишків у поліпептидних ланцюгах. Уявлення про вторинну структуру пов'язане з конформацією цих ланцюгів, наявністю в них спіралізованих (на їх долю припадає незначна частина молекули) і укладених нерегулярно неспіралізованих (основна частина молекули) ділянок. Особливостями третинної структури ферментів є те, що поліпептидні ланцюги знаходяться у складеному стані, при цьому між спіралізованими ділянками розташовані неспіралізовані ділянки. Поліпептидні ланцюги укладені таким чином, що гідрофобні залишки амінокислот знаходяться всередині молекули, гідрофільні бічні групи – на її поверхні. Від поверхні всередину молекули є заглиблення-кишені, в яких знаходяться активні центри. Субстрат проникає в такі заглиблення і далі там перебігає відповідна реакція. Утримується субстрат в кишені завдяки певному розташуванню бічних груп амінокислотних залишків, локалізованих на стінках кишені. Четвертинна структура ферментів утворюється внаслідок об'єднання кількох третинних структур і складається, як правило, з двох-чотирьох однакових або різних субодиниць, зв'язаних між собою, наприклад, атомами металів, коферментами. У кожній молекулі ферменту є один невеличкий активний центр, утворений через зближення віддалено розташованих угруповань під час появи вторинного і третинного рівнів структури. Активний центр є сукупністю кількох груп атомів, тому

знаходиться не в межах якоїсь невеликої ділянки одного ланцюга, а у двох чи кількох ланцюгах, або на різних ділянках одного ланцюга. Іноді утворюється один поліпептидний ланцюг з двома активними центрами, що каталізують різні реакції [13].

Розпізнають ферменти одно- та двокомпонентні. Однокомпонентні (або прості) ферменти містять лише білкову частину – поліпептидні ланцюги, які при гідролізі розпадаються до амінокислот. До них належать пепсин, трипсин, уреаз, рибонуклеаза тощо. Двокомпонентні (або складні) ферменти, крім білкової частини (так званого апоферменту, що забезпечує специфічність дії та відповідає за вибір типу хімічного перетворення субстрату), містять небілкову частину – кофактор, що служить акцептором і донором хімічних груп, атомів та електронів на каталітичній ділянці активного центра фермента. Молекула складного фермента, в цілому, називається холоферментом. Зв'язок білкової частини ферменту з небілковою здійснюється за рахунок ковалентних і нековалентних зв'язків і може бути різної міцності. Якщо небілкова частина ферменту міцно пов'язана з білком і в циклі біохімічних реакцій не відокремлюється від нього, її прийнято називати простетичною групою (наприклад, ФАД, ФМН, біотин тощо) [15].

Ферменти, як каталізатори, не викликають нових реакцій, а прискорюють вже існуючі, знаходячись в системі зовсім у незначній кількості. Разом з тим, швидкість ферментних реакцій зазвичай в 10^6 - 10^{12} разів вища від швидкості неферментних реакцій. Приклад ефективності перебігу реакції розкладання пероксиду водню за участю ферменту каталази наведено у таблиці 1 [14].

Таблиця 1

Ефективність перебігу реакції розкладання пероксиду водню за наявності різних каталізаторів

| Каталізатор | Енергія активації, кДж/моль | Відносна швидкість реакції при температурі 300 °К |
|--------------------------------------|--------------------------------|--|
| Без каталізатора | 70 | 1 |
| Платина (гетерогенний каталізатор) | 45 | $2 \cdot 10^3$ |
| Іони заліза (гомогенний каталізатор) | 42 | $8 \cdot 10^3$ |
| Каталаза (фермент) | 7 | $9 \cdot 10^{10}$ |

У ферментативній реакції можна виокремити кілька основних етапів:

1. Приєднання субстрату (*S*) до ферменту (*E*) з утворенням фермент-субстратного комплексу (*E-S*).
2. Перетворення фермент-субстратного комплексу на один або кілька перехідних комплексів (*E-X*) за одну або кілька стадій.

3. Перетворення перехідного комплексу (*E-X*) на комплекс фермент-продукт (*E-P*).

4. Відділення кінцевих продуктів ферментної реакції (*P*):



Перша стадія ферментативного каталізу зазвичай нетривала і залежить від концентрації субстрату у середовищі, а також від його дифузії до активного центру ферменту. Фермент-субстратний комплекс утворюється практично миттєво. Друга стадія найбільш повільна і лімітує швидкість всього каталізу в цілому. Її тривалість залежить від енергії активації даної хімічної реакції. По завершенні реакції (кінцевий стан) фермент-субстратний комплекс розпадається на продукт (продукти) реакції та фермент. Третя стадія практично миттєва й визначається швидкістю дифузії продуктів реакції в оточуюче середовище. Після закінчення реакції фермент повертається до свого вихідного стану та знову здатний взаємодіяти з новою молекулою субстрату [13-15].

До найбільш характерних властивостей ферментів слід віднести:

- термолабільність (чутливість до дії високої температури);
- чутливість до дії рН;
- чутливість до дії хімічних речовин;
- каталітична здатність;
- специфічність.

Через чутливість ферментів до дії температури і рН середовища кожен фермент має свої оптимальні значення температури та рН, за яких його активність максимальна.

Специфічність дії ферментів полягає у здатності прискорювати перебіг однієї певної реакції, не впливаючи на швидкість інших, навіть дуже схожих. Специфічність ферментів обумовлена їхньою унікальною амінокислотною послідовністю, від якої залежить конформація активного центру, що взаємодіє з компонентами реакції.

Структура молекули субстрату (або якоїсь її частини) повинна знаходитись у точній геометричній відповідності ферменту, тобто тому, як ключ відповідає замку, тобто повинен дотримуватися принцип компліментарності – вибіркового злипання поверхні ферменту та поверхні субстрату [8]:

Розпізнають абсолютнону, відносну та стереохімічну специфічність ферментів.

За сучасною класифікацією, прийнятою Комітетом з номенклатури Міжнародного союзу біохіміків і молекулярних біологів (NC-IUBMB), всі ферменти поділяються на шість основних класів відповідно до каталізованої реакції [16]: *оксидоредуктази* (окиснювально-відновлювальні реакції); *трансферази* (реакції перенесення груп); *гідролази* (реакції приєднання чи відщеплення молекули води); *ліази* (реакції

відщеплення або приєднання груп негідролітичним шляхом подвійного зв'язку); *ізомерази* (реакції ізомеризації); *лігази* або *синтетази* (реакції приєднання одна до одної двох молекул, пов'язані з розщепленням пірофосфатного зв'язку).

Ферменти знайшли поширення у різних сферах науки та економіки: в медицині, фармації, харчовій, хімічній та легкій промисловості, сільському господарстві тощо. Практичне застосування ферментів зумовило створення нової галузі – виробництво ферментних препаратів – одного з розділів біотехнології. Сучасна промисловість випускає десятки чистих ферментів та ферментних препаратів [4, 13].

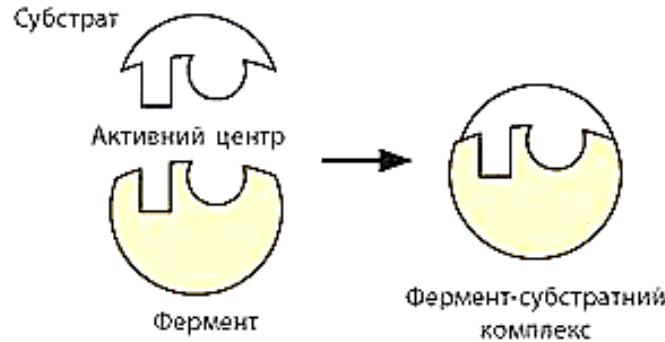


Рис. 1. Ілюстрація принципу компліментарності поверхні ферменту та субстрату

Ферменти здавна використовувалися у виробництві натуральної шкіри та хутра у вигляді різних засобів: від слини, посліду, підшлункової залози у стародавніх та вже застарілих методиках минулих років до більш ефективних ферментних препаратів нового покоління, синтезованих на сучасних біотехнологічних та хімічних підприємствах [4, 8, 13].

Шкіряне виробництво характеризується багатостадійністю, складністю та екологічною небезпечністю хімічного перетворення сировини на готову продукцію. На різних стадіях виробництва застосовуються різноманітні біологічно активні сполуки, у тому числі ферменти й одержані на їх основі ферментні препарати [10]. Це обумовлене сильною специфічною і каталітичною дією останніх у чисельних хімічних перетвореннях. Із відомих шести класів ферментів [16] у шкіряному виробництві найчастіше застосовуються ферменти третього класу – гідролази, що включають підкласи естерази, глікозил-гідролази, пептидази, амідази, які суттєво прискорюють реакції розщеплення пептидних, амідних, естерних зв'язків, де карбоксильні групи належать основним амінокислотам колагену – лізину та аргініну. Внаслідок цього досягаються різні результати ферментативного оброблення сировини – обводнення, знежирення, зневолошення, м'якшення. Найбільш суттєвим з них вважається м'якшення, ефективність якого значною мірою визначає фізико-хімічні та гігієнічні властивості шкіри.

Відмочування, яке є першим важливим процесом у виробництві шкіри, проводиться за допомогою амілолітичних, ліполітичних і протеолітичних ферментів. Специфічні ферменти протеази та ліпази збільшують поглинання води, розщеплюючи розчинні білки усередині матриці й тим самим полегшують видалення солей, гіалуронової кислоти, диспергування жирів разом з брудом та іншими забрудненнями в шкірі. Відмочування попереджає утворення зморшок на шкірі, покращує розкриття структури колагенових волокон, якість готової продукції, оскільки не лише очищає шкіру, видаляючи бруд, кров тощо, а й обводнює її до стану парної сировини [2, 4, 8].

Процес зневолошування полягає у видаленні волосу та епідермісу зі шкіри без пошкодження лицьової поверхні. Зазвичай зневолошування передбачає використання вапна та сульфід натрію, які викликають забруднення навколишнього середовища. Ферментне видалення волосу пропонується в якості екологічно чистої альтернативи традиційному хімічному процесу. За допомогою ферментного зневолошування можна зменшити негативний хімічний вплив на протеїни шкіри, підвищити м'якість та вихід шкіри по площі. У якості зневолошувачого ферменту найкраще підходить протеаза. І якщо використання хімікатів повністю розчиняє волос, то фермент допомагає його зберегти та відфільтрувати. До переваг ферментного зневолошування слід віднести й підвищення рівня екологічної чистоти та культури виробництва [2, 11].

Здатність ферментів «розкривати» структуру колагену, його волокна, дозволяє знизити шкідливе навантаження на довкілля та потребу в очищенні води, що доводить еколого-економічну ефективність ферментативного оброблення. Як відомо, основна білкова речовина шкірного покриву тварин – колаген – пов'язана з протеогліканами, які містять протеїни та вуглеводи, з'єднані глікозидними зв'язками [2, 4]. Механізм розкриття волокон за допомогою ферментів відповідає методу біооброблення, який повністю відрізняється від звичайного хімічного процесу. Карбогідролази – це ті ферменти, які застосовуються для розкриття волокон в результаті руйнації протеогліканів та розкриття волокна для проникнення води, що викликає набухання. Видалення протеогліканів призводить до підвищення пружно-пластичних властивостей дерми. У звичайному процесі для розпушення волокон використовується вапно, яка забруднює навколишнє середовище. Отже, ферментативний метод допомагає зменшити проблему з вапняним шламом [4, 6].

М'якшення є ще одним фізико-хімічним процесом, у якому дуже важливу роль відіграють ферменти, призначення яких – розпушення та пептизація неколагенових компонентів структури дерми за рахунок видалення залишків міжфібрилярних білків. Під час м'якшення використовуються протеолітичні ферменти. Вони допомагають видалити вапно та неколагенові білки, які викликають ущільнення структури дерми, що призводить до втрати її пружно-пластичних властивостей [2, 4, 10, 13].

Процес знежирювання проводиться за допомогою ліпаз – ферментів, які руйнують жирові речовини без пошкодження самої шкіри. При цьому ліпази гідролізують жир не лише на зовнішній поверхні шкіри або шкіряного напівфабрикату, а й всередині її структури. Після видалення більшої частини натурального жиру підвищується ефективність подальших фізико-хімічних процесів (дублення, додублювання, фарбування). Основними перевагами використання ліпаз є більш однорідне забарвлення та покращення зовнішнього вигляду шкіри. Ліпази також застосовуються при виробництві гідрофобної (водонепроникної) шкіри [4].

Ферменти знаходять застосування і при обробленні відходів. Якщо утворювані відходи не обробляються належним чином, стоки підприємств з виробництва натуральної шкіри створюватимуть серйозну небезпеку для здоров'я людей та навколишнього середовища. Міздрю та основні тверді відходи, що утворюються на стадії підготовчих процесів, раніше піддавали гідролізу з використанням ферментів підшлункової залози. Оскільки голинні обрізки після зоління мають лужність, відповідну рН 10, у подальшому їх стали обробляти лужною протеазою. Цей процес зазвичай проводиться при постійній температурі 55 °С, найбільш сприятливій для активності ферменту. Рекомендується застосовувати комбінацію таких гідролітичних ферментів як протеази, карбогідррази та ліпази [4]. У роботі [16] повідомляється про можливість використання протеолітичних ферментів і трипсину для перероблення хромвмісних відходів.

Зазначений аналіз розкриває ефективність застосування ферментних препаратів на стадії підготовчих процесів виробництва шкіри для забезпечення ефектів розпушування структури дерми на мікрорівні, видалення ліпідних та кератиновмісних складових шкіряної сировини.

Інноваційними можуть бути дослідження щодо ефективності та доцільності застосування ферментних препаратів у післядубильних процесах виробництва шкіри.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Проведений теоретичний аналіз дозволив обґрунтувати типологію ферментів та ферментних препаратів, механізми взаємодії та доцільність їх застосування у підготовчих процесах виробництва шкіри. Встановлено, що ферменти є особливими білковими сполуками, які здатні суттєво прискорювати хімічні та біохімічні процеси. Ці сполуки виявляють властивості, притаманні як білкам, так і каталізаторам. Проте, на відміну від звичайних каталізаторів, ферменти діють на декілька порядків швидше з мінімальною кількістю побічних реакцій.

Завдяки дуалістичній природі ферментів одержані на їх основі препарати поширені у багатьох галузях промисловості. Практичний досвід роботи та результати наукових досліджень переконливо вказують на те, що використання ферментів у виробництві натуральної шкіри – виробу біогенного походження – цілком виправдано завдяки їх унікальним властивостям, важливими з яких є нетоксичний характер, швидкісний каталіз у достатньо м'яких умовах оточуючого середовища, підвищення якості продукції та культури виробництва, більш чисті стічні води.

З метою удосконалення діючих технологій виготовлення натуральної шкіри у напрямку ресурсоощадження та зменшення екологічного навантаження на довкілля й враховуючи технологічні можливості ферментів, подальше дослідження планується присвятити інноваційним підходам до ензимізації шкіряного виробництва.

Література

1. Основи створення сучасних технологій виробництва шкіри та хутра : монографія / А. А. Горбачов [та ін.]. – Київ : КНУТД, 2007. – 190 с.
2. Журавський В. А., Касьян Е. Є., Данилкович А. Г. Технологія шкіри та хутра : підручник / В. А. Журавський, Е. Є. Касьян, А. Г. Данилкович. – Київ : ВІПОЛ, 1996. – 744 с.
3. Грищенко І. М. Поліфункціональні шкіряні матеріали : монографія / І. М. Грищенко, А. Г. Данилкович, О. Р. Мокроусова ; за ред. А. Г. Данилковича. – Київ : Фенікс, 2013. – 267 с.
4. Гаркавенко С. С. Використання ензимів у шкіряно-взуттєвому виробництві : монографія / С. С. Гаркавенко, Д. В. Стаценко, Б. М. Злотенко. – Київ : КНУТД, 2016. – 188 с.
5. Aline Dettmer. Special Review Paper: Enzymes in the Leather Industry / Aline Dettmer, Patrícia Schacker dos Anjos and Mariliz Gutterres // JALCA. – 2013. – Vol. 108. – P. 146–158.
6. F. R. de Souza. Application of enzymes in leather processing: a comparison between chemical and coenzymatic processes / F. R. de Souza, M. Gutterres // Braz. J. Chem. Eng. – 2012. – 29 (3). – P. 473–481.
7. Khambhaty Y. Applications of enzymes in leather processing / Y. Khambhaty // Environ. Chem. Lett. – 2020. – 18. – P. 747–769.
8. Колесник Т. О. Дослідження процесу відмочування шкіряної сировини в присутності ферментних препаратів / Т. О. Колесник, О. А. Андреева // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2020. – 2 (283). – С. 251–254.

9. Атаманова А. А. Сучасні дослідження властивостей та використання ферментів / А. А. Атаманова, Т. О. Колесник, О. А. Андреєва // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2020. – 5 (267). – С. 257–263.
10. Данилкович А. Г. Ферментна обробка шкіряного напівфабрикату в процесі м'якшення / А. Г. Данилкович, О. О. Романюк // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2014. – 3/6 (69). – С. 23–27.
11. Данилкович А. Г. Unhairing animal hides using probiotic *Bacteria bacillus subtilis* / А. Г. Данилкович, П. І. Гвоздяк, О. О. Романюк, О. В. Ковтуненко // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2013. – 5/6 (65). – С. 43–46.
12. Choundhary R. B. Enzyme technology applications in leather processing / R. B. Choundhary, A. K. Jana, M. K. Jha // Indian Journal of Chemical Technology. – 2004. – Vol. 11. – P. 659–671.
13. Андреєва О. А. Фізика та хімія протеїнів : підручник / О. А. Андреєва. – Київ : КНУТД, 2003. – 223 с.
14. Ogurtsov A. N. Biochemistry [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sites.google.com/site/anogurtsov/lectures/biochem/>.
15. Ферменти : метод. посіб. / К. В. Александрова [та ін.]. – Запоріжжя : ЗДМУ, 2015. – 115 с.
16. Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology. Enzyme Nomenclature 1992 // Recommendation of the Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology on Nomenclature and classification of enzymes. – San Diego : Academic Press, 1992. – 372 p.

References

1. Osnovy stvorennia suchasnykh tekhnolohii vyrobnytstva shkiry ta khutra : monohrafiia / A. A. Horbachov [ta in.]. – Kyiv : KNUTD, 2007. – 190 s.
2. Zhuravskiy V. A., Kasian E. Ye., Danylkovich A. H. Tekhnolohiia shkiry ta khutra : pidruchnyk / V. A. Zhuravskiy, E. Ye. Kasian, A. H. Danylkovich. – Kyiv : VIPOL, 1996. – 744 s.
3. Hryshchenko I. M. Polifunktsionalni shkiriani materialy : monohrafiia / I. M. Hryshchenko, A. H. Danylkovich, O. R. Mokrousova ; za red. A. H. Danylkovicha. – Kyiv : Feniks, 2013. – 267 s.
4. Harkavenko S. S. Vykorystannia enzymiv u shkiriano-vzuttievomu vyrobnytstvi : monohrafiia / S. S. Harkavenko, D. V. Statsenko, B. M. Zlotenko. – Kyiv : KNUTD, 2016. – 188 s.
5. Aline Dettmer. Special Review Paper: Enzymes in the Leather Industry / Aline Dettmer, Patricia Schacker dos Anjos and Mariliz Gutterres // JALCA. – 2013. – Vol. 108. – P. 146–158.
6. F. R. de Souza. Application of enzymes in leather processing: a comparison between chemical and coenzymatic processes / F. R. de Souza, M. Gutterres // Braz. J. Chem. Eng. – 2012. – 29 (3). – P. 473–481.
7. Khambhaty Y. Applications of enzymes in leather processing / Y. Khambhaty // Environ. Chem. Lett. – 2020. – 18. – P. 747–769.
8. Kolesnyk T. O. Doslidzhennia protsesu vidmochuvannia shkirianoї syrovyny v prysutnosti fermentnykh preparativ / T. O. Kolesnyk, O. A. Andreieva // Visnyk KhNU. Tekhnichni nauky. – 2020. – 2 (283). – S. 251–254.
9. Atamanova A. A. Suchasni doslidzhennia vlastyvoſtei ta vykorystannia fermentiv / A. A. Atamanova, T. O. Kolesnyk, O. A. Andreieva // Visnyk KhNU. Tekhnichni nauky. – 2020. – 5 (267). – S. 257–263.
10. Danylkovich A. H. Fermentna obrobka shkirianoho napivfabrykату v protsesi miakshennia / A. H. Danylkovich, O. O. Romaniuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2014. – 3/6 (69). – S. 23–27.
11. Danylkovich A. H. Unhairing animal hides using probiotic *Bacteria bacillus subtilis* / A. H. Danylkovich, P. I. Hvozdiak, O. O. Romaniuk, O. V. Kovtunencko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2013. – 5/6 (65). – S. 43–46.
12. Choundhary R. B. Enzyme technology applications in leather processing / R. B. Choundhary, A. K. Jana, M. K. Jha // Indian Journal of Chemical Technology. – 2004. – Vol. 11. – P. 659–671.
13. Andreieva O. A. Fyzyka ta khimiiia proteiniv : pidruchnyk / O. A. Andreieva. – Kyiv : KNUTD, 2003. – 223 s.
14. Ogurtsov A. N. Biochemistry [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://sites.google.com/site/anogurtsov/lectures/biochem/>.
15. Fermenti : metod. posib. / K. V. Aleksandrova [ta in.]. – Zaporizhzhia : ZDMU, 2015. – 115 s.
16. Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology. Enzyme Nomenclature 1992 // Recommendation of the Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology on Nomenclature and classification of enzymes. – San Diego : Academic Press, 1992. – 372 p.

Надійшла/Paper received : 13.09.2022 р. Надрукована/Printed : 01.11.2022 р.