

СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ВИКОРИСТАННЯ ФЕРМЕНТІВ

Метою даної роботи є аналіз сучасних досліджень властивостей та практичного використання ферментів. За результатами аналізу літературних джерел та власних досліджень показано перспективність дослідження та використання ферментів й одержаних на їх основі ферментних препаратів у різних галузях промисловості, оскільки це сприяє підвищенню якості готової продукції та рівня екологізації виробництва, більш раціональному використанню сировинних та матеріальних ресурсів.

Ключові слова: ферменти, властивості, використання.

A. ATAMANOVA, T. KOLESNYK, O. ANDREYEVA

Kyiv National University of Technologies and Design

MODERN RESEARCH ON THE PROPERTIES AND USE OF ENZYMES

The purpose of this work is to analyse modern studies of the properties and practical use of enzymes. Among the environmentally effective materials that are widespread in various sectors of the economy, enzymes occupy a special place – biologically active protein substances of plant, microbial and animal origin. Due to their high catalytic activity, specificity and diversity, they are used in medicine, pharmacy, agro-industrial complex, food, and textile and leather industries. The suitability of enzyme preparations for practical use is determined by the nature of both the enzyme itself and the substrate on which it acts, as well as the environmental conditions on which the effectiveness of these materials depends. Based on the results of the analysis of literary sources and our own research, the prospects for the study and use of enzymes and enzyme preparations obtained on their basis in various industries are shown, since this contributes to an increase in the quality of finished products and the level of green production, more rational use of raw materials and material resources. The results of the researches, which provide for the widespread use of enzymes in the processing of leather raw materials into materials, the essence of which is the modification of collagen materials in the form of leather raw materials and semi-finished products. Enzymatic processing of raw materials is a promising direction for improving biotechnological processes in the production of leather and fur. Compared to other methods, the processing of hides using enzymes is more rational, which ensures high quality: softness, lightness, plasticity. In addition, enzymatic processing contributes to an increase in the yield of a semi-finished product in terms of area, an increase in labor productivity, and in general provides a significant economic effect.

Keywords: enzymes, properties, application.

Вступ

Нові економічні умови, що склалися на Україні, призвели до того, що найбільш актуальними стали питання екологічності та безпечності технологій та матеріалів, які використовуються при виготовленні тих чи інших товарів. Одним з шляхів вирішення цієї задачі є використання біотехнологій із застосуванням ферментів. З існуючих у природі близько 25 тисяч різних ферментів на сьогоднішній день описано трохи більше трьох тисяч найменувань і ще менша їх кількість використовується. Завдяки високій каталітичній активності, специфічності та різноманітності ці речовини застосовуються у медицині, фармації, агропромислому комплексі, харчовій, текстильній та шкіряній промисловості [1–3].

Ферменти є надзвичайно ефективними каталізаторами, здатними прискорювати хімічні реакції в сотні разів. Як і всі білки, вони мають ряд характерних властивостей: амфотерність, електрофоретичну рухливість, їм притаманні особливості структурної організації білкових молекул (первинний, вторинний, третинний і четвертинний рівні організації). Деякі ферменти (наприклад, протеази, ліпази, рибонуклеаза) є простими білками, які побудовані з поліпептидних ланцюгів і розкладаються при гідролізі переважно на амінокислоти. У більшості випадків ферменти є складними білками, у структурі яких поряд з білковою частиною присутній небілковий компонент (простетична група). Каталітична активність ферментів пов'язана з наявністю активного центру – чітко орієнтованого у просторі комплексу функціональних груп білка (іноді за участю іонних кофакторів та коферментів), здатних до вибіркової хемосорбції молекул субстрату з утворенням єдиного комплексу, всередині якого перебігають хімічні реакції (відбувається перерозподіл електронів, руйнування існуючих або утворення нових зв'язків).

Необхідною стадією ферментативного каталізу є з'єднання ферменту E_s з субстратом S , в результаті чого утворюється фермент-субстратний комплекс ES (рис. 1).

В процесі ферментативного каталізу розпізнають такі три стадії (рис. 2):

1. Дифузія субстрату до ферменту з утворенням первинного фермент-субстратного комплексу (ES);
2. Перетворення первинного комплексу на один або кілька активованих фермент-субстратних комплексів (ES^* , ES^{**} ...);
3. Відокремлення продукту реакції (P) від активного центру та дифузія його у навколишнє середовище.

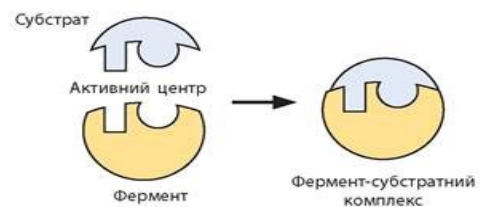


Рис. 1. Утворення фермент-субстратного комплексу



Рис. 2. Стадії ферментативного каталізу

Друга стадія найбільш повільна й 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 у навколишнє середовище. Після закінчення реакції фермент повертається до свого вихідного стану та знову здатний взаємодіяти з новою молекулою субстрату [4, 5].

Оскільки розробка більшості інноваційних технологій у всіх сферах промисловості пов'язана з пошуком, дослідженням та впровадженням сучасних хімічних матеріалів, на кафедрі біотехнології, шкіри та хутра Київського національного університету технологій та дизайну проводяться комплексні дослідження у цьому напрямку, у тому числі з модифікації біогенної сировини (шкірного покриву тварин та його складових або похідних, целюлози і т.і.) [6–11].

Метою даної роботи є аналіз сучасних досліджень властивостей та практичного використання ферментів для обґрунтування напрямку подальших науково-прикладних розробок на підставі одержаної інформації.

Виклад основного матеріалу

Будь-які технологічні процеси проходять під впливом різних факторів. Тому для виявлення області практичного використання біокаталізаторів важливим аспектом є вивчення поведінки, стабільності біологічно-активних систем, знаходження оптимальних параметрів режиму їх роботи. Виходячи з цього, авторами проаналізована науково-технічна література останніх років, у якій наведена інформація про ферменти як білкові речовини із специфічними функціями, особливості їх одержання та практичне використання.

У роботі [12] досліджено вплив різних факторів (концентрації субстрату казеїну й тривалості гідролізу останнього за різних концентрацій, рН середовища на протеолітичну активність як нативного, так і іммобілізованого сичужного ферменту пепсину. З цієї метою автори використали гідролітичні ферменти різної каталітичної дії: амілолітичні, які мають високу специфічність щодо глікозидних зв'язків, та протеолітичні, які мають відносну специфічність щодо пептидних зв'язків. За результатами проведених досліджень встановлено значення рН середовища, в межах яких ферменти виявляють максимальну активність. Так, оптимальне значення активності ферментів амілолітичної дії складає рН 5-6, протеолітичної – 7-9. Також визначено температурні межі активності досліджуваних ферментів, вплив на їх активність деяких активаторів та інгібіторів

Додатковим джерелом цінних харчових і біологічно активних речовин можуть служити відходи, що утворюються в результаті глибокої переробки риби. На підставі вивчення масового складу ставкових риб Волзько-Каспійського рибгосподарського басейну (білий амур, короп, товстолобик) авторами [13] виявлено, що основний обсяг рибних відходів становить кісткова тканина (близько 62,8 %) та внутрішні органи (21,2 %). В результаті проведеного експерименту встановлено хімічний склад внутрішніх органів (печінка, серце, кишковик, жовчний та плавальний міхури, молоки, ікра) об'єктів дослідження. Показано, що раціональним підходом до використання кісткової тканини є отримання структуроутворюючих елементів, зважаючи на значний вміст колагену (40,5 % від загальної кількості білкових речовин), з подальшим отриманням з них мінеральних добавок завдяки високому вмісту мінеральних сполук (25,9 % від загального хімічного складу). Внутрішні органи білого амура та коропа характеризуються високим вмістом білка, що дозволить використовувати їх для отримання білкових комплексів, у тому числі комплексів протеолітичних ферментів і клеєвмісних препаратів, а внутрішні органи товстолобика, що відрізняються високим вмістом жиру, – для отримання біопалива та ліполітичних ферментів.

Аналіз науково-технічної літератури свідчить про актуальність використання ферментів та ферментів препаратів у різних галузях економіки, у тому числі у шкіряному виробництві, суть якого полягає у модифікації колагенвмісних матеріалів у вигляді шкіряної сировини та напівфабрикату. До прикладу, ферментні препарати протеолітичної, глікозидної та ліполітичної дії доцільно використовувати у відмочувально-зольних процесах [14], тоді як процес знезолування може бути здійснений за допомогою ферментів LITHUDACL та NovoBateWB, які активні в кислому середовищі [15]. Для проведення процесу знежирювання та підвищення його ефективності можуть бути використані лужні ліпази або комбінація лужних протеаз і ліпази [16]. Перспективним для процесу зневолошування шкурок кроля є ферментний препарат протосубтилін Г10х [17, 18]. Протеолітичні ферменти можуть бути використані для переробки хромвмісних відходів [19].

У публікації індійських вчених повідомляється про нову кератиназу від *Bacillus subtilis*, яка може замінити сульфід натрію під час зневолошування шкіряної сировини. Синтезований в лабораторних умовах фермент виявив високу швидкість каталітичної дії, яку визначали за різних значень рН і температури.

Фермент, вироблений в пілотному масштабі, застосували при дії таких саме чинників *in vitro* (спектрофотометрично), а також *in vivo* (для зневолошування відмоченої козячої шкіри). Протеолітична активність ферменту, продукованого в синтетичному середовищі барвника при 5,3 мг/мл сухої маси клітин, становила 548 од/мл. Активність ферменту *in vitro* зросла з підвищенням температури від 25 до 35 °С й досягла максимуму при температурі 45 °С, рН 11. У порівнянні з відомим сульфідним методом індекс зневолошування був досягнутий після семигодинної обробки відмоченої козячої шкіри [20].

У Воронежському державному університеті за допомогою методів ІЧ-спектроскопії та гравіметрії досліджено характер зв'язування інулази з носієм та стан води у фазі сорбенту. Розраховано параметри водневих зв'язків, що характеризують зв'язок ферменту з носієм при абсорбційній іммобілізації, вивчено вплив іммобілізації на зміну конформації білка [21].

Винахід [22] відноситься до біотехнології й стосується ферментативної обробки шкір великої рогатої худоби та свиней при виготовленні натуральних шкір. Суть винаходу полягає у способі ферментативного зневолошування шкір великої рогатої худоби та свиней у розчині ферменту колагенолітичної протеази з гепатопанкреасу краба у кількості 0,001-0,005 % від маси сировини та подальшому золінні з використанням сульфиду натрію у кількості 0,5-1,1 % від маси сировини. Порівняно з відомими цей спосіб має ряд переваг, які полягають у виключенні витрати поверхнево-активних речовин та сульфідів; скороченні у 10 разів витрати ферменту колагенази та мінімум у два рази – сульфиду натрію; у багаторазовому використанні ферментного розчину з підкріпленням; в отриманні більш м'яких шкір; у зниженні трудових витрат під час відмочування та зоління, значному поліпшенні економічної ситуації на підприємстві, скороченні непродуктивних витрат за рахунок зниження штрафних санкцій за перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин, що викидаються у стічні води.

Під керівництвом проф. Антипової Л. В. проведено підбір ферментів мікробного та тваринного походження для виділення та очищення функціональних біополімерів, а також шкіряних матеріалів. Встановлено їх вихідну активність, обґрунтовано оптимальну кількість та умови дозування. Запропоновано технологічні схеми отримання риб'ячої шкіри, сухого та замороженого колагену, препаратів гіалуронової кислоти [23].

У бразильській Laboratory of Leather and Environmental Studies досліджено можливість застосування ферментного екстракту, виділеного штамом *Bacillus subtilis*, у поєднанні з пероксидом водню для видалення волосся з коров'ячої шкіри. Протестовано дві концентрації ферментативного екстракту (100 і 300 од/1 г шкіри) та дві концентрації пероксиду водню (4 і 8 %). Стан шкір оцінювали візуально, а стічні води аналізували за вмістом загального азоту, фіксованих та летючих розчинних твердих речовин, глікозаміногліканів, протеогліканів та гідроксипроліну. Авторами було встановлено, що окисно-ферментативне видалення волосся не викликає його руйнування та скорочує тривалість процесу у порівнянні зі звичайним та ферментативним зневолошуванням. Результати виконаної роботи показали, що окисно-ферментативне зневолошування може бути життєздатною альтернативою застосуванню вапна та сульфиду натрію [24].

На думку авторів [25], за попередні роки ферментативні процеси стали незамінними у шкіряному виробництві, оскільки роблять шкіру м'якою, еластичною та гладкою. При цьому у якості основної сировини для м'якшення використовуються різноманітні засоби – від собачого посліду, голуб'ячих фекалій до синтетичних ферментів. Використання природних матеріалів досить складне, а якість продукції є невідтворюваною та нестабільною, не кажучи вже про низьку культуру виробництва. Шкіра може бути перем'якшеною чи недом'якшеною в залежності від активності пом'якшувача та вмісту ферментів у використаних матеріалах. Протягом багатьох років поширеним матеріалом для виготовлення м'яких шкіряних виробів була коров'яча підшлункова залоза, змішана з речовиною-носієм у відповідній концентрації, що забезпечує активність близько 1300 одиниць. З урахуванням цього автори порівняли шкіру, отриману із застосуванням цього традиційного матеріалу, зі шкірою, виробленою із застосуванням поширеного комерційного матеріалу для м'яких виробів (Oropon, Rohm та Naas) за якістю, міцністю та м'якістю. У роботі використали різні композиції, починаючи від 0,5 % з інтервалом від 0,25 до 1,50 % у перерахунку на масу вапна. Дослідні групи порівнювались з контрольною, у якій використали 0,5 % комерційного пом'якшувача, активність якого складає 1500 одиниць, що підтверджено результатами аналізу. Під час експерименту 72 мокросолені шкіри овець та кіз були розділені навпіл на дві групи, у кожній групі по шість шкір кожного типу. Після відмочування, зневолошування, вапняного зоління, знезолування, м'якшення, пікелювання, хромового дублення, додублювання, сушіння та оздоблення одержали шкіру гарної якості, яка не відрізнялася від шкіри, виробленої з використанням імпортованих матеріалів.

Як відомо [26], для ефективної обробки шкіряної сировини необхідно, щоб мікроструктура дерми після відмочування наближалася до мікроструктури парних шкір. При цьому з відмочених шкір повинні бути видалені всі забруднення, а також розчинні білки у вигляді альбумінів та глобулінів. Механізм обводнення шкір пов'язують з основною міжволоконною речовиною, яка обволікає волокнисті елементи дерми. Через наявність епідермісу вода та інші хімічні речовини надходять до шкіри з боку підшкірно-м'язового шару. Для обводнення висушеної шкіри треба зруйнувати додаткові зв'язки, що утворилися при сушінні, та розчинити мукополісахариди, що склеюють структурні елементи. Для цього слід провести довготривале або двостадійне відмочування. У разі останнього варіанту при першому відмочуванні використовуються такі реагенти як антисептики, загострювачі та поверхнево-активні речовини (ПАР); при другому – антисептики, ПАР та ферментний препарат. Значення рН відмочувального розчину не повинно

перевищувати 5,5 [27]. Останнім часом більшість методик пропонують проведення процесу відмочування з використанням ферментних препаратів. Для більш ефективної дії на міжволоконну речовину краще використовувати ферментні препарати, що володіють комплексом різних активностей, наприклад, препарати із серії мальтаморинів: П2х, Пп10х, Г10х.

При використанні ферментних добавок під час відмочування завдяки гідролізу міжволоконних речовин зростає монолітність шкіряної сировини при одночасному покращенні її проникності та доступності для хімічних матеріалів. Це сприяє кращому обводненню сировини, спрощує міздріння, внаслідок чого зменшується вірогідність пошкодження шкіур [28].

У Казанському технологічному університеті проведено серію експериментів [29–31], присвячених використанню ферментних препаратів під час відмочування шкіур бобра великих розмірів.

Автори роботи [32] роблять наголос на тому, що обов'язковою умовою при роботі з ферментними препаратами є техніка безпеки. Потрібно звертати увагу на розчинність ферментів, що використовуються у вигляді порошку. При пересипанні та зважуванні порошку утворюється пил, який може викликати алергічні захворювання.

У роботі [33] зазначається, що свіжий, непрозолений та необроблений нейтральними солями колаген руйнується панкреатином. Для підтвердження цього шматок шкіри обробляли панкреатином при температурі 40 °С. Втрати азоту склали 27 %. Дослідження ізольованих колагенових волокон з мікроскопічним контролем у камері з підігрівом показали, що вони розчиняються після п'ятигодинної обробки 5-відсотковим розчином панкреатину при температурі 40 °С. При цьому через розчинення проміжної речовини нативні волокна колагену спочатку розпадаються на елементарні волокна, а потім – на окремі відрізки, які переходять у розчин.

Використання під час м'якшення шкіри електрохімічно активованої води (католіту) та вітчизняного ферментного препарату Bacillus зменшує величину питомого об'єму макро- та мікропор та збільшує величину питомого об'єму ультрамікропор полішару порівняно з використанням католіту та польського ферментного препарату «ChemizumВН». При використанні дистильованої води ця різниця дуже мала. Тому у готовій натуральній шкірі, при м'якшенні якої використали розчин одного з досліджуваних ферментних препаратів в електрохімічно активованій воді, спостерігаються інші фізико-механічні та релаксаційно-деформаційні характеристики [34].

У роботах [35, 36] доведена можливість використання ферментів під час фарбування текстильних матеріалів, котонізації лляного волокна та для надання біостійкості вовняним матеріалам. Різноманітні за походженням та будовою типи ферментів використовуються на різних (підготовчих, основних та заключних) стадіях обробного текстильного виробництва. Авторі обґрунтували можливість використання препаратів різної каталітичної дії для інтенсифікації процесу фарбування лляної тканини прямими барвниками за низьких температур, показали вибіркову дію ферментів в залежності від хімічної будови прямих барвників.

У технології виробництва спирту з крохмалевмісної сировини пріоритетним напрямом є дослідження та розробка інноваційних енерго- та ресурсощадних технологій, які дозволяють знизити температуру термо-ферментативної обробки замісів та забезпечити більш глибокий гідроліз біополімерів зерна за рахунок використання комплексу ферментних препаратів селективної дії [37].

За участю авторів даної роботи досліджено низку комерційних ферментних препаратів [38], активність яких визначали за методом осадження казеїну. Експериментально встановлено, що значення рН їх водної витяжки знаходиться на рівні 5,2–6,5, активність – в межах 59,8–109,8 од./г. Найбільш активними виявились препарати Rinazum та КАВ (109,8 та 100,0 од./г відповідно). Оскільки рідинні процеси шкіряного виробництва супроводжуються постійною зміною рН середовища (наприклад, процеси відмочування та м'якшення проводяться переважно у нейтральному середовищі, зоління-зневолошування – у лужному, пікелювання та хромове дублення – у кислому і т.і.), цікаво було визначити активність задіяних у роботі ферментних препаратів у широкому діапазоні рН: від низького, який відповідає сильно кислому середовищу, до високого (сильно лужне середовище). За результатами експерименту встановлено, що у кислому середовищі (рН 4,01) всі досліджувані ферментні препарати інактивуються, оскільки порівняно з вихідним станом (рН 5,2–6,5) їх активність зменшується у два-десять разів. Крім того, зроблено висновок, що препарати Rinazum та КАВ більш активні в діапазоні рН 5,2–9,18. Препарат Ribez максимальну активність виявляє у сильно лужному середовищі (рН 12,45). Препарати ОН-2 та В-2 більш активні при рН 6,86, проте, у сильно лужному середовищі вони більш активні, ніж у вихідному стані. У подальшому, при дослідженні процесу відмочування шкіряної сировини з використанням зазначених ферментних препаратів за різних умов, встановлено, що краще обводнення овчини досягається в присутності 0,5 % ферментного препарату В-2 та 1,5 % карбонату натрію, це дозволяє повністю виключити використання екологічно небезпечного сульфиду натрію [39].

Висновки

За результатами аналізу літературних джерел та власних експериментальних доробок показано доцільність дослідження та використання ферментів й одержаних на їх основі ферментних препаратів у різних галузях промисловості, оскільки це сприяє підвищенню якості готової продукції та рівня екологізації виробництва, більш раціональному використанню сировинних та матеріальних ресурсів. Планується проведення подальшої роботи з розширеним асортиментом ферментовмісних матеріалів різного походження, у тому числі одержаних з промислових відходів.

Література

1. Биссвангер Х. Практическая энзимология / Х. Биссвангер. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 328 с.
2. Волова Т. Г. Введение в биотехнологию: электрон. учеб. пособие / Т. Г. Волова. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008.
3. Грачева И. М. Технология ферментных препаратов / И. М. Грачева, А. Ю. Кривова. – М. : Изд-во «Элевар», 2000. – 512 с.
4. Андреева О. А. Фізика та хімія протеїнів : підручник / О. А. Андреева. – К. : КНУТД, 2003. – 224 с.
5. Колпак С. В. Дослідження впливу технологічних умов на активність ферментів / С. В. Колпак, О. В. Скропишева, В. П. Гнідець // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 6 (56). – С. 47–50.
6. Андреева О. А. Дослідження структури та властивостей колагенвмісного препарату / О. А. Андреева, Л. А. Майстренко, А. В. Ніконова // Наукові праці НУХТ. – 2018. – № 5 (24). – С. 38–43.
7. Данилкович А. Г. Біотехнологічні процеси в технології формування шкіряних матеріалів / А. Г. Данилкович, В. І. Лішук, О. А. Охмат // Наукові праці НУХТ. – 2018. – № 5 (24). – С. 14–24.
8. Охмат О. А. Білкові трансформації в біополімерах тваринного походження / О. А. Охмат, О. Р. Мокроусова, Л. А. Майстренко // Наукові праці НУХТ. – 2018. – № 6 (24). – С. 59–64.
9. Фордзюн Ю. І. Модифіковані волокнисто-сітчасті матеріали типу «шкіркартон» на основі колагену та целюлози. Перспективні матеріали та інноваційні технології: біотехнологія, прикладна хімія та екологія / Ю. І. Фордзюн, О. А. Андреева. – К. : Світ Успіху, 2020. – С. 445–455.
10. Первая Н. В. Дослідження нових хімічних матеріалів для рідинного оздоблення шкіри / Н. В. Первая, О. А. Андреева // Вісник КНУТД. Технічні науки. – 2020. – № 1 (142). – С. 71–85.
11. Pervaia N. V. The rationale behind using natural polymeric materials in shoe production / N. V. Pervaia, O. A. Andreyeva, L. A. Maistrenko // Materials Science and Engineering: IOP Conference Series. – 2019. – Vol. 500. – P. 1–6.
12. Степанова Л. С. Дослідження впливу субстрату на активність іммобілізованого пепсину / Л. С. Степанова, І. А. Піголь // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2010. – № 2. – С. 240–243.
13. Самойлова Д. А. Вторичные ресурсы рыбной промышленности как источник пищевых и биологически активных добавок / Д. А. Самойлова, М. Е. Цибизова // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. – 2015. – С. 129–136.
14. Justa Širvaitytė. Bating of pelts after deliming with peracetic / Justa Širvaitytė, Virgilijus Valeika, Kęstutis Beleška, Violeta Valeikienė // Proc. Estonian Acad. Sci. Chem. – 2006. – Vol. 55. – P. 93–100.
15. Altan Afsar. Studies on the degreasing of skin by using enzyme in liming process / Altan Afsar, Fatma Cetinkaya // Indian Journal of Chemical Technology. – 2008. – Vol. 15. – P. 507–510.
16. Суховеркова А. М. Современные методы получения обезвоженных шкур кролика / А. М. Суховеркова, Л. В. Антипова, И. С. Косенко, О. А. Василенко // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 3, Ч. 2. – С. 74–75.
17. Антипова Л. В. Ферментная технология обезволаживания шкур кролика / Л. В. Антипова, О. А. Василенко, И. С. Косенко, А. М. Суховеркова // Вестник Воронежской государственной технологической академии. – 2008. – № 3 (37). – С. 61–65.
18. 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.
19. Сысоев В. А. Ферменты и их использование в технологии кожи и меха / В. А. Сысоев. – Казань : Изд-во КГТУ, 2002. – 33 с.
20. Saritha K. Protease enzyme: an eco-friendly alternative for leather industry / K. Saritha // Indian Journal of Science and Technology. – 2009. – № 12. – P. 29–32.
21. Шкутина И. В. ИК-спектроскопия для исследования комплекса индулаза-носитель / И. В. Шкутина, О. Ф. Стоянова, В. Ф. Семёнов // Вестник ВГУ. Химия, биология, фармации. – 2004. – № 1. – С. 110–113.
22. Пат. RU 2061046. Способ ферментативного обезволаживания шкур / Козловский А. С., Артюков А. А., Козловская Э. П., Сенчило Л. Н., Анишкова З. Л., Сахаров И. Ю., Федосов Ю. В. ; патентообладатель: Козловский А. С., Артюков А. А., Козловская Э. П., Сенчило Л. Н., Анишкова З. Л., Сахаров И. Ю., Федосов Ю. В. – Дата подачи заявки: 20.06.1994 ; дата публикации патента : 27.05.1996.
23. Антипова Л. В. Выбор ферментных препаратов для обработки рыбных шкур / Л. В. Антипова, А. В. Соколов, М. Д. Горбунков // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2014. – № 1. – С. 48–53.
24. Andrioli E. Associated Use of Enzymes and Hydrogen Peroxide for Cowhide Hair Removal / E. Andrioli, M. Gutterres // JALCA. – 2014. – 109(2). – P. 41–48.
25. Ahmed M. M. Application of an enzymatic bate from local materials / M. M. Ahmed, G. A. Gasmelseed // Environmental Chemistry Letters. – 2020. – P. 747–769.
26. Левенко П. И. Химия и технология отмочно-зольных процессов / П. И. Левенко. – М. : Легкая индустрия, 1976. – 200 с.
27. Абдуллин И. Ш. Химия и технология кожи и меха / И. Ш. Абдуллин, Л. Н. Абуталипова, А. В. Островская. – Казань : Изд-во КГТУ, 2002. – 72 с.
28. http://www.taxidermy.su/news1/2012/otmoka_shkur/.

29. Берселева М. Ю. Исследование совместного влияния ферментных препаратов и плазменной обработки на процесс отмоки шкур бобра / М. Ю. Берселева, Г. Г. Лутфуллина, И. Ш. Абдуллин // КОП. – 2012. – № 1. – С. 28–30.
30. Берселева М. Ю. Особенности процессов выделки шкур / М. Ю. Берселева, Г. Г. Лутфуллина, И. Ш. Абдуллин, А. А. Ягафарова // Новые технологии и материалы в производстве кожи и меха : сб. статей IX Междунар. научно-практ. конференции студентов и молодых ученых. – Казань : КНИТУ. – 2013. – С. 138–143.
31. Берселева М. Ю. Ферментативная отмока шкур бобра / М. Ю. Берселева, Г. Г. Лутфуллина, И. Ш. Абдуллин, Е. А. Солдаткина, Л. Б. Журавлев // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 13. – С. 61–62.
32. Шестакова И. С. Ферменты в кожевенном и меховом производстве / И. С. Шестакова, Т. Ф. Моисеева, Т. Ф. Миронова. – М. : Легпромбытиздат, 1990. – 128 с.
33. http://main.isuct.ru/files/publ/PUBL_ALL/146.pdf.
34. Стаценко Д. В. Вплив спільної дії ферментних препаратів і активованих розчинів на вологообмінні властивості- натуральної шкіри / Д. В. Стаценко, О. О. Романюк, О. А. Матвієнко // Вісник КНУТД. – 2013. – № 1. – С. 74–80
35. <http://www.snab.e>.
36. Чечина І. Г. Вплив ферментів різної каталітичної дії на сорбцію прямих барвників лляною тканиною / І. Г. Чечина, О. В. Скропишева, Г. В. Міщенко, О. М. Чабан // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – № 3. – С. 51–53.
37. Шиян П. Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика / П. Л. Шиян, В. В. Сосницький, С. Т. Олійничук. – К. : Видавничий дім «Асканія», 2009. – 424 с.
38. Колесник Т. О. Дослідження властивостей сучасних ферментних препаратів / Т. О. Колесник, А. В. Ніконова, О. А. Андреева // 36. тез XVIII Всеукраїн. науков. конф. молодих учених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі», Київ, 18-19 квітня 2019 р. – С. 414–415.
39. Колесник Т. О. Дослідження процесу відмочування шкіряної сировини в присутності ферментних препаратів / Т. О. Колесник, О. А. Андреева // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2020. – №3 (267). – С. 251–254.

References

1. Bisswanger H. Practical enzymology. M.: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2015. 328 p.
2. Volova T. G. Introduction to biotechnology: electron. textbook allowance. Krasnoyarsk: IPK SFU, 2008.
3. Gracheva I. M., Krivova A. Yu. Technology of enzyme preparations. M: Izd-vo «Elevor», 2000. 512 s.
4. Andreeva O. A. Physics and chemistry of proteins: a textbook. K., 2003. 224 p.
5. Kolpak S. V., Skropysheva O. V., Gnidets V. P. Research of influence of technological conditions on activity of enzymes. Eastern European Journal of Advanced Technology. 2012. V. 2. № 6 (56). P. 47–50.
6. Andreeva O. A., Maistrenko L. A., Nikonova A. V. Study of the structure and properties of collagen-containing drug. Scientific works of NUHT. 2018. № 5 (24). P. 38-43.
7. Danilkovich A. G., Lishchuk V.I., Ohmat O. A. Biotechnological processes in the technology of formation of leather materials. Scientific works of NUHT. 2018. № 5 (24). P. 14-24.
8. Ohmat O. A., Mokrousova O. R., Maistrenko L. A. Protein transformations in biopolymers of animal origin. Scientific works of NUHT. 2018. № 6 (24). P. 59-64.
9. Fordyun Y. I., Andreeva O. A. Modified fibrous mesh materials such as "leather cardboard" based on collagen and cellulose. Promising materials and innovative technologies: biotechnology, applied chemistry and ecology. K: World of Success, 2020. P. 445-455.
10. Pervaya N. V., Andreeva O. A. Research of new chemical materials for liquid finishing of leather. Bulletin of KNUHT. Technical sciences. 2020. №1 (142). P. 71-85.
11. Pervaia N. V., Andreyeva O. A., Maistrenko L. A. The rationale behind using natural polymeric materials in shoe production. Materials Science and Engineering: IOP Conference Series. 2019. Vol. 500. P. 1–6.
12. Stepanova L. S., Pigol I. A. Investigation of the effect of substrate on the activity of immobilized pepsin. Bulletin of KhNU. Technical sciences. 2010. №2. P. 240-243.
13. Samoilova D. A., Tsibizova M. E. Secondary resources of the fishing industry as a source of food and biologically active additives. Bulletin of AGTU. Series: Fisheries, 2015. P. 129-136.
14. Justa Širvaitytė, Virgilijus Valeika, Kęstutis Beležka, Violeta Valeikienė. Bating of pelts after delimiting with peracetic. Proc. Estonian Acad. Sci. Chem. 2006. Vol. 55. P. 93–100.
15. Altan Afsar, Fatma Cetinkaya. Studies on the degreasing of skin by using enzyme in liming process. Indian Journal of Chemical Technology. 2008. Vol. 15. P. 507–510.
16. Sukhoverkova A. M., Antipova L. V., Kosenko I. S., Vasilenko O. A. Modern methods of obtaining hairless rabbit skins. Modern problems of science and education. 2009. №3, Ch.2. P. 74–75.
17. Antipova L. V., Vasilenko O. A., Kosenko I. S., Sukhoverkova A. M. Enzyme technology of hair removal of rabbit skins. Bulletin of the Voronezh State Technological Academy. 2008. №3 (37). P. 61–65.
18. Choundhary R. B., Jana A. K., Jha M. K., Choundhary R. B. Enzyme technology applications in leather processing. Indian Journal of Chemical Technology. 2004. Vol. 11. P. 659–671.
19. Sysoev V. A. Enzymes and their use in the technology of leather and fur. Kazan: KSTU Publishing House, 2002. 33 p.
20. Saritha K. Protease enzyme: an eco-friendly alternative for the leather industry. Indian Journal of Science and Technology. 2009. Vol.2 №12. P. 29-32.
21. Shkutina I. V., Stoyanova O. F., Semenov V. F. IR spectroscopy for the study of the indulase-carrier complex. VGU Bulletin. Series: Chemistry, Biology, Pharmacy, 2004. №1. P. 110-113.
22. Pat. RU 2061046. The method of enzymatic hair removal / Kozlovsky A. S., Artyukov A. A., Kozlovskaya E. P., Senchilo L. N., Anishkova Z. L., Sakharov I. Yu., Fedosov Yu. V.; Patent holder: Kozlovsky A. S., Artyukov A. A., Kozlovskaya E. P., Senchilo L. N., Anishkova Z. L., Sakharov I. Yu., Fedosov Yu. V.; Date of application submission: 20.06.1994; date of patent publication: 27.05.1996.
23. Antipova L. V., Sokolov A. V., Gorbunkov M. D., Storublevtsev S. A. The choice of enzyme preparations for the treatment of fish skins. Technologies of food and processing industry of agro-industrial complex - products of healthy food. 2014. № 1. P. 48–53.
24. Andrioli E., Gutterres M. Associated Use of Enzymes and Hydrogen Peroxide for Cowhide Hair Removal. JALCA. 2014. 109 (2). P. 41-48.

25. Ahmed M. M., Gasmelseed G. A. Application of an enzymatic bate from local materials. *Environmental Chemistry Letters*. 2020. P. 747-769.
26. Levenko P. I. *Chemistry and technology of soaking and ash processes*. M: Light Industry, 1976. 200 p.
27. Abdullin I. S., Abutalipova L. N., Ostrovskaya A. V. *Chemistry and technology of leather and fur*. Kazan: KSTU Publishing House. 2002. 72 p.
28. http://www.taxidermy.su/news1/2012/otmoka_shkur/.
29. Berseleva M. Yu., Lutfullina G. G., Abdullin I. Sh. Investigation of the joint effect of enzyme preparations and plasma treatment on the process of soaking beaver skins. *Leather and shoe industry*. 2012. №1 P. 28-30.
30. Berseleva M. Yu., Lutfullina G. G., Abdullin I. Sh., Yagafarova A. A. Peculiarities of skins manufacturing processes. New technologies and materials in the production of leather and fur: Sat. Articles IX International. scientific practice. conference of students and young scientists. Kazan: KNITU. 2013. P. 138–143.
31. Berseleva M. Yu., Lutfullina G. G., Abdullin I. Sh., Soldatkina E. A., Zhuravlev L. B. Enzymatic soaking of beaver skins. *Bulletin of Kazan Technological University*. Kazan. 2012. №13. P.61-62.
32. Shestakova I. S., Moiseeva T. F., Mironova T. F. *Enzymes in leather and fur production*. M: Legprombytizdat, 1990. 128 p.
33. http://main.isuct.ru/files/publ/PUBL_ALL/146.pdf.
34. Statsenko D. V., Romanyuk O. O., Matvienko O. A. Influence of joint action of enzyme preparations and activated solutions on moisture exchange properties of genuine leather. *Bulletin of KNUTD*. 2013. № 1.
35. <http://www.snab.e>.
36. Chechina I. G., Skropysheva O. V., Mishchenko G. V., Chaban O. M. Influence of enzymes of different catalytic action on sorption of direct dyes by linen fabric. *Eastern European Journal of Advanced Technology*. 2008. № 3. P. 51–53.
37. Shiyan P. L., Sosnitsky V. V., Oliinichuk S. T. *Innovative technologies of the alcohol industry. Theory and practice*. K: Askania Publishing House. 2009. 424 p.
38. Kolesnyk T. O., Nikonova A. V., Andreeva O. A. Research of properties of modern enzyme preparations / Coll. theses of the XVIII All-Ukraine. of Sciences. conf. of young scientists and students "Scientific developments of youth at the present stage", April 18-19, 2019. Kyiv: KNUTD. 2019. P. 414-415.
39. Kolesnyk T. O., Andreeva O. A. Investigation of the process of soaking leather raw materials in the presence of enzyme preparations. *Herald of Khmelnytskyi National University*. 2020. № (267) P. 251-254.

Надійшла / Paper received : 10.10.2020

Надрукована/Printed :27.11.2020