

Л.А. МАЙСТРЕНКО, О.С. ЮНГІН, Л.О. ЛАСТОВЕЦЬКА

Київський національний університет технологій та дизайну

## ЕКСТРАГУВАННЯ КОЛАГЕНУ З НЕДУБЛЕНИХ ВІДХОДІВ ШКІРЯНОГО ВИРОБНИЦТВА

Метою даної роботи було встановлення доцільності та можливості екстрагування колагену з недублених відходів підприємства з виготовлення натуральних шкір ПрАТ «Чинбар» (м. Київ) шляхом проведення кислотного гідролізу розчином оцтової кислоти. Отримано зразки водорозчинного колагену з зеленої голинної обрізі, незолоної голинної обрізі та міздрі. Встановлено найбільший вихід розчинного колагену у зразках, отриманих після його екстрагування зі незолоної голони.

Ключові слова: колаген, відходи шкіряного виробництва, екстрагування колагену.

L. MAISTRENKO, O. IUNGIN, L. LASTOVETSKA

Kyiv National University of Technologies and Design

### EXTRACTION OF COLLAGEN FROM NON-TANNED WASTES OF LEATHER PRODUCTION

The aim of paper is to establish the expediency and possibility of collagen extraction from non-tanned wastes of leather production by acid hydrolysis. The analysis of literature sources on the problems of the research was carried out, the peculiarities of collagen extraction from non-tanned collagen-containing wastes of leather production were established. Methods of the determination of collagen by the biuret method and total Nitrogen by the Kjeldahl method were used. Extraction of collagen from non-tanned wastes of leather production by proteins acid hydrolysis was performed. Samples of water-soluble collagen were obtained from limed pelt after trimming, delimed pelt after trimming and fleshings. The content of collagen and total Nitrogen was determined in the experimental samples. The highest amount of collagen was extracted from delimed pelt after trimming, the second place - pelt after trimming. The least amount of collagen was extracted from the fleshings. Such distribution of collagen amount from limed pelt after trimming and fleshings samples can be explained by the fact that part of the acetic acid from the solution is consumed to neutralize the calcium hydroxide present in the samples of these groups after the liming process. For the first time, the possibility of obtaining soluble collagen from samples of non-tanned collagen-containing wastes of the enterprise for genuine leather production "Chinbar" (Kyiv) was studied. The perspectives of using different wastes from leather production as a source of obtaining soluble collagen for further use for biomedical purposes were shown. Practical value: soluble collagen was obtained from non-tanned wastes of leather production: pelt after trimming and fleshings. The most promising for the extraction of collagen wastes from the tanning industry was described.

Key words: collagen, leather production waste, collagen extraction.

### Постановка задачі

Шкіряна промисловість, одна з галузей, що забруднює навколишнє середовище через утворення значної кількості рідких і твердих відходів. Проблема перероблення та раціонального використання відходів шкіряного виробництва, особливо в останні роки, стає актуальною в усьому світі. Це пояснюється тим, що в процесі виробництва натуральних шкір утворюється велика кількість (30-50 % від маси сировини) відходів, в яких міститься до 50 % білкових речовин. Велика частина органічних відходів шкіряного виробництва ще не знайшла застосування і вивозиться на звалища, що, крім матеріальних втрат, веде до забруднення навколишнього середовища. За даними [1] з 1000 кг сировини при переробці шкіри утворюється до 850 кг твердих відходів, з них недублені відходи становлять 80 %, дублені – 20 %. Тверді недублені колагенвмісні відходи це – сировинна та голинна обрізь, а також міздря (підшкірна клітковина). Ці відходи містять дуже цінні природні органічні матеріали. Одним з яких є колаген – цінний білок, який можна вилучити і широко використовувати у вигляді колагенвмісних препаратів в різних галузях промисловості. Важливим моментом при цьому є дешевизна такого виду сировини. Таким чином, проблема перероблення колагенвмісних відходів шкіряного виробництва має два вирішальні чинники – екологічний та економічний.

Колаген – фібрилярний білок, який є основою сполучної тканини й становить близько 30 % від вмісту всіх білків організму ссавців [2]. Він міститься в шкірі, кістках, судинах, хрящах, дентині зубів тощо. Основна структурна одиниця колагену складається з трьох поліпептидних ланцюгів, розташованих у вигляді потрійної спіралі з двома однаковими ланцюгами ( $\alpha 1$ ), та третім, який певною мірою відрізняється за своїм хімічним складом ( $\alpha 2$ ), тобто це – гетерополімер. Усі типи колагену мають характерну потрійну спіраль, однак довжина спіралі, розмір та характер негвинтової частини змінюються залежно від типу [3]. Серед них 5 найпоширеніших: колаген типу I (шкіра, кістки, зуби, сухожилля, зв'язки, судинна лігатура, органи (основна складова органічної частини кістки); колаген типу II (очі та хрящі (основна складова хряща)); колаген типу III (сітчастий (головна складова ретикулярних волокон), шкіра, м'язи, судини); колаген типу IV (утворює секретійно-епітеліальний шар базальної мембрани та базальної пластинки); колаген типу V (волосся, клітинні поверхні, плацента). Колагени типу I, II та III є найбільш поширеними та добре дослідженими, їх використовують як пластичний матеріал у різних галузях медицини та косметології, а також у фармацевтичній промисловості як речовини, що продовжують дію лікарських засобів. У ссавців 95 % припадає на колаген типу I [2].

### Аналіз досліджень та публікацій

Колаген можна добувати з різних видів тварин, його як правило, отримують від побічних продуктів забою тварин. Основними джерелами колагену є шкіра, сухожилля, хрящі та кістки. Деякі дослідження стосуються способів отримання колагену з різних тваринних джерел, таких як риби та птахи, як альтернатива колагену з великої рогатої худоби (ВРХ) через ризик зоонозу, а також як альтернатива

колагену, отриманому від свиней, для використання в мусульманських країнах. М'ясо є основним продуктом, отриманим від забою тварин, в той час як всі інші відходи та субпродукти класифікують як побічні продукти [4], включаючи кістки, сухожилля, шкіру, жирові тканини, роги, копита, ноги, кров та внутрішні органи. Вихід побічних продуктів, залежить від виду, статі, віку та маси тіла тварини. Вміст колагену в них коливається від 10–30 % у ВРХ, свиней та овець та від 5-6 % у птиці [5]. За даними [4] близько 40 % цих побічних продуктів є їстівними, а 20 % – неїстівними. Однак більшість побічних продуктів непридатні для споживання людиною. В результаті втрачається потенційне джерело доходу й зростають витрати на утилізацію відходів. В наш час зростає усвідомлення того, що ці побічні продукти можуть представляти цінні ресурси при правильному використанні. Неїстівні побічні продукти використовують при виробництві добрив, кормів для тварин та палива, а також для отримання мінералів, жирних кислот, вітамінів, гідролізатів колагену.

#### Виділення невіршених частин

Лише повністю або частково розчинний колаген може бути використаний у виробництві матриць для тканинної інженерії, порошоків, губок, волокон або ниток. Розподіл молекулярної маси, структури та складу, а також функціональні особливості та властивості колагену залежать від умов перероблення сировини, з якої його отримують та матеріалів, що використовують в процесі екстрагування [6]. Тобто для кожного виду сировини потрібно підбирати параметри процесу, щоб отримати найкращі характеристики екстрагованого колагену. Завдяки надзвичайному розмаїттю тканин та типів колагену важко розробити стандартний метод його вилучення. Для екстрагування колагену необхідно видалити численні ковалентні внутрішньо- та міжмолекулярні поперечні зв'язки, які в першу чергу включають залишки лізину та гідроксилізину, ефірні зв'язки та інші зв'язки із полісахаридами. Процес вилучення та очищення колагену передбачає [7]: обробку сировини при температурі  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  або  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; видалення неколагенових білків за допомогою хлориду натрію, гідроксиду натрію чи гідроксиду кальцію; нейтралізацію розчином хлоридної або оцтової кислот; обробку кислотою або ферментом; морфологічний аналіз; екстрагування колагену, включаючи діаліз з оцтовою кислотою або динатрієвим гідрофосфатом; аналіз амінокислотного складу, електрофорез, визначення температури денатурації, рентгенофракційний аналіз, УФ-спектральний аналіз.

Попередню обробку проводять для видалення неколагенових речовин та збільшення виходу колагену. Найчастіше проводять вилучення засноване на розчинності колагену в нейтральних сольових розчинах, кислих розчинах, а також кислих розчинах з доданими ферментами. Завдяки своїй будові колаген сполучної тканини розчиняється дуже повільно навіть у киплячій воді завдяки наявності великої кількості водневих зв'язків між суміжними молекулами. Тому для їх розриву використовують оброблення розведеними розчинами кислот та основ. Як наслідок ланцюги колагену залишаються неушкодженими, а поперечні зв'язки зазнають часткового гідролізу [10]. При *сольовому гідролізі* колагену використовують нейтральні сольові розчини хлориду натрію, трис-гідроксиметилу, амінометану гідрохлориду, фосфатів або цитратів.

При *кислотному гідролізі* сировину занурюють у розчин з кислотою реакцією середовища. Коли розчин проникає в структуру шкіри, вона збільшується в об'ємі в два-три рази й відбувається гідроліз нековалентних між- та внутрішньомолекулярних зв'язків. Такий спосіб найкраще підходить для екстрагування колагену з сировини з нещільним переплетенням колагенових волокон, наприклад, при обробці шкур свиней та риб [11]. Кислотний гідроліз можна проводити з використанням органічних (оцтової, лимонної, молочної кислот) та неорганічних (хлоридної) кислот. Органічні кислоти здатні солубілізувати незшиті колагени, а також порушити деякі поперечні зв'язки, що призводить до їх більш високої розчинності під час екстрагування [12].

Для екстрагування кислоторозчинного колагену попередньо оброблений матеріал додають до розчину кислоти, як правило, 0,5 М оцтової та витримують протягом 24-72 годин при постійному перемішуванні при температурі  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , залежно від виду сировини. Після екстрагування проводять фільтрування для відділення супернатанту (залишку) від колагену, який знаходиться в рідкій фазі. Для отримання колагенового порошку фільтрат зазвичай піддають осадженню хлоридом натрію. Осад збирають центрифугуванням, а потім повторно розчиняють у мінімальному об'ємі 0,5 М оцтової кислоти, діалізують у 0,1 оцтової кислоті протягом 2 днів та дистильованій воді протягом 2 днів із заміною розчину в середньому кожні 12 годин [13]. Під час очищення колагену потрібно усунути антигенні компоненти білка, представлені ділянками тілопептидних фрагментів колагену типу I. Таке очищення є більш ефективним після обробки пепсином. Ще однією проблемою є довготривалість процесу екстрагування, яка зазвичай становить від 1 до 3 тижнів, з високою втратою білка й частковою деградацією колагенових пептидів. З цієї причини корисність вилученого кислотою колагену обмежена, оскільки виділений матеріал повинен зберігатися в холодному розчині оцтової кислоти або сушитися. Максимальна концентрація колагену, яку можна отримати, також обмежена й становить 10 мг/мл [14]. Після кислотного гідролізу отримують нативну, тобто триспиральну, молекулу колагену з непошкодженими тілопептидами. Такий продукт здатний утворювати пружні гелі.

*Лужний гідроліз* полягає в обробці сировини основним розчином, як правило, гідроксидом натрію протягом періоду, який може зайняти від кількох днів до декількох тижнів [10]. Таку обробку проводять для товстих матеріалів, які потребують більш агресивної дії. Лужно-сольове екстрагування (обробка колагену лугом у присутності насиченого розчину сульфатнокислого натрію, а потім екстрагування кислотою) дає високий вихід розчинного колагену зі збереженою потрібною спіраллю, однак з дезамінуванням залишків аспарагінової та

глутамінової кислот, внаслідок чого розподіл зарядів уздовж триспиральної молекули колагену порушується й колаген втрачає здатність до фібрилоутворення, отже, такий колаген не утворює гелів [10].

**Ферментативний гідроліз** проводять протеазами: пепсином або трипсином, дія яких не руйнує потрібну спіраль, а лише неколагенові домени й неколагенові білки. Отримують нативну молекулу колагену з пошкодженими тілопептидами, здатну утворювати непружні гелі. Для вилучення колагену ферментативним гідролізом сировину, яка може бути залишком після кислотного вилучення колагену, додають до 0,5 М розчину оцтової кислоти, що містить ферменти. Суміш безперервно перемішують протягом 48 годин при 4 °С з подальшим фільтруванням. Фільтрат піддають осіданню та діалізу при тих же умовах, що й для отримання кислоторозчинного колагену [13]. Ферментативний гідроліз має деякі переваги порівняно з хімічним: специфічність, контроль ступеня гідролізу, помірні умови дії та менший вміст солі в кінцевому гідролізаті. Крім того, ферменти, як правило, можуть бути використані в дуже низьких концентраціях без обов'язкового видалення з середовища. Незважаючи на високу вартість ферментативного гідролізу, знижується кількість відходів, можливо контролювати процес, а продукт отримують з вищим вмістом колагену.

Спосіб екстрагування може впливати на довжину поліпептидних ланцюгів й функціональні властивості колагену, такі як в'язкість, розчинність, а також здатність утворювати гелі та емульсії. Однак за деякими свідченнями тільки колаген, отриманий після кислотного гідролізу, підходить для біотехнологічного використання й тканинної інженерії [8].

### Формулювання цілей

В даній статті буде розглянуто вилучення колагену з недублених відходів шкіряного виробництва, а саме з голиної обрізи та міздрі. Об'єктами даного дослідження є зразки колагену, отримані з недублених відходів виробництва шкір для верху взуття з сировини великої рогатої худоби шкіряного заводу ПрАТ «Чинбар» (м. Київ). Для пошуку оптимального варіанту було обрано різні види відходів, а саме голину обрізь після зоління (з), голину обрізь після знезолування (з/з) та міздрю, отриману після процесу зоління (м). У дослідних зразках відходів було визначено вміст основних складових: вологи, мінеральних речовин, загального азоту та гідроксиду кальцію (табл. 1).

Таблиця 1

### Хімічний аналіз відходів недублених відходів шкіряного виробництва

| № з/п | Показник                       | Вид відходів          |                          |        |
|-------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------|
|       |                                | зелена голинна обрізь | знезелена голинна обрізь | міздря |
| 1     | Масова частка, %:<br>- вологи* | 82,1                  | 80,4                     | 84,2   |
| 2     | - мінеральних речовин*         | 10,7                  | 3,3                      | 31,7   |
| 3     | - загального азоту*            | 14,3                  | 15,0                     | 5,4    |
| 4     | - гідроксиду кальцію*          | 2,6                   | 0,4                      | 6,7    |

Примітка: \* на абсолютно суху речовину

Підвищений вміст мінеральних речовин та гідроксиду кальцію у зразках зеленої голини та міздрі може бути пояснений особливостями технологічного процесу виробництва шкіри, який передбачає обробку сировини у концентрованому розчині гідроксиду кальцію. Оскільки основною метою процесу знезолування є вилучення гідроксиду кальцію з дерми вміст мінеральних речовин та гідроксиду кальцію у знезеленій голині менший у 3,2–9,6 та 6,5–16,8 разів відповідно. Найменший вміст загального азоту, який опосередковано свідчить про кількість колагену у структурі, виявлено у зразках міздрі.

Було досліджено зміну рН робочих розчинів на різних етапах екстрагування (рис. 1).

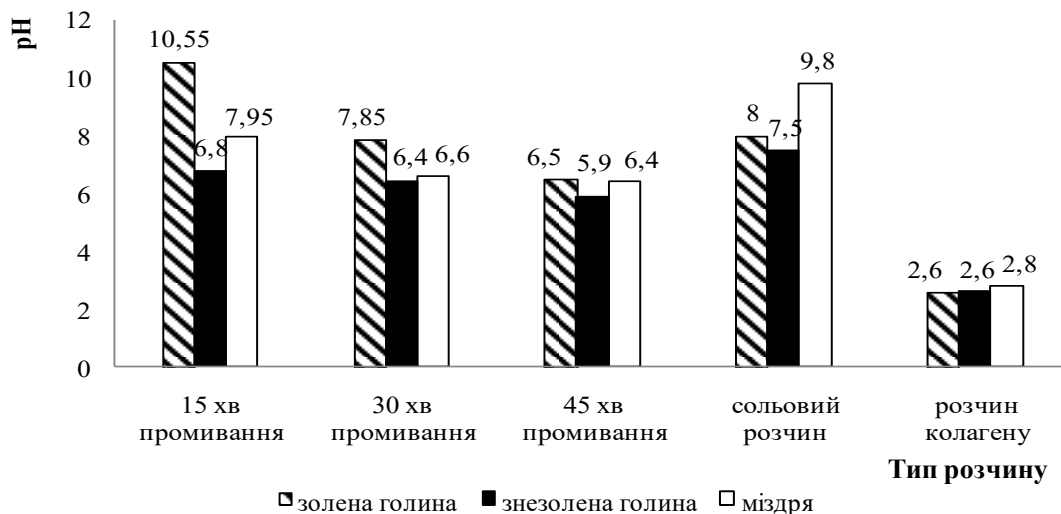


Рис. 1. Зміна рН робочих розчинів під час екстрагування

Вилучення колагену з дослідних зразків проводили шляхом їх обробки у 0,5 М розчині оцтової кислоти за схемою [9]: подрібнення зразків; промивання зразків у воді; осадження неколагенових білків 10-відсотковим розчином хлориду натрію; промивання зразків дистильованою водою до нейтрального рН; екстрагування колагену 0,5 моль/л розчином оцтової кислоти у присутності Трилону Б; фільтрування через паперовий фільтр; осадження колагену з фільтрату сухим хлоридом натрію (до концентрації останнього у розчині 1 моль/л); центрифугування; розчинення осадженого колагену у 0,5 М оцтової кислоти. повторне осадження колагену сухим хлоридом натрію (до концентрації останнього у розчині 0,9 моль/л); центрифугування; розчинення осадженого колагену у найменшій кількості 0,1 М оцтової кислоти.

На рис. 2 представлено фотографії дослідних розчинів колагену на різних стадіях екстрагування.



Рис. 2. Фотографії зразків колагену на різних стадіях екстрагування: сольовий розчин (ліворуч), осаджений колаген (праворуч)

Основним критерієм оцінки ефективності екстрагування колагену, одержаного з колагенвмісних відходів шкіряної промисловості, було обрано кількість екстрагованого колагену, яку визначали на основі визначення вмісту білка в розчині колагену біуретовим методом на спектрофотометрі ULAB 102 (КНР) при довжині хвилі 540 нм та виходу загального азоту за методом К'ельдаля [15]. Дані щодо кількості одержаного колагену з різних видів відходів наведено у табл. 2. Найбільша кількість колагену була проекстрагована зі зразків знезеленої голини. Отримання меншої кількості колагену зі зразків зеленої голини та міздрі може бути пояснене тим, що частина оцтової кислоти з розчину витрачається на нейтралізацію гідроксиду кальцію, наявного у зразках цих груп після процесу зоління (табл. 1).

Таблиця 2

#### Кількість колагену, отриманого після екстракції

| № з/п | Показник                                       | Вид відходів          |                          |        |
|-------|--|-----------------------|--------------------------|--------|
|       |  | зелена голинна обрізь | знезелена голинна обрізь | міздра |
| 1     | Об'єм розчину колагену після екстрагування, мл | 18,0                  | 48,0                     | 12,5   |
| 2     | Кількість азоту після екстрагування, мг        | 7,6                   | 50,4                     | 3,3    |
| 3     | Кількість колагену після екстрагування, мг     | 10,1                  | 25,3                     | 3,0    |

В подальшому буде проведено аналіз амінокислотного складу та електрофорез, отриманих розчинів колагену.

#### Висновки

Переробка відходів шкіряного виробництва є невід'ємною частиною виробничого циклу та дозволяє вирішити або знизити гостроту екологічних та економічних проблем галузі. У статті досліджено можливість екстрагування колагену з недублених відходів виробництва натуральних шкір. Встановлено вищий у 4–8,4 рази вихід колагену зі зразків знезеленої голинної обрізі.

#### Література

1. Kanagaraj J., Velappan K. C., Chandra Babuand N. K., Sadulla S. Solid wastes generation in the leather industry and its utilization for cleaner environment. *Journal of Scientific & Industrial Research* 2006. Vol. 65. pp. 541–548.
2. Истранов Л.П. Использование коллагенсодержащего сырья для медицинских и микробиологических целей // Л.П. Истранов, Л.Н. Бондарева // *Лекарства, средства, экономика, технология и перспективы получения*. – 1969. – № 4. – С. 1–43.
3. Miller E. J. *Biomedical and industrial application of collagen in Extracellular Matrix Biochemistry*, New York : Elsevier, 1984. P. 41–81.
4. Bhaskar N., Modi V.K., Govindaraju K., Radha C., Lalitha R. G. Utilization of meat industry by products: protein hydrolysate from sheep visceral mass. *Bioresource Technology*. 2007. Vol. 98 (2). P. 388–394.
5. Nollet L. M. L., Toldra F. *Handbook of Analysis of Edible Animal By-Products*. Gent, Belgium: CRC Press. 2011. P. 3–11.
6. Prestes R.C. Colageno e seus derivados: características e aplicacoes em produtos carneos. *Revista Unopar Cientffica Ciencias Biologicas e da Saúde*. 2013. Vol. 15 (1). P. 65–74.
7. Mocan E., Tagadiuc O., Nacu V. Aspects of Collagen Isolation Procedure. *Clinical Research Studies*. 2011. № 2(320). P. 3–5.
8. Кухарева Л. В. Метод получения коллагена из телячьей шкуры для тканевой инженерии и клеточного культивирования //Л.В. Кухарева, И.И. Шамолина, Е.В. Полевая // *Цитология*. – 2010. – Том 52. – № 7. – Р. 597–602.

9. Kukhareva L. V., Shamolina I. I., Polevaya E. V. Metod polucheniya kollagena iz telyach'yey shkury dlya tkanevoj inzhenerii i kletchnogo kul'tivirovaniya. *Tsitologiya*. 2010. Tom 52. № 7. P. 597–602.
10. Savchuk O., Raksha N., Ostapchenko L., Mokrousova O., Andreyeva O. Extraction and Characterization of Collagen Obtained from Collagen-Containing Wastes of the Leather Industry. *Solid State Phenomena*. 2017. Vol. 267. pp. 172–176.
11. Prestes R.C. Colageno e seus derivados: caracteristicas e aplicagoes em produtos carneos. *Revista Unopar Cientffica Ciencias Biologicas e da Saude*. 2013. Vol. 15 (1). P. 65–74.
12. Almeida P. F., Araujo M. G. O., Santana, J. C. C. Collagen extraction from chicken feet for jelly production. *Acta Scientiarum. Technology*. 2012. Vol. 34(3). P. 345–351.
13. Liu D., Wei G., Li T., Hu J., Lu N., Regenstein, J. M., Zhou, P. Effects of alkaline pretreatments and acid extraction conditions on the acid-soluble collagen from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) skin. *Food Chemistry*. 2015. Vol.172. P. 836–843.
14. Wang L., Liang Q., Chen T., Wang Z., Xu J., Ma H. 2014. Characterization of collagen from the skin of Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*). *Food Hydrocolloids*. Vol. 38. P. 104–109.
15. Mocan E., Tagadiuc O., Nacu V. Aspects of Collagen Isolation Procedure. *Clinical Research Studies*. 2011. № 2(320). P. 3–5.
16. Головтеева А.А. Лабораторный практикум по химии и технологии кожи и меха : учебное пособие для вузов / Головтеева А.А., Куциди Д.А., Санкин Л.Б. – 3-е изд, перераб и доп. – М. : Легпромбытиздат, 1987. – 312 с.

#### References

1. Kanagaraj J., Velappan K. S., Chandra Babuand N. K. , Sadulla S. Solid wastes generation in the leather industry and its utilization for cleaner environment. *Journal of Scientific & Industrial Research* 2006. Vol. 65. pp. 541–548.
2. Istranov L.P. Ispolzovanie kollagensoderzhashego syrya dlya medicinskih i mikrobiologicheskikh celej / L.P. Istranov, L.N. Bondareva // *Lekarstva, sredstva, ekonomika, tehnologiya i perspektivy polucheniya*. – 1969. – № 4. – S. 1–43.
3. Miller E. J. Biomedical and industrial application of collagen in Extracellular Matrix Biochemistry, New York : Elsevier, 1984. R. 41–81.
4. Bhaskar N., Modi V.K., Govindaraju K., Radha C., Lalitha R. G. Utilization of meat industry by products: protein hydrolysate from sheep visceral mass. *Bioresource Technology*. 2007. Vol. 98 (2). P. 388–394.
5. Nollet L. M. L., Toldra F. *Handbook of Analysis of Edible Animal By-Products*. Gent, Belgium: CRC Press. 2011. P. 3–11.
6. Prestes R.C. Colageno e seus derivados: caracteristicas e aplicagoes em produtos carneos. *Revista Unopar Cientffica Ciencias Biologicas e da Saude*. 2013. Vol. 15 (1). P. 65–74.
7. Mocan E., Tagadiuc O., Nacu V. Aspects of Collagen Isolation Procedure. *Clinical Research Studies*. 2011. № 2(320). P. 3–5.
8. Kuhareva L. V. Metod polucheniya kollagena iz telyachej shkury dlya tkanevoj inzhenerii i kletchnogo kultivirovaniya / L.V. Kuhareva, I.I. Shamolina, E.V. Polevaya // *Citologiya*. – 2010. – Tom 52. – № 7. – P. 597–602.
9. Kukhareva L. V., Shamolina I. I., Polevaya E. V. Metod polucheniya kollagena iz telyach'yey shkury dlya tkanevoj inzhenerii i kletchnogo kul'tivirovaniya. *Tsitologiya*. 2010. Tom 52. № 7. P. 597–602.
10. Savchuk O., Raksha N., Ostapchenko L., Mokrousova O., Andreyeva O. Extraction and Characterization of Collagen Obtained from Collagen-Containing Wastes of the Leather Industry. *Solid State Phenomena*. 2017. Vol. 267. pp. 172–176.
11. Prestes R.C. Colageno e seus derivados: caracteristicas e aplicagoes em produtos carneos. *Revista Unopar Cientffica Ciencias Biologicas e da Saude*. 2013. Vol. 15 (1). P. 65–74.
12. Almeida P. F., Araujo M. G. O., Santana, J. C. C. Collagen extraction from chicken feet for jelly production. *Acta Scientiarum. Technology*. 2012. Vol. 34(3). P. 345–351.
13. Liu D., Wei G., Li T., Hu J., Lu N., Regenstein, J. M., Zhou, P. Effects of alkaline pretreatments and acid extraction conditions on the acid-soluble collagen from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) skin. *Food Chemistry*. 2015. Vol.172. P. 836–843.
14. Wang L., Liang Q., Chen T., Wang Z., Xu J., Ma H. 2014. Characterization of collagen from the skin of Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*). *Food Hydrocolloids*. Vol. 38. P. 104–109.
15. Mocan E., Tagadiuc O., Nacu V. Aspects of Collagen Isolation Procedure. *Clinical Research Studies*. 2011. № 2(320). P. 3–5.
16. Golovtееva A.A. *Laboratoryj praktikum po himii i tehnologii kozhi i meha : учебное пособие для вузов / Golovtееva A.A., Kucidi D.A., Sankin L.B.* – 3-е изд, перераб и доп. – М. : Легпромбытиздат, 1987. – 312 с.

Надійшла / Paper received : 26.10.2020

Надрукована/Printed :27.11.2020