

Секція 5. ТОВАРОЗНАВСТВО ТА ЕКСПЕРТИЗА НЕПРОДОВОЛЬЧИХ ТОВАРІВ

УДК 519.8:637.521

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ НАТУРАЛЬНОЇ ШКІРИ

В.О. Захаренко, С.В. Сорокіна, В.О. Акмен

Питання про характер впливу вологи, що міститься в натуральній шкірі, на її електричні властивості (електропровідність, діелектричну проникність, діелектричні втрати) мало досліджені теоретично. Водночас бажано визначити наближені й зручні методи теоретичного оцінювання електричних характеристик. Оскільки колоїдні капілярно-пористі тіла мають складну структуру, що змінюється під час зволоження (унаслідок набрякання), запропонований метод заслуговує на увагу.

Ключові слова: натуральна шкіра, електропровідність, діелектрична проникність, діелектричні втрати, пористість, набрякання, зволоження.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВодНОСТИ НАТУРАЛЬНОЙ КОЖИ

В.А. Захаренко, С.В. Сорокина, В.А. Акмен

Вопросы о характере влияния влаги, содержащейся в натуральной коже, на её электрические свойства (электропроводность, диэлектрическую проницаемость, диэлектрические потери) мало исследованы теоретически. В тоже время желательно определить приближённые и удобные методы теоретической оценки электрических характеристик. Поскольку коллоидные капиллярно-пористые тела обладают сложной структурой, изменяющейся в процессе увлажнения (вследствии набухания), предлагаемый метод заслуживает внимания.

Ключевые слова: натуральная кожа, электропроводность, диэлектрическая проницаемость, диэлектрические потери, пористость, набухание, увлажнение.

TO THE QUESTION OF DETERMINING NATURAL LEATHER ELECTRICAL CONDUCTIVITY

V. Zakharenko, S. Sorokina, V. Akmen

The questions arising in practice and concerning the nature of the influence of moisture contained in natural leather on its electrical properties (electrical resistivity, dielectric constant, dielectric losses) are poorly studied theoretically. At the same time, approximate, but rather simple and convenient methods of theoretical evaluation of electrical characteristics are very desirable.

In this paper, the authors propose the method for calculating electrical resistance of capillary porous bodies on the basis of a capillary model, according to which real bodies are represented as a "bundle of capillaries" of different radii from one surface to the other.

Taking into account the fact that colloidal capillary-porous bodies have a complex structure changing in the process of hydration (due to swelling), the proposed method deserves attention.

We calculated electrical resistance for hard leather samples. Analytical form of the differential function of pores distribution along the radii for these samples was determined earlier. Impregnation of skin with water leads to the appearance of a finite resistance of the sample, which sharply decreases, due to the formation of conductive water bridges between electrodes, which are completely filled with water pores.

The curves of the standard dependences of the "effective" conductivity on the moisture content can be useful for practical assessments of conductivity and resistances of moistened skin samples, in particular for the preliminary calibration of electric moisture meters. The combination of scales along the abscissa axis is a significant drawback of the proposed method for calculating electrical resistivity of damp skin. However, taking into account that colloidal capillary-porous bodies have a complex structure that changes during the process of its moistening (due to swelling), the proposed method deserves attention. It is essential that the shape of the curves for resistance, as well as for conductivity, depends on the method of changing resistance.

Keywords: *natural leather, electrical conductivity, dielectric permeability, dielectric losses, porosity, swelling, moistening.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відомо, що натуральні шкіри мають структуру, що являє собою безліч мікро- та макропор, які протягом експлуатації залишають в собі властивості дихати, проводити вологу, електричні розряди, усихати, набрякати та інші змінні властивості. Залежно від стану поверхні та вмісту води значним чином змінюються показники електропровідності та щільності [1]. Однак у практиці часто виникають питання про характер і закономірність впливу води, яка міститься в шкірі, на її електричні властивості (електроопір, діелектричну проникність, діелектричні

втрати), проте ці дані мало досліджені теоретично і практично. Водночас бажано визначити наближені, але досить прості й зручні методи теоретичного оцінювання електричних характеристик.

Вивчення електричних характеристик обводнених зразків шорстких шкір становить інтерес і у зв'язку із широким застосуванням у шкіряному виробництві електричних методів оцінювання вологовмісту шкіри.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дотепер пориста структура натуральної шкіри ще недостатньо вивчена, особливо в області макропор – це обумовлено, насамперед, відсутністю надійних методів її дослідження. Ряд учених працювали над визначенням кількості пор у заданому інтервалі, аналізом їх характерних і ефективних розмірів, визначали їх ефективну і питому поверхню, здатність сумішувати різні властивості тощо [2].

На сьогодні встановлено низку механізмів, що визначають різні експлуатаційні властивості шкіри, розроблено функцію розподілу пор за розмірами, як в області макро-, так і мікропор, оскільки механізми переносу вологи в цих областях істотно різні і визначають різні експлуатаційні властивості шкіри. Крім того, вивчено ступінь гідрофільності зразків шкіри, тобто величина об'єму води, що впроваджується в одиницю об'єму сухої речовини шкіри, що визначає основні її гігієнічні властивості (гігроскопічність, паропроникність). Вивчено також зміну пористої структури натуральної шкіри в процесі вироблення, що веде до зміни її експлуатаційних властивостей. Розроблено зразки штучної шкіри, що по своїм гігієнічним показникам наближаються до натуральної [3; 4].

При цьому питання щодо теоретичних і практичних методів визначення електропровідності натуральної шкіри мало обговорені й представлені в науковій літературі.

Мета роботи – розробити та представити теоретичні розрахунки й дослідження методу визначення електропровідності натуральної шкіри як капілярно-пористого тіла на основі ідеалізованої моделі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для розробки методу розрахунку електричного опору колоїдних капілярно-пористих тіл необхідно було обрати ідеалізовану модель, згідно з якою реальні об'єкти представлені у вигляді «зв'язки капілярів» різних радіусів, що йдуть від однієї поверхні до іншої.

Тому на першому етапі роботи необхідно було провести відбір та визначення необхідних характеристик ідеалізованої моделі. Установлено, що однією з найбільш важливих характеристик такої

моделі є функція розподілу пор за радіусами. З огляду на те, що під час зволоження колоїдних капілярно-пористих тіл відбувається набрякання, яке призводить до небажаної зміни радіусів пор, то диференціальна функція розподілу пор за радіусами вводиться в такий спосіб [1]:

$$f(r) = \frac{dS}{S_n dr}, \quad (1)$$

де d – площа, зайнята порами з радіусами від r до $r + dr$;

S_n – загальна площа пор.

Таке введення $f(r)$ приводить до того, що під час набрякання колоїдних капілярно-пористих тіл характер функції розподілу пор за радіусами не змінюється, а відбувається зрушення всієї кривої в бік менших радіусів, що дозволяє розрахувати електричний опір тіл, якщо $f(r)$ відома в явному вигляді. Розрахунок електричного опору зроблено нами для зразків шорстких шкір; аналітичний вигляд диференціальної функції розподілу пор за радіусами для цих зразків був визначений нами раніше [4].

Для проведення розрахунку уявляємо шкіру як масу сухої речовини, що пронизана циліндричними наскрізними капілярами (порами) різних радіусів [5].

Швидкість піднімання рідини в одиничному капілярі без урахування сили ваги ($r \sim 10^{-6}$ м) дорівнює:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{\sigma \cdot r \cos \theta}{4\eta l}, \quad (2)$$

де σ – коефіцієнт поверхневого натягу; l – довжина водяного стовпчика в капілярі; η – коефіцієнт в'язкості; θ – кут змочування.

Після інтегрування (2) отримаємо

$$l = \sqrt{2c_1 r t}, \quad (3)$$

де $c_1 = \frac{\sigma \cdot \cos \theta}{4\eta}$ – стала для цього зразка.

Із формули (3) видно, що великі пори шкіри заповнюються водою швидше ніж дрібні. У кожний момент часу t існує такий радіус пор r_m , що пори з $r > r_m$ заповнюються повністю, а пори з $r < r_m$ –

частково. Величина r_m визначається з умови $l = d$, де d – товщина зразка. З урахуванням (3) отримаємо:

$$r_m = \frac{d^2}{2c_1 t} \quad (4)$$

Уведемо тепер поняття вологовмісту:

$$W = \frac{P - P_c}{P_c}, \quad (5)$$

де P_c , P – вага сухого й зволоженого зразка відповідно. За допомогою нескладних перетворень величину W можна виразити через диференціальну функцію розподілу пор за радіусами $f(r)$:

$$W = \frac{\rho_B}{\rho_C} \frac{m}{1-m} \left(\frac{1}{\sqrt{r_m}} I_1 + I_2 \right) \quad (6)$$

$$I_1 = \int_{r_0}^m \sqrt{r} f(r) dr, \quad I_2 = \int_{r_m}^{\infty} f(r) dr$$

Тут ρ_B і ρ_C – густина води й сухої речовини відповідно; m – пористість зразка, що дорівнює відношенню об'єму пор до об'єму зразка; r_0 – мінімальне значення радіусів пор. Інтеграли I_1 і I_2 обчислювалися графічним шляхом за відомою залежністю:

$$f(r) = \frac{a}{r^2} \exp \frac{\sigma}{r}, \quad (7)$$

де a , σ – сталі величини.

Їхні значення при деяких радіусах пор наведено в таблиці.

Таблиця

Значення інтегралів I_1 , I_2 і вологовмісту за різних r_m і W

r_m , МКМ	$I_1/\sqrt{r_m}$	I_2	W			
			$m = 0,2$	$m = 0,3$	$m = 0,4$	$m = 0,5$
1	2	3	4	5	6	7
4,0	0,40	0,04	0,060	0,13	0,21	0,31
2,0	0,54	0,10	0,115	0,19	0,30	0,45

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7
1,0	0,57	0,27	0,150	0,25	0,40	0,59
0,7	0,44	0,47	0,160	0,27	0,43	0,64
0,5	6,00	1,00	0,180	0,30	0,47	0,70

Відзначимо, що величина $1/r_m$ пропорційна часу просочення t , що свідчить про можливість зіставлення теоретичних кривих $W(1/r_m)$ і експериментальних $W(t)$. За досить малих значень часу t другим доданком у правій частині рівняння (5) можна знехтувати, тоді $W \sim \sqrt{t}$.

Ця залежність за малих значень часу виконується для всіх пористих тіл, що неодноразово відзначалося в літературі [6].

Розглянемо тепер зразок шкіри, розміщений між двома плоскими електродами, площа яких дорівнює площі зразка. Якщо зразок сухий ($W = 0$), то його опір майже дорівнюватиме $R = \infty$ (суха речовина шкіри є діелектриком із діелектричною проникністю $\epsilon = 2$). Просочення шкіри водою приводить до появи кінцевого опору зразка, який різко зменшується внаслідок утворення провідних водяних «містків» між електродами, що являють собою повністю заповнені пори.

Площа S , зайнята цими порами, є площею провідника, що утворився, і обчислюється, відповідно до визначення $f(r)$, за формулою:

$$S = S_p \int_{r_m}^{\infty} f(r) dr = S_0 m I_2 \quad (8)$$

де S_0 – площа зразка.

З урахуванням (7) опір зволоженого зразка шкіри можна обчислити за формулою

$$R = \frac{\gamma d}{S_0 m I_2} \quad (9)$$

де γ – питомий опір води в порах.

Для спрощення розрахунків уведемо ефективну провідність зразків:

$$\sigma_0 = \frac{d}{R S_0} \quad (10)$$

Тоді із (7) і (8) отримаємо

$$\sigma_0 = \frac{mI_2}{\gamma} \quad (11)$$

Відповідно до формули (10), для обчислення залежності $\sigma_{\text{про}}(1/r_m)$ досить знати пористість зразка й питомий опір води. Для порівняння з експериментальними залежностями $\sigma_0(t)$ необхідно знайти величину r_m (формула (4)). Це можна зробити відповідним вибором масштабу на графіках $\sigma_0(1/r_m)$ (теоретичний) і $\sigma_0(t)$ (експериментальний), при якому теоретичні й експериментальні криві повністю збігаються. Слід відзначити, що під час набрякання відбувається зрушення $f(r)$ у бік мікропор, це позначається на змочуванні зразків $\cos\theta$, що входить у постійну c_1 (формула (3)), тобто змочування буде набагато зниженим.

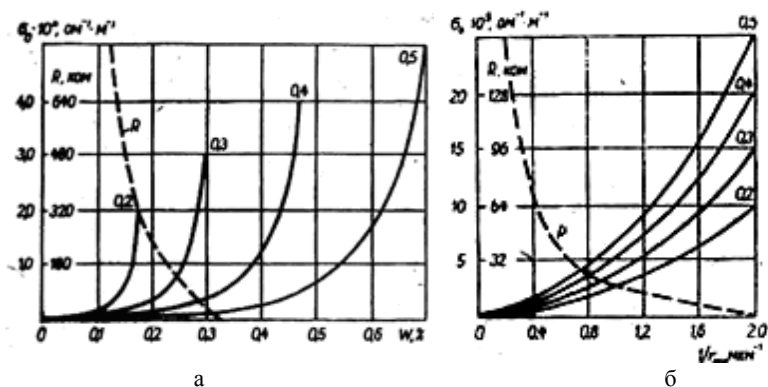


Рис. 1. Залежність провідності за різних значень пористості від:
а – $1/r_m$; б – вологовмісту (W)

На рис. 1 показано криві $\sigma_{\text{про}}(1/r_m)$, отримані при $\gamma = 10^4$ ом·м і різних значеннях пористості. Для вибраного значення γ криві є стандартними через стандартність функції $f(r)$ і зручні для практичних оцінок. На цьому ж графіку пунктирною лінією показана залежність $R(1/r_m)$, обчислена при $m = 0,3$, площі зразка $S_0 = 40$ см² і товщині $d = 3$ мм (типові розміри зразків у наших експериментах).

Криві стандартних залежностей ефективної провідності від вологовмісту W (рис. 1) можуть виявитися корисними для практичних оцінок провідності опорів зволжених зразків шкіри, зокрема для попереднього градування електровологомірів.

Результати виміру «ефективної» провідності σ_0 і вологовмісту W залежно від часу для зразків синтанного ($m = 0,42$) і хром-рослинного ($m = 0,34$) видів дублення дпо дано на рис. 2.

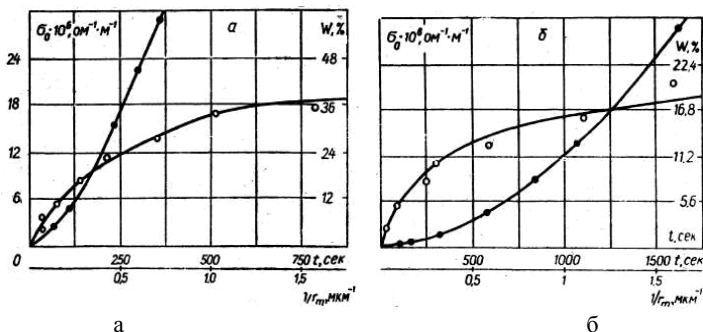


Рис. 2. Співставлення провідності і вологовмісту від $1/r_m$ і часу t : а – синтанне дублення; б – змішане дублення

Збіг осей $1/r_m$ і t привів до збігу теоретичних експериментальних кривих, тобто теоретичні залежності $W(t)$ і $\sigma_{\text{пдо}}(t)$ добре збігаються з ходом експериментальних кривих. Для зразків, що застосовувалися в роботі, це сполучення досягається при $d/2c_1 = 10^3$ мс та $d/2c_1 = 10^3$ мс.

Природно, що таке сполучення масштабів по осі абсцис є істотним недоліком запропонованого методу розрахунку електроопору вологій шкіри. Однак через те, що колоїдні капілярно-пористі тіла мають складну структуру, що змінюється під час зволоження (унаслідок набрякання), запропонований метод заслуговує на увагу. Слід відзначити, що вигляд кривих $R(t)$ та $\sigma_0(t)$ залежить від способу виміру опору. А.Ф. Мигляченко [6] для вимірювання застосовував голчасті електроди замість плоских. При цьому спостерігався більш різкий спад опору зі зростанням вологовмісту й, отже, більш швидке збільшення провідності, ніж зображено на рис. 3.

Проведені нами вимірювання за допомогою голчастих електродів підтверджують результати роботи. Очевидно, у разі застосування голчастих електродів запропонований вище метод розрахунку величин R і σ_0 непридатний. Зміна R обумовлюється, очевидно, не об'ємним заповненням зразка водою, а змочуванням його поверхні, тобто вимірюється поверхневий, а не об'ємний опір зразка. У разі вимірювання R за допомогою голчастих електродів результати можна узагальнити за допомогою відомої формули Арчі [1]:

$$R = R_0 W^n, \quad (12)$$

де n – деяка стала.

Очевидно, що в цьому випадку не можна отримати стандартні криві $\sigma_n(W)$, оскільки провідність значною мірою залежить від стану поверхні зразка.

Висновки. Таким чином, запропонований метод визначення електропровідності натуральних шкір шляхом розрахунку електричного опору колоїдних капілярно-пористих тіл на основі представлення реальних об'єктів у вигляді «зв'язки капілярів» різних радіусів є доцільним, особливо у випадках де провідність значно залежить від стану поверхні шкіри і стандартні вимірювання та графіки не можуть дати достовірні дані.

Список джерел інформації / References

1. Коган В. Г. Модельное представление капиллярно-пористых тел / В. Г. Коган, В. А. Лавровский // Коллоидный журнал. – 1965. – Т. 27, № 3. – С. 31–35.

Kogan, V.G., Lavrovskii, V.A., (1965), “Model representation of capillary and porous bodies”, [“Model'noe predstavlenie kapillyarno-poristykh tel, Kolloidnyi zhurnal”], *Colloidal magazine*, Vol. 27, No. 3, pp. 31-35.

2. Вплив спільної дії ферментних препаратів і активованих розчинів на вологообмінні властивості натуральної шкіри / [Д. В. Стаценко, О. О. Романюк, О. А. Матвієнко та ін.] // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2013. – № 1. – С. 123–127.

Statsenko, D.V., Romanyuk, O.O., Matviyenko, O.A., Matselyukh, O.V., Varbanets, L.D., (2013), “Influence of joint effect of fermental medicines and the activated solutions on vologoobmenny properties of genuine leather” [“Vplyv spilnoyi diyi fermentnykh preparativ i aktyvovanykh rozchyniv na vologoobminni vlastyvoli natural'noyi shkiry”], *Visnyk Kyivsk'oho natsional'noho universytetu tekhnolohiy ta dizaynu*, No.1, pp. 123-127.

3. Данилкович А. Г. Інноваційні технології виробництва шкіряних і хутрових матеріалів та виробів : монографія / А. Г. Данилкович, І. М. Грищенко, В. І. Ліщук. – К. : Фенікс, 2012. – 344 с.

Danylkovich, A.H., Hryshchenko, I.M., Lishchuk, V.I., (2012), *Innovative production technologies of leather and fur materials and products [Innovatsiyni tekhnolohiyi vyrobnytstva shkiryanykh i khutrovykh materialiv ta vyrobiv]*, Phoenix, Kiev, 344 p.

4. Захаренко В. О. Відновлення розподілу пор в шкіряних виробках / В. О. Захаренко, О. Г. Д'яков, Ж. В. Воронцова // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / відпов. ред. О. І. Черевко. – Харків : ХДУХТ, 2015. – Вип. 1(21). – С. 479–487.

Zakharenko, V.O., D'yakov, O.H., Vorontsova, Zh.V., (2015), “Restoration of distribution of a time in leather products” [“Vidnovlennya rozpodilu por u

shkiryanykh vyrobakh”], *Progressive the equipment and technologies of food productions of restaurant economy and trade: Collection of scientific KhDATOKh*, Kharkov, Vol. 1(21), pp. 479-487.

5. Захаренко В. О. Автоматизована система виміру розподілу пор у шкіряних виробках / В. О. Захаренко, О. Г. Д’яков, Ж. В. Воронцова // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / відпов. ред. О. І. Черевко. – Харків : ХДУХТ, 2014. – Вип. 2 (20). – С. 407–417.

Zakharenko, V.O., D’yakov, O.H., Vorontsova, Zh.V., (2014), "The automated system of measurement of distribution of a time in leather products" ["Avtomatyzovana sistema vymiru rozpodilu por u shkiryanykh vyrobakh"], *Progressive the equipment and technologies of food productions of restaurant economy and trade: Collection of scientific KhDATOKh*, Kharkiv, Vol. 2 (21), pp. 407-417.

6. Шейдеггер А. Э. Физика течения жидкостей через пористые среды / А. Э. Шейдеггер. – М. : Мир, 1990. – 249 с.

Sheidegger, A.E. (1990), *Physics of a current of liquids through porous environments* [*Fizika techeniya zhidkosti cherez poristye sredy*], Moscow, pp. 248-251.

Захаренко Віталій Олександрович, д-р техн. наук, проф., факультет товарознавства і торговельного підприємництва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-60, 0974654693.

Захаренко Виталий Александрович, д-р техн. наук, проф., факультет товароведения и торгового предпринимательства, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-60, 0974654693.

Zakharenko Vitaly, faculty of merchandizing and trade business, Dr. of Technical Sciences, Professor, Kharkiv State University of Feed and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-60, 0974654693.

Сорокіна Світлана Вікторівна, канд. техн. наук, доц., факультет товарознавства і торговельного підприємництва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-60, 0502638075; e-mail: 19721980@mail.ru.

Сорокина Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доц., факультет товароведения и торгового предпринимательства, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-60, 0502638075; e-mail: 19721980@mail.ru.

Sorokina Svetlana, faculty of merchandizing and trade business, PhD, Associate Professor, Kharkiv State University of Feed and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-60, 0502638075; e-mail: 19721980@mail.ru.

Акмен Вікторія Олександрівна, канд. техн. наук, доц., факультет товарознавства і торговельного підприємництва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-60, 0937893177; e-mail: 19721980@ukr.net.

Акмен Виктория Александровна, канд. техн. наук, доц., факультет товароведения и торгового предпринимательства, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-60, 0937893177; e-mail: 19721980@ukr.net.

Akmen Vyktoorya, faculty of merchandizing and trade business, Associate Professor, Kharkiv State University of Feed and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-60, 0937893177; e-mail: 19721980@ukr.net.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.

Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.

DOI: 10.5281/zenodo.1108646

УДК 633/635.002.5

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА КОЛІР РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

**А.А. Дубініна, Т.В. Щербакова, Ю.М. Хацкевич,
С.О. Ленерт, А.О. Борисова**

Метою роботи є аналіз літературних даних про вплив різноманітних технологічних чинників на колір рослинної сировини під час її переробки. Подано загальну характеристику природних барвників – хлорофілів, каротиноїдів і речовин фенольної природи. Установлено, що за будовою хлорофіли а і b є похідними піролу. Каротиноїди з хімічної точки зору належать до полієнів із протяжною системою кон'югованих подвійних зв'язків. Усі природні флавоноїди є О-гетероциклічними сполуками, структурну основу яких складає трициклічна молекула флавону або флавану. Наведено огляд літературних даних про вплив на колір рослинної сировини таких технологічних чинників: світла, рН середовища, високої температури, активного кисню повітря, вмісту йонів металів. Проаналізовано зміну забарвлення рослинних пігментів за різних умов. Зроблено висновок про доцільність урахування наведених вище даних під час вибору оптимальних параметрів технологічного процесу переробки рослинної сировини.

***Ключові слова:** природні барвники, хлорофіли, каротиноїди, речовини фенольної природи, хлорофіли а і b, Си-хлорофілін, феофітини а і b, кароти,*