UDC 615.451.1:665.944.58 **DOI: 10.58407/bht.3.24.10**

Copyright (c) 2024 Yuliya Voronina-Tuzovskykh, Oleksandr Mikulenko, Olena Bondar, Iryna Kurmakova, Oleksij Pleshakov
Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Юлія Вороніна-Тузовських, Олександр Мікуленко,
Олена Бондар, Ірина Курмакова, Олексій Плєшаков

ХІМІЧНИЙ СКЛАД МАЦЕРАТУ НА ОСНОВІ БУРШТИНУ: МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

Yuliya Voronina-Tuzovskykh, Oleksandr Mikulenko,
Olena Bondar, Iryna Kurmakova, Oleksij Pleshakov

CHEMICAL COMPOSITION OF AMBER-BASED MACERATE: METHODS OF ANALYSIS AND RESULTS

АНОТАЦІЯ

Мета статті. Дослідити хімічний склад комплексу-мацерату на основі бурштину (TM IL SAV AMBER) методами якісного та кількісного аналізу. Провести елементний аналіз органічних і неорганічних компонентів зазначеного комплексу, а також визначити вміст бурштинової кислоти та вітамінів з метою оцінки перспективності використання в якості сировини для косметичного та фармацевтичного виробництва.

Методологія. Вміст карбону, гідрогену, нітрогену, сульфуру, оксигену в органічній частині комплексу-мацерату визначали загальноприйнятими методами кількісного аналізу (гравіметрія, титриметрія, метод К'єльдаля, метод Ешка). Масову частку золи – за втратою маси при згоранні в атмосфері повітря органічних компонентів за температури 550 °С. Елементний склад неорганічної частини досліджували рентгено-флюорисцентним методом на аналізаторі EXPERT 3L; вітаміни та бурштинову кислоту – за допомогою рідинного хроматографа Hewlett-Packard HP 1100. Кислотное число та пероксидне число комплексу-мацерату визначали титриметричним методом (титрант розчин натрій гідроксиду та розчин тіосульфату відповідно); йодне – методом рефрактометрії; масову частку вологи - методом висушування до постійної маси (арбітражний метод). Проведено порівняння одержаних загальних показників з відповідними показниками жирних харчових олій.

Наукова новизна. Визначення складу (елементний та композиційний) комплесу-мацерату на основі бурштину та оцінці перспективності його використання в якості сировини для одержання нових фармацевтичних та косметичних препаратів.

Висновки. Результати якісного та кількісного аналізу визначення основного складу комплексу мацерату на основі бурштину узгоджуються з літературними даними щодо складу бурштину; наявність таких вітамінів як А, Е, К, F, PP, D та групи вітамінів В і елементний склад вказують на перспективність використання комплексу в косметичній та фармацевтичній галузі.

Ключові слова: комплекс-мацерат на основі бурштину, хімічний склад, бурштинова кислота, вітаміни А, Е, К, косметичне виробництво, фармацевтична сировина

ABSTRACT

Purpose of the work. To investigate the chemical composition of the amber-based complex-macerate (TM IL SAV AMBER) by qualitative and quantitative analysis. To carry out elemental analysis of organic and inorganic components, as well as the content of succinic acid and vitamins in order to identify the potential as a raw material for cosmetic and pharmaceutical production.

Methodology. The content of carbon, hydrogen, nitrogen, sulphur and oxygen in the organic part of the macerate complex was determined by conventional methods of quantitative analysis. The mass fraction of ash was determined by the mass loss during combustion of organic components in the air atmosphere at a temperature of 550°C. The elemental composition of the inorganic part was determined by the X-ray fluorescence method using an EXPERT 3L analyzer; vitamins and succinic acid were determined using a liquid chromatograph Hewlett-Packard HP 1100. The acid number and peroxide number of the complex-macerate was determined by the titrimetric method (titrant sodium hydroxide solution and thiosulfate solution, respectively); iodine number – by refractometry; mass fraction of moisture – by drying to constant weight (arbitration method). The obtained general indicators were compared with the corresponding indicators of fatty edible oils.

Scientific novelty. The composition (elemental and composition) of the amber-based complex-macerate is determined and the prospects of its use as a raw material for the production of new pharmaceutical and cosmetic preparations are presented.

Conclusions. The results of qualitative and quantitative analysis of the determination of the basic composition of the amber-based macerate complex are consistent with the literature data on the composition of amber; the presence of such vitamins as A, E, K, F, PP, D and vitamins of B complex group and elemental composition indicate the prospects of using the complex in the cosmetic and pharmaceutical industries.

Key words: complex-macerate based on amber, chemical composition, succinic acid, vitamins A, E, K, cosmetic production, pharmaceutical raw materials

Постановка проблеми

Актуальність роботи. Макро-, мікроелементи та вітаміни, виконують безліч найважливіших функцій в організмі людини. При цьому безпосередньо в ньому синтезується лише кілька вітамінів, в тому числі D, A (ретинол з бета-каротину), K, B3 і B5, а мінерали не синтезуються взагалі (Pohorelov et al., 2017). Основна частина корисних речовин має надходити з їжею, а за потреби – з аптечними вітамінно-мінеральними комплексами (ВМК). Без достатньої кількості вітамінів і мінералів людський організм повноцінно функціонувати не може (Bedzai, 2019). Вітаміни беруть участь переважно в обміні речовин, мінерали – у всіх біохімічних процесах організму людини. Це необхідна складова всіх органів і тканин, без них неможливе правильне згортання крові, м'язові скорочення, повноцінне перетравлення їжі, нормальний серцевий ритм, загоєння ран, високий життєвий тонус, гарне загальне самопочуття, нейронна провідність, нормальний кислотно-лужний баланс та ін. (Gorobets, 2019). Мінерали входять в склад будови багатьох ферментів і гормонів, що регулюють клітинну активність. Крім макро- і мікроелементів в людському організмі присутні також ультрамікроелементи: хром, ванадій, барій, літій, срібло та ін (Pohorielov et al., 2010). Нормальна концентрація ультрамікроелементів нижче 0,0001 %, але їх наявність дуже важлива (Bedzai, 2019).

У зв'язку з цим існує потреба розробки нових різноманітних препаратів для косметичної та фармацевтичної галузі, і насамперед пошуку і комплексного дослідження якісної природної сировини багатої макро-, мікро-, ультрамікроелементами та вітамінами. В цьому плані актуальним є дослідження бурштину, як багатокомпонентної природної суміші біологічно-активних речовин (Mironov et al., 2017).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основним напрямом використання бурштину (викопна скам'яніла смола) є ювелірно-виробна галузь, при цьому середні, дрібні фракції бурштину та відходи від виробного та пресованого бурштину є цінною сировиною хімічної, фармацевтичної та парфумерної галузей (Kovalevich, 2007). Тому бурштин, як багатокомпонентна сировина, привертає увагу багатьох авторів і досліджується різноманітними методами, зокрема: раманівська спектроскопія, ІЧ-спектроскопія, тонкошарова хроматографія, мас-спектрометрія, диференціальний термічний аналіз (Byelichenko & Gayevskij, 2012). Аналіз пасти-абразиву одержаного з бурштину наведено в праці Voronina-Tuzovskykh et al. (2023).

Запропоновано ряд методик визначення вмісту бурштинової кислоти, зокрема методом прямого титрування натрій гідроксидом (Chornyi et al, 2020). Для бурштинової кислоти встановлено ряд важливих біологічних активностей: виявляє значний гальмуючий вплив на посилення процесів перекісного окислення ліпідів, знижуючи рівень ТБК-активних продуктів та підвищуючи рівень відновленого глутатіона у сироватці крові, печінці, матці та плаценти щурів за умов тетрахлорметанової плацентарної недостатності (Kudina & Asadullayeva, 2019). Авторами (Lisenko & Palchevska, 2020) та (Palchevska et al., 2020) запропоновані лікарські засоби на основі бурштинової кислоти та етилметилгідроксипіридину сукцинат. В роботі Stepanova et al. (2011) показано застосування бурштинової кислоти у педіатрії для корекції порушень функціонування піруватдегідроденазної активності мітохондрій у дітей.

Комплекси-мацерати, одержані на основі олії та бурштинової пудри абразиву, можуть бути перспективною сировиною для фармацевтичної промисловості. Але їх вико-

ристання передбачає детальне вивчення складу та визначення елементного складу, вмісту буршинової кислоти, вітамінів, мікро- та макроелементів.

Метою роботи було проведення якісного та кількісного аналізу для визначення хімічного складу комплексу-мацерату на основі бурштину (ТМ IL SAV AMBER), як перспективної сировини косметичного та фармацевтичного виробництва.

Методологія

Досліджували зразки комплексу-мацерату на основі бурштину ТМ IL SAV AMBER.

1. Визначення загальних фізико-хімічних показників.

Визначення масової частки вологи проводили методом висушування наважки до постійної маси (арбітражний метод) при температурі 100-105 °С.

Масову частку золи визначали за втратою маси при згоранні в атмосфері повітря органічних компонентів за температури 550 °С (1 година), відповідно до методики EN 15403 «Solid recovered fuels – Determination of ash content», та додаткового прожарювання золи при температурі 815 °С (2 години) відповідно до – ISO 1171 «Solid mineral fuels – Determination of ash».

Показник заломлення вимірювали рефрактометром RND-025ATC, густину – ареометром.

Для визначення кислотного числа в конічну колбу на 200 см^3 поміщали наважку 3-5 г досліджуваного комплексу, додавали 50 см^3 нейтралізованої суміші етанолу й етилового ефіру (1:2) і перемішували. Титрували пробу 0,1М спиртовим розчином натрій гідроксиду за присутності 1 % спиртового розчину фенолфталеїну. Кислотне число (мг/г комплексу) розраховували за формулою (1):

$$К.ч. = \frac{5,61 \cdot К \cdot V}{m}, \qquad (1)$$

де 5,61 – кількість NaOH, що міститься в 1 см^3 0,1М розчину;

К – поправочний коефіцієнт;

V – об'єм 0,1М NaOH, що використаний на нейтралізацію вільних жирних кислот у наважці, см^3;

m – маса наважки комплексу-мацерату, г.

Йодне число комплексу-мацерату визначали методом рефрактометрії. (рефрактометр ИРФ-454Б2М; температура 20 ± 0,2 °С). Значення йодного числа (в г/100 г) обчислювали за формулою (2):

$$Й.ч. = \frac{(n_D^{20} - 1,4595) \cdot 100}{0,0118} \qquad (2)$$

Пероксидне число визначали титруванням тіосульфатом вільного йоду, що виділявся при окисненні калій йодиду пероксидними групами, що містяться в 1 г комплексу-мацерату.

2. Встановлення складу органічної частини. Вміст карбону, гідрогену, нітрогену, сульфуру, оксигену у зразках визначали загальноприйнятими методами кількісного аналізу (Seheda, 2003). Масову частку карбону та гідрогену визначали за результатами гравіметричного аналізу. Для цього здійснювали повне спалювання наважки у швидкому потоці кисню (180-200 см^3/хв) за присутності твердого окисника та за умови просування човника з наважкою у зоні нагріву назустріч току кисню.

Масову частку нітрогену визначали напівмікрометодом К'єльдаля. Для цього пробу певної маси нагрівали з концентрованою сульфатною кислотою за присутності змішаного каталізатора для перетворення нітрогену в амонійну форму. Одержаний розчин підлужували, та відганяли з паром аміак, який поглинали борною кислотою. Розрахунок проводили за кількістю поглинутого NH_3, після титрування сульфатною кислотою.

Масову частку сульфуру визначали за методом Ешка: аналітичну пробу разом з сумішшю Ешка спалювали в окислювальному середовищі для видалення горючої маси і перетворення сульфуру в сульфат; сульфати екстрагували розчином хлоридної кислоти. Пробу для порівняння екстрагували водою, і визначали гравіметричним способом після осадження хлоридом барію.

Визначення масової частки оксигену проводили методом термічного розкладання наважки в потоці інертного газу. При цьому оксиген кількісно виділявся у вигляді води та оксигеновмісних сполук, які відновлялися над розжареною гранульованою сажею при температурі 1100-1170 °С до CO і H_2. Карбон(II) оксид кількісно окиснювали до вуглекислого газу, і визначали грави-

метрично. Паралельно проводили титриметричне визначення для відтворюваності результатів, оскільки при піролізі оксиген мінеральних речовин також виділяється у вигляді карбон(IV) оксиду і води.

3. *Елементний склад неорганічної частини* комплексу-мацерату визначали рентгенофлюорисцентним методом на аналізаторі EXPERT 3L. Для одержання розчинної фракції застосовували систему розчинників: вода, етиловий спирт та диметилформамід. Екстрагували 3 години при температурі (70 – 100 °С): спирт (65 – 70 °С), вода, ДМФА (100 °С).

4. *Визначення вмісту специфічних сполук.* Бурштинову кислоту та вітаміни кількісно визначали за допомогою рідинного хроматографа (Hewlett-Packard HP 1100) із флуоресцентним та діодно-матричним детекторами (обернено-фазова колонка Hypersil MOS діаметром 2,1 мм, довжина 200 мм). Умови хроматографування: мобільна фаза ацетонітрил: вода (70:80), швидкість потоку 0,4 мл/хв, температура – 40 °С. Детектор флуоресцентний, довжина хвилі збудження 295 нм, поглинання 330 нм. Градуювальні розчини вітамінів готували із вихідного розчину в метанолі і аналізували за тих самих умов, що й зразки. Стандарти вітамінів – чисті речовини виробництва фірми Supelco; реактиви виробництва фірм Aldrich та Fluka. Кількісне визначення проводили за площею піків.

Статистичну обробку всіх результатів (3–6 вимірювань) проводили з використанням програми Microsoft Excel. Розраховували середнє арифметичне та стандартне квадратичне відхилення.

Результати дослідження

Загальні показники комплексу-мацерату наведені у табл. 1. Їх значення відповідають стандартним межам показників жирних харчових олій, зокрема гранична допустима норма кислотного числа в мг/г для кукурудзяної нерафінованої олії становить 5, для нерафінованої соняшникової олії І сорту – 2,25 (ДСТУ EN ISO 660:2009; ДСТУ 4570:2006). Йодне число та пероксидне число мають значення практично на рівні верхній межі для соняшникової олії – 145 г/100 г та 4,8 ммоль/кг відповідно. Це відкриває можливість застосування дослідженого комплексу-мацерату не лише для розробки препаратів зовнішнього, а й для внутрішнього застосування.

Таблиця 1

Загальні показники комплексу-мацерату на основі бурштину

Показник	Одиниці вимірювання	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Середнє значення
Волога	%	0,81	0,83	0,82	0,82±0,01
Леткі речовини	%	0,71	0,73	0,69	0,71±0,02
Густина	г/см^3	1,07	1, 09	1,08	1,08±0,01
Зола	%	0,72	0,76	0,74	0,74±0,02
Показник заломлення	–	1,508	1,528	1,512	1,516±0,01
Кислотне число	мг/г	2,91	2,83	2,84	2,86±0,04
Пероксидне число	ммоль/кг	5,32	5,28	5,30	5,30±0,02
Йодне число	г/100г	158	156	157	157±1
Неомильні речовини	%	2,68	2,71	2,41	2,60±0,17

Результати дослідження елементного складу органічної частини комплексу-мацерату представлені у табл. 2. Одержані дані відповідають складу бурштину, який згідно (Voronina et al., 2000) містить біля 80 % карбону, 10 % гідрогену, 8 % оксигену, незначну кількість нітрогену, сульфуру та золи. Слід зазначити, що визначення елементного складу важливо для розрахунку складу препаратів, які можуть бути створені з використанням даної сировини, та для контролю її якості.

Наступним етапом дослідження було визначення вмісту вітамінів у складі комплексу-мацерату (табл. 3).

Таблиця 2

Елементний склад органічної частини комплексу-мацерату

Проба	Кількість елементів у зразку із врахуванням золи, мас. %				
	C	N	H	S	O
№ 1	80,2	0,38	9,8	2,02	8,6
№ 2	81,9	0,43	10,0	1,92	8,9
№ 3	80,1	0,41	10,3	1,90	8,8
№ 4	80,6	0,39	10,0	1,87	8,7
№ 5	82,0	0,41	9,9	2,03	8,9
№ 6	80,6	0,43	10,0	1,90	8,9
Середнє значення	80,9±0,84	0,41±0,02	10,0±0,17	1,94±0,07	8,8±0,13

Таблиця 3

Вміст вітамінів в складі комплексу-мацерату на основі бурштину

Вітамін	Кількість вітамінів (мг/100г) у відповідній пробі						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Середнє значення
B2	0,83	0,82	0,79	0,83	0,81	0,84	0,82±0,02
B4	0,08	0,10	0,10	0,11	0,09	0,12	0,10±0,01
B6	0,18	0,20	0,22	0,20	0,20	0,22	0,20±0,02
E	54,46	55,01	55,12	55,08	55,42	55,51	55,10±0,37
K	1,87	1,85	1,80	1,86	1,83	1,82	1,84±0,03
F	0,11	0,09	0,09	0,10	0,11	0,10	0,10±0,01
PP	2,29	2,35	2,38	2,41	2,40	2,27	2,35±0,06
D	1,01	1,03	1,02	1,01	1,04	1,01	1,02±0,01
A	7,64	7,67	7,66	7,65	7,63	7,65	7,65±0,01

Встановлено, що серед наявних найбільша кількість вітаміну Е (токоферол), який є жиророзчинним вітаміном, що виявляє антиоксидантну і радіопротекторну дію, бере участь у біосинтезі гема і білків, проліферації клітин та інших найважливіших процесах клітинного метаболізму (Voronina et al., 2000). На другому місті за кількістю – вітамін А, який має загальнозміцнювальну дію, нормалізує тканинний обмін; на третьому – вітамін РР (нікотинова кислота), який є водорозчинним та необхідний для багатьох реакцій окиснення у живих клітинах. Інших вітамінів міститься від 0,1 до 1,84 мг/100 г. Слід зазначити, що визначені значення кількості вітамінів відповідають стандартним межам показників жирних харчових олій. Це дає можливість планування подальших розробок та досліджень засобів при застосуванні в косметології та лікуванні різних патологічних станів, а також імовірність застосування комплексу-мацерату в лікувальному харчуванні.

Результати визначення вмісту бурштинової кислоти представлені у табл. 4. Кількісний показник 1,33 % дещо менше за вміст зазначеної кислоти у бурштині – 6-8 % (Bielichenko & Haievskyi, 2012). При цьому він достатній для використання комплексу-мацерату для створення препаратів для вирішення проблеми дефіциту бурштинової кислоти в організмі, роль якої забезпечувати клітини киснем, підвищувати працездатність, зміцнювати імунітет (Kryvonosova & Ziuzia, 2017). Препарати з бурштиновою кислотою мають детоксикаційну дію, показані при фізичних та розумових навантаженнях.

Таблиця 4

Вміст бурштинової кислоти у складі комплексу-мацерату

	Кількість бурштинової кислоти у відповідній пробі						
Проба	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Середнє значення
%	1,31	1,33	1,35	1,34	1,33	1,32	1,33±0,01

Елементний склад неорганічної частини комплексу-мацерату наведено у табл. 5. Він вказує на те, що досліджений комплекс є джерелом макро-, мікро- та ультрамікроелементів. Особливо важливим (Pohorelov et al., 2017) є наявність цинку (нормалізація роботи гормонів), феруму (стимуляція функції кровотворних органів), кальцію (активність нервової системи та ін.), йоду (функціонування щитоподібної залози).

Таблиця 5

Елементний склад неорганічної частини комплексу-мацерату

Елемент	Кількість елементів (мг/100г) у відповідній пробі						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Середнє значення
Al	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04	0,03±0,01
Ca	1,05	1,07	1,04	1,04	1,09	1,07	1,06±0,02
Fe	0,97	1,00	0,95	0,98	0,96	0,98	0,97±0,02
Si	0,22	0,20	0,21	0,21	0,22	0,20	0,21±0,01
Cu	$9\cdot10^{-5}$	$1{,}10\cdot10^{-4}$	$9\cdot10^{-5}$	$1{,}5\cdot10^{-4}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$	$1{,}13\cdot10^{-4}\pm2{,}3\cdot10^{-5}$
K	0,07	0,09	0,08	0,08	0,09	0,07	0,08±0,01
I	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003	$0{,}002\pm8{,}9\cdot10^{-4}$
P	0,11	0,09	0,07	0,10	0,08	0,09	0,09±0,01
Zn	0,004	0,003	0,002	0,002	0,003	0,004	$0{,}003\pm8{,}9\cdot10^{-4}$
Mn	$9{,}0\cdot10^{-5}$	$1{,}0\cdot10^{-4}$	$1{,}1\cdot10^{-4}$	$1{,}1\cdot10^{-4}$	$9{,}0\cdot10^{-5}$	$9{,}0\cdot10^{-5}$	$1{,}0\cdot10^{-4}\pm8{,}9\cdot10^{-6}$
Ti	$4{,}0\cdot10^{-4}$	$5{,}0\cdot10^{-4}$	$5{,}0\cdot10^{-4}$	$6{,}0\cdot10^{-4}$	$5{,}0\cdot10^{-4}$	$5{,}0\cdot10^{-4}$	$5{,}0\cdot10^{-4}\pm6{,}3\cdot10^{-5}$

Висновки

Результати якісного та кількісного аналізу визначення основного складу комплексу-мацерату на основі бурштину підтверджують наявність у комплексі бурштинової кислоти (1,33 % за масою), вітамінів А, Е, К, F, РР, D та групи вітамінів В та мікроелементів (Ca, Mg, K, Fe). Елементний склад свідчить про перспективність використання комплексу у виробництві косметичних та фармацевтичних продуктів за умови додаткових хімічних, біохімічних, доклінічних, клінічних, технологічних та економічних досліджень.

Фінансування / Funding

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This research received no external funding.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Набір даних доступний за запитом до авторів / Dataset available on request from the authors.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Не застосовується / Not applicable.

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

References

Bedzai, A. O. (2019). Chemical elements in the human body, their significance and effect on biological processes (literature review). *Bukovyna Medical Herald.* 23, 4(92), 179-184. (in Ukrainian).

Бедзай А. О. Хімічні елементи в організмі людини, їх значення та вплив на біологічні процеси (огляд літератури). *Буковинський медичний вісник*. 2019. Т.23, №4(92). С. 179-184.

Bielichenko, O. P., & Haievskyi, Yu. D. (2012). Study of amber by infrared spectroscopy. *Research and Development,* (4), 12-16. (in Ukrainian).

Бєліченко О. П., Гаєвський Ю. Д. Дослідження бурштину методом інфрачервоної спектроскопії. *Research and Development*. 2012. №4. С.12-16.

Chornyi, V. M., Mysiura, T. H., Popova, N. V., & Zav'ialov, V. L. (2020). Method for the quantitative determination of succinic acid in amber extracts. *Scientific Works ofNUFT 26*(4), 218-226. (in Ukrainian).

Чорний В. М., Мисюра Т. Г., Попова Н. В., Зав'ялов В. Л. Спосіб кількісного визначення бурштинової кислоти в екстрактах бурштину. *Наукові праці НУХТ*. 2020. Т.26, № 4. С. 218-226.

Gorobets, A. O. (2019). Vitamins and microelements as specific regulators of physiological and metabolic processes in the body of children and adolescents. *Ukrainian Journal of Perinatology and Pediatrics, 4*(80), 75-92. https://doi.org/10.15574/PP.2019.80.75 (in Ukrainian).

Горобець А. О. Вітаміни і мікроелементи як специфічні регулятори фізіологічних та метаболічних процесів в організмі дітей та підлітків. Український журнал Перинатологія і Педіатрія. 2019. №4. С. 75-92.

Kovalevych, L. A. (2007). Theoretical generalization of signs and criteria for the search and evaluation of amber deposits on the territory of Ukraine. *Visnyk ZhDTU,* 2(41), 1-6. (in Ukrainian).

Ковалевич Л. А. Теоретичні узагальнення ознак і критеріїв пошуку та оцінка родовищ бурштину на території України. *Вісник ЖДТУ*. 2007. № 2(41). С.1-6.

Kryvonosova, O. V., & Ziuzia, L. O. (2017). Succinic acid and its derivatives, methods of production, use in pharmacy. *Scientific developments of youth at the modern stage: Abstracts of Papers of XVI* All-Ukrainian *88 Scientific and Practical Conference of young scientists and students April 27-28th,* 2017, Kyiv. Kyiv National University of Technologies and Design (in Ukrainian).

Кривоносова О. В., Зюзя Л. О. Бурштинова кислота та її похідні, способи отримання, застосування у фармації. Наукові розробки молоді на сучасному етапі: тези доповідей XVI Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів (27-28 квітня 2017 р., Київ). Київ: КНУТД, 2017. Т.1: Сучасні матеріали і технології виробництва виробів широкого вжитку та спеціального призначення. С. 554-555.

Kudina, O. V., & Asadullaieva, N. Ya. (2019). Preclinical study of succinic acid on the model of placental dysfunction in rats. *Innovations in medicine: Abstracts of Papers 88 Scientific and Practical Conference of students and young scientists with international participation*. March 28-30th, 2019, Ivano-Frankivsk. (in Ukrainian).

Кудіна О. В., Асадуллаєва Н. Я. Доклінічне дослідження бурштинової кислоти на моделі плацентарної дисфункції у щурів. Іновації в медицині: тези доп. 88-ї науково-практичної конференції студентів та молодих вчених із міжнародною участю (28-30 березня 2019 р., м. Івано-Франківськ). Івано-Франківськ, 2019. С. 94-95.

Lysenko, Yu. S., & Palchevska, T. A. (2020). Drugs based on ethylmethylhydroxypyridine succinate. *Scientific achievements of modern society: Abstracts of the 9th International scientific and practical conference*. April, 28-30, 2020. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. (in Ukrainian).

Лисенко Ю. С., Пальчевська Т. А. Лікарські засоби на основі етилметилгідроксипіридину сукцинат / *Scientific achievements of modern society:* Abstracts of the 9th International scientific and practical conference (2020). Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2020. С. 683-688.

Mironov, O. L., Kachalova, N. M., Dziuba, O. I., & Bohza, S. L. (2017). The complex of biologically active compounds of amber: method of obtaining, properties and application. *Modern aspects of human health protection*. (in Ukrainian).

Комплекс біологічно-активних сполук бурштину: спосіб отримання, властивості та застосування / О.Л. Міронов та ін. Сучасні аспекти збереження здоров'я людини: збірник праць X Міжнарод. міждисцип. наук.прак. конф. Ужгород, 2017. С. 247-251.

Palchevska, T. A., Lysenko, Yu. S., Hula, L. D., & Razhyk, A. V. (2020). Application of succinic acid and sodium succinate in pharmacy. *Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference.* April 12-14, 2020. (in Ukrainian).

Пальчевська Т. А., Лисенко Ю. С., Гула Л. Д., Ражик А. В. Застосування бурштинової кислоти та натрію сукцинату у фармації. *Science, society, education: topical issues and development prospects: Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. SPC «Sci-conf.com.ua»*, Kharkiv, Ukraine. 2020. С. 683-687

Pohorielov, M. V., Bumeister, V. I., Tkach, H. F., Bonchev, S. D., Sikora, V. Z., Sukhodub, L. F., & Danylchenko, S. M. (2010). Macro- and microelements (exchange, pathology and methods of determination): monograph. Sumy. (in Ukrainian).

Макро- та мікроелементи (обмін, патологія та методи визначення): монографія / М.В. Погорєлов, В.І. Бумейстер, Г.Ф. Ткач, та ін. Суми: Вид-во СумДУ, 2010. 147 с.

Seheda, A. S. (2003). Analytical chemistry. Qualitative and quantitative analysis: Education. manual. Kyiv. (in Ukrainian).

Сегеда А.С. Аналітична хімія. Якісний і кількісний аналіз : Навч. посібник. Київ: Центр учб. л-ри, 2003. 312 с.

Voronina, L. M., Desenko, V. F., Madiievska, N. M., Kravchenko, V. M., Sakharova, T. S., Savchenko, L. H., & Shono, N. A (2000). Biological chemistry. Kharkiv. (in Ukrainian).

Біологічна хімія / Вороніна Л. М., Десенко В. Ф., Мадієвська Н. М. та ін. Харків: Основа: Видавництво НФАУ, 2000. 608 с.

Voronina-Tuzovskykh, Yu. V., Tkachenko, S. V., Kurmakova, I. M., Yanchenko, V. O., Usov, A. M., Savosta, I. O., & Plieshakov, O. A. (2023). Elemental composition of amber abrasive powder and perspective its use as a raw material pharmaceutical industry. *Current Issues and Prospects for the Development of Scientific Research: Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference.* November 19-20, 2023. Orléans, France (in Ukrainian).

Елементний склад бурштинової пудри-абразиву та перспективність її використання як сировини фармацевтичної промисловості / Ю.В Вороніна-Тузовських, С.В. Ткаченко, І.М. Курмакова та ін. / Current Issues and Prospects for the Development of Scientific Research. Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference. November 19-20, 2023. Orléans, France. С. 461-469.

Received: 06.11.2024. **Accepted**: 29.11.2024. **Published**: 30.12.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Вороніна-Тузовських Ю., Мікуленко О., Бондар О., Курмакова І., Плєшаков О. Хімічний склад мацерату на основі бурштину: методи аналізу та результати. *Biota. Human. Technology*. 2024. №3. С. 171-179.

Cite this article in APA style as:

Voronina-Tuzovskykh, Yu., Mikulenko, O., Bondar, O., Kurmakova, I., & Pleshakov, O. (2024). Chemical composition of amber-based macerate: methods of analysis and results. *Biota. Human. Technology,* 3, 171-179.

Information about the authors:

Voronina-Tuzovskykh Yu. [*in Ukrainian*: **Вороніна-Тузовських Ю.] [1],** Ph.D. in Pharm. Sc., Assoc. Prof., email: yulianavt1984@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6673-2154, *Scopus-Author ID*: 56384500500
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Mikulenko O. [*in Ukrainian*: **Микуленко О.] [2],** Master's Degree Candidate, email: teriop999@ gmail.com
ORCID: 0009-0006-2888-2481
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Bondar O. [*in Ukrainian*: **Бондар О.] [3],** Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: bondar4elena@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9612-0546 *Scopus-Author ID*: 54583088800 *ResearcherID:* AAH-6361-2019
Department of Physics and Astronomy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Kurmakova I. [*in Ukrainian*: **Курмакова І.] [4],** Sc.D. in Tech. Sc., Prof., email: i.kurmakova@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8916-6546 *Scopus-Author ID*: 6603630402 *ResearcherID:* H-2041-2019
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Pleshakov O. [*in Ukrainian*: **Плєшаков О.] [5],** owner LLC IL SAV AMBER, email: yura@oligroup.ua
ORCID: 0009-0001-5800-1538
LIMITED LIABILITY COMPANY IL SAV AMBER (LLC IL SAV AMBER)
5 Borodtna Ingenera Street, Kyiv, 02092, Ukraine

[1] Study design, data collection statistical analysis.
[2] Statistical analysis.
[3] Statistical analysis, manuscript preparation.
[4] Study design, manuscript preparation.
[5] Data collection.