



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 543:561.394

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.008

 EDN: FQKQUE

ЛЕТУЧИЕ СОЕДИНЕНИЯ СВЕЖЕГО PTERIDIUM AQUILINUM (L.) КУHN, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

Дарья Андреевна Черемных¹, Галина Александровна Губаненко²,
Антонина Александровна Анискина³, Екатерина Александровна Речкина⁴,
Ольга Владимировна Киселева⁵

^{1,2} Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

³ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

⁴ Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

⁵ Сибирский государственный университет науки и технологий имени М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

¹ darya.cheremnykh.94@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5421-8791>

² gubanenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3049-0835>

³ aniskina_a@ksc.krasn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2696-0267>

⁴ rechkina.e@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8045-9529>

⁵ ufimceva-olga@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2648-8481>

Аннотация. Впервые представлены результаты сравнительного анализа индивидуального состава летучих соединений вегетативных частей свежего папоротника, произрастающего на разных территориях Красноярского края. Сбор образцов проводили в мае 2021 г, использовали нераспустившееся растение размером 30 см. С помощью хромато-масс-спектрометрического анализа установлено 43 летучих компонента, из которых 30 идентифицированы. Выявлено, что в составе летучих компонентов наибольшее количество 12 соединений относятся к классу альдегидов, чуть меньше – 11 веществ – представлены спиртами, оставшиеся 7 компонентов относятся к различным классам соединений. Установлено, что преобладающими в составе папоротника по содержанию компонентами являются бензальдегид, который накапливается до 44 % и гексаналь – до 23 % от общего количества веществ. Определили, что вайи растения отличаются большим количеством летучих соединений и их содержанием, по сравнению со стеблями. Среди исследуемых образцов по содержанию летучих компонентов 98 % в вайях и 94 % в стеблях лидирует папоротник, собранный в южной части западных Саян (п. Шушенское). В составе летучих компонентов идентифицирован фенантрен в образцах № 1 и № 2 в количестве от 0,2 % до 0,9 %. Используемая методика не позволила идентифицировать птаквилозид в свежем папоротнике.

Ключевые слова: папоротник, летучие соединения, *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, терпены.

Для цитирования: Летучие соединения свежего *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, произрастающего на территории Красноярского края / Д. А. Черемных [и др.] // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 57–64. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.008. EDN: <https://elibrary.ru/fqkque>.

Original article

VOLATILE COMPOUNDS OF FRESH PTERIDIUM AQUILINUM (L.) KUHN, GROWING IN THE KRASNOYARSK TERRITORY

Daria A. Cheremnykh¹, Galina A. Gubanenko², Antonina A. Aniskina³,
Ekaterina A. Rechkina⁴, Olga V. Kiseleva⁵

^{1,2} Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

³ Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

⁴ Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

⁵ Siberian State University of Science and Technology named after M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, Russia

¹ darya.cheremnykh.94@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5421-8791>

² gubanenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3049-0835>

³ aniskina_a@ksc.krasn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2696-0267>

⁴ rechkina.e@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8045-9529>

⁵ ufimceva-olga@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2648-8481>

Abstract. The results of a comparative analysis of the individual composition of volatile compounds of vegetative parts of fresh bracken growing in different regions of the Krasnoyarsk Territory are presented for the first time. The collection of samples was carried out in May 2021, using an unopened plant with a size of 30 cm. Using chromatography-mass spectrometric analysis, 43 volatile components were identified, of which 30 were identified. It was revealed that in the composition of volatile components, the largest number of 12 compounds belong to the class of aldehydes, slightly less than 11 substances are represented by alcohols, the remaining 7 components belong to different classes of compounds. It was found that the predominant components in the composition of the bracken in terms of content are benzaldehyde, which accumulates up to 44 % and hexanal - up to 23 % of the total amount of substances. It was determined that the vayi plants differ in a large number of volatile compounds and their content, compared with the stems. Among the studied samples, in terms of the content of volatile components 98 % in the vays and 94 % in the stems, the fern collected in the southern part of the western Sayans (Shushenskoye settlement) prevails. Phenanthrene was identified in volatile components in samples No. 1 and No. 2 in an amount from 0.2 % to 0.9 %. The technique used did not allow the identification of ptaquiloside in fresh bracken.

Keywords: bracken, volatile compounds, *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, terpenes.

For citation: Cheremnykh, D. A., Gubanenko, G. A., Aniskina, A. A., Rechkina, E. A. & Kiseleva, O. V. (2022). Volatile substances of fresh *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, growing in the Krasnoyarsk territory. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 57-64. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.008.

ВВЕДЕНИЕ

В мире насчитывается более 10 000 видов папоротников, из них в России произрастает более 2 000, в Красноярском крае количество не превышает 25 наименований [1, 2]. К съедобным папоротникам относятся Орляк, Осмунда азиатская и Страусник. В Красноярском крае преобладает папоротник Орляк. *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn – пищевое, многолетнее и зимостойкое растение, которое предпочитает бедные почвы, не страдает от засухи. Широко распространен на всех континентах Земли, в том числе образует заросли в лесотундре и на лесосеках Сибири.

Химический состав свежих побегов Орляка представлен в немногочисленных работах [3–7]. Данные о наличии белковых веществ согласуются в работах авторов [3, 4], и их содержание в молодых побегах папоротника достигает от 25 до 31 % от общей сухой массы. В работах [5–7] отмечено наличие заменимых и незаменимых аминокислот. Содержание незаменимых аминокислот в белках *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn превышает содержание их в белке-эталоне, и аминокислотный скор всех незаменимых аминокислот находится в пределах от 108 % до 150 %, за исключением метионина + цистина, скор данной аминокислоты не превышает 74 %. Био-

ЛЕТУЧИЕ СОЕДИНЕНИЯ СВЕЖЕГО PTERIDIUM AQUILINUM (L.) KUHN, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

логически активные вещества папоротника представлены витаминами А (0,181 мг); С (26,6 мг); РР (4,98 мг); В-каротином (2,04 мг), и их количественное содержание практически не отличается в работах авторов [3, 4, 6].

Таким образом, изученный химический состав свежего папоротника орляк по немногочисленным литературным данным позволяет сделать заключение о перспективности использования для производства новых видов пищевой продукции в качестве источника биологически активных веществ.

Однако в работах зарубежных авторов [8, 9, 10] представлены исследования токсического воздействия свежего папоротника Орляк на организм человека, связанного с содержанием птаквилозида (РТА), который является норсесквитерпеновым глюкозидом (рисунок 1).

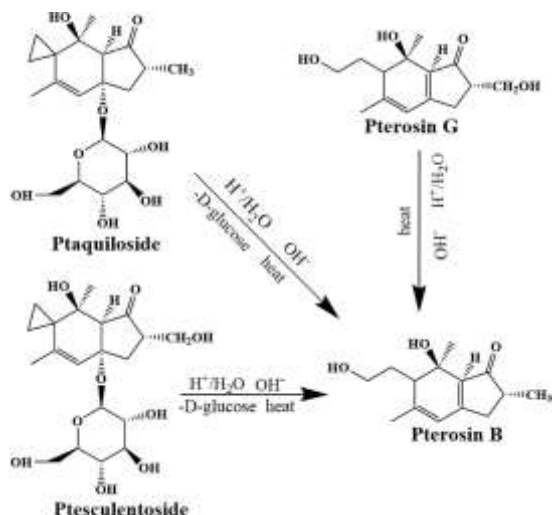


Рисунок 1 – Химическая структура РТА и его аналогов, а также путь разложения [9]

Figure 1 - Chemical structure of PTA and its analogues, as well as the decomposition path [9]

Установлено, что РТА увеличивает риск развития рака. Данный канцероген может передаваться человеку через молоко или мясо крупного рогатого скота и овец, употребляющих свежие побеги *Pteridium aquilinum* L. Kuhn. Другой потенциальный путь передачи канцерогена папоротника человеку: РТА может выщелачиваться из растения в водные ресурсы или в процессе дыхания растения за счет спор рассеиваться по воздуху. Авторы количественно определяли РТА, используя метод HPLC и установили, что РТА нестабилен и быстро подвергается ароматизации с деглюкозилированием D-(+)-глюкозы с образованием птерозина В (РТВ) – неканцероген-

POLZUNOVSKIY VESTNIK № 2 2022

ного соединения, в кислых или щелочных водных условиях и даже в горячей воде.

Ряд отечественных авторов [4, 7, 11] упоминают в своих работах о канцерогенных свойствах свежих побегов *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, но результаты исследований по данному вопросу в литературе не представлены.

В настоящее время для пищевых целей традиционно используется соленый папоротник, после вымачивания. Разработка новых видов продукции с применением регионального папоротника предполагает изучение химического состава биологически активных веществ, показателей качества и безопасности.

Анализ литературных источников позволил сделать вывод, что папоротник Орляк, произрастающий на территории Красноярского края, мало изучен, в связи с этим исследование химического состава является актуальной научной и практической задачей.

Цель исследования – изучение состава летучих соединений вегетативных частей свежего папоротника *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, произрастающего в разных районах Красноярского края.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследования использованы вегетативные части свежего папоротника *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn (рисунок 1), произрастающего в разных районах Красноярского края. Заготовку образцов для исследования проводили в мае 2021 года, собирали стебель с нераспустившемся листом (вайя) размером до 30 см.

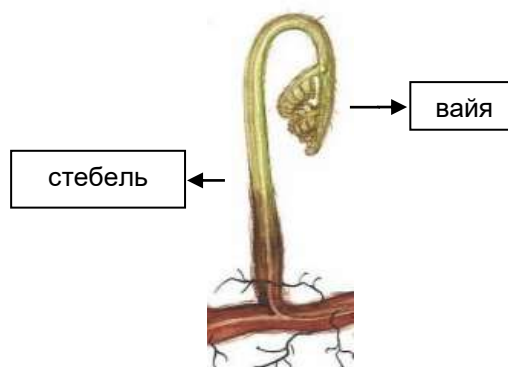


Рисунок 2 – Папоротник *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn

Figure 2 - Bracken *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn

Образец 1 – папоротник *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, собранный в Козульском районе (п. Бадаложный).

Образец 2 – папоротник *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, собранный в южной части восточных Саян (п. Курагино).

Образец 3 – папоротник *Pteridium Aquilinum* (L.) Kuhn, собранный в южной части западных Саян (п. Шушенское).

Качественное определение компонентного состава образцов выполняли в лаборатории физико-химической биологии древесных растений института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (г. Красноярск) на хромато-масс-спектрометре «Agilent 5975C-7890A» фирмы Agilent (США) с использованием парофазного пробоотборника HeadSpace Sampler G 1888. Применяли 30-метровую кварцевую колонку HP-5 (сополимер 5%-дифенил-95%-диметилсилоксан) с внутренним диаметром 0,25 мм. Газ-носитель – гелий с постоянным потоком 1,1 мл/мин. Температура колонки: начальный изотермический участок 50 °С (10 мин), подъем температуры со скоростью 4 °С /мин от 50 до 220 °С. Параметры парофазного пробоотборника: температура термостата – 100 °С, температура петли – 110 °С, температура HS-интерфейса – 115 °С,

время выдержки образца в термостате пробоотборника – 7 мин. Температура испарителя – 280 °С, температура ионизационной камеры – 170 °С, энергия ионизации – 70 эВ.

Идентификацию компонентов проводили методом сравнения, по наличию и соотношению характеристичных ионов-фрагментов с использованием базы данных стандартных образцов из масс-спектральной библиотеки «NIST05a. L» и значениям линейных индексов удерживания, используя программу обработки данных AMDIS (The Automated Mass Spectral Deconvolution and Identification System).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Хромато-масс-спектрометрический анализ позволил установить наличие в папоротнике 43 летучих компонентов, из них 30 единичий идентифицировано, результаты анализа представлены в таблице 1. Доля идентифицированных компонентов составляет 70 % во всех изучаемых образцах.

Таблица 1 – Состав летучих компонентов свежего папоротника

Table 1 - Composition of volatile components of fresh Bracken

№	Время удерживания	% от общего содержания						Название / формула
		образец 1		образец 2		образец 3		
		вайи	стебли	вайи	стебли	вайи	стебли	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,27	0	0	0	0,648	0	0	
2	1,448	0	3,862	0	5,308	0	2,801	
3	1,467	13,582	19,306	21,95	24,533	11,072	11,35	Диоксид углерода CO ₂
4	1,5198	1,079	0	1,729	1,957	0,777	0,94	
5	1,58	0,635	0,761	0,952	1,562	0,885	1,765	
6	1,635833	0,652	0,778	0,539	1,495	0,473	0,618	
7	1,697333	3,479	2,669	6,949	7,161	1,832	2,713	Диметилсульфид C ₂ H ₆ S
8	1,733	0,668	0	0	0	0	0	
9	1,7915	4,676	1,469	5,038	1,67	0,756	0,468	Пропаналь 2-метил-C ₄ H ₈ O
10	1,884	0	0	0,722	1,525	0	0	
11	1,959667	0,688	0	0,138	0	0,242	0	Бутаналь C ₄ H ₈ O
12	2,2415	3,88	1,858	2,829	1,567	0,938	0,637	Бутаналь 3-метил- C ₅ H ₁₀ O
13	2,310667	4,26	1,325	3,413	1,357	0,704	0,553	Бутаналь 2-метил-C ₅ H ₁₀ O
14	2,4502	0,322	0,267	0,242	0	0,293	0,292	1-Пентен-3-ол C ₅ H ₁₀ O
15	2,489	0	0	0	0	0,136	0	

ЛЕТУЧИЕ СОЕДИНЕНИЯ СВЕЖЕГО PTERIDIUM AQUILINUM (L.) KUHN,
ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

Продолжение таблицы 1 – Состав летучих компонентов свежего папоротника

Continuation of table 1 - Composition of volatile components of fresh Bracken

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	2,587	0,451	0,168	0,48	0,401	0,315	0,183	Пентаналь C ₅ H ₁₀ O
17	2,628	0,282	0	0,214	0	0,142	0	Фуран 2-ethyl-C ₆ H ₈ O
18	2,70175	0,337	0,688	0,194	0	0,171	0	Силандиол, диметил C ₂ H ₈ O ₂ Si
19	3,0295	0	0	0,409	0,392	0	0	
20	3,081	0	0	0,275	0	0	0	1-Бутанол 2-метил- C ₅ H ₁₂ O
21	3,559	0,196	0	0,182	0	0,154	0	1-Пентанол C ₅ H ₁₂ O
22	3,626667	0,19	0	0,044	0	0,123	0	2-Пентен-1-ol (Z)-C ₅ H ₁₀ O
23	4,216167	15,295	23,287	19,776	16,902	23,629	22,262	Гексаналь C ₆ H ₁₂ O
24	5,860167	2,299	7,152	1,587	4,122	3,925	3,152	2-Гексеналь C ₆ H ₁₀ O
25	6,009833	1,6	2,919	1,013	1,417	1,475	1,541	3-Гексен-1-ол (Z)- C ₆ H ₁₂ O
26	6,572167	0,506	0,62	4,853	11,925	0,974	1,051	1-Гексанол C ₆ H ₁₄ O
27	8,133	0,172	0	0	0	0	0	Гептаналь C ₇ H ₁₄ O
28	11,8665	35,744	19,625	17,322	10,16	44,077	42,66	Бензальдегид C ₇ H ₆ O
29	12,171	0,036	0	0	0	0	0	
30	13,40417	4,305	3,255	2,21	0,512	4,061	2,277	1-Октен-3-ол C ₈ H ₁₆ O
31	13,80225	0,189	0	0,515	0	0,683	0,855	3-Октанон C ₈ H ₁₆ O
32	14,0095	0,319	0	0,335	0	0	0	Фуран 2-пентил- C ₉ H ₁₄ O
33	14,3904	1,358	0,287	2,261	0	0,698	0,462	3- Октанол C ₈ H ₁₈ O
34	16,448	0,358	0	2,104	0	0	0	Бензиловый спирт C ₇ H ₈ O
35	16,80217	1,625	8,457	1,117	3,856	0,89	2,3	Бензоацетальдегид C ₈ H ₈ O
36	19,919	0,15	0	0	0	0	0	Нональ C ₉ H ₁₈ O
37	20,249	0	0	0,245	0	0	0	Фенилэтиловый спирт C ₈ H ₁₀ O
38	22,1235	0	0	0	0	0,189	0,449	3-Нонен-1-ол (Z)- C ₉ H ₁₈ O
39	22,30767	0,396	1,247	0,206	0,589	0,384	0,67	2-Нональ (E)-C ₉ H ₁₆ O
40	22,591	0	0	0,157	0	0	0	
41	36,271	0	0	0	0,001	0	0	
42	41,882	0,07	0	0	0	0	0	
43	41,91	0,2	0	0	0,942	0	0	Фенантрен C ₁₄ H ₁₀

Установлено, что 12 соединений относятся к классу альдегидов, что составляет 39 %, 11 соединений или 35 % представлены спиртами, остальные 26 % из 30 идентифицированных компонентов представляют другие классы соединений. Оставшиеся вещества представлены кремнийорганическим соединением, сульфидом, оксидом, кетоном, гетероциклами и трициклическим ароматиче-

ским углеводородом. Проведенные исследования содержания и состава летучих соединений в вегетативных частях папоротника позволили установить, что в вайях синтезируется больше компонентов (на 2,3 % – 8,8 %), чем в стеблях. Выявленная закономерность во всех образцах объясняется тем, что летучие вещества в большем объеме

синтезируются и накапливаются в эфиромасличных железках листьев [12].

Исследуемые образцы папоротника с разных территорий Красноярского края отличаются накоплением летучих соединений. Так, например, растения, собранные в южной части западных Саян (п. Шушенское), содержат максимальное количество веществ от 94 % в стеблях до 98 % в вайях, минимальное содержание характерно для образца № 2 от 87 % до 96 %, промежуточное значение определено для папоротника, заготовленного в Козульском районе (п. Бадаложный) от 95 % до 97 % соответственно.

Доминирующими компонентами являются два альдегида гексаналь ($C_6H_{12}O$) содержание от 15 % до 23 % и бензальдегид (C_7H_6O) – от 10 % до 44 % от общего содержания компонентов. Наибольшие доли гексаналя и бензальдегида обнаружены в образце № 3 (п. Шушенское) в вайях и стеблях 23,6 % – 22,3 %, 44,1 % и 42,7 % соответственно. Наименьшее количество определено в стеблях 10,2 % бензальдегида и 16,9 % гексаналя в растениях, собранных в южной части восточных Саян (п. Курагино). Гексаналь применяется в качестве ароматизатора для пищевых целей, придает травянистый аромат растения. Бензальдегид формирует оттенки горького миндаля или яблочных косточек в аромате растений, обладает бактерицидным действием.

Выявлена особенная закономерность накопления летучих веществ только в вайях растения бутаналь (C_4H_8O) от 0,14 до 0,24 %, фуран (2-этил- C_6H_8O) от 0,14 до 0,28 %, 1-пентанол ($C_5H_{12}O$) от 0,15 до 0,19 %, 2-пентен-1-ол (Z)- $C_5H_{10}O$ от 0,12 до 0,19 % во всех исследуемых образцах. Такие соединения, как фуран 2-пентил- $C_9H_{14}O$ и бензиловый спирт C_7H_8O , определены только в вайях в образцах № 1, 2. В вайях выборочно синтезируются нональ $C_9H_{18}O$ только в образце № 1, во втором образце – фенилэтиловый спирт $C_8H_{10}O$. Для третьего образца папоротника характерно накопление в стеблях и вайях 3-нонен-1-ол (Z)- $C_9H_{18}O$ от 0,19 до 0,45 %, в остальных образцах данное соединение отсутствует.

Большинство идентифицированных соединений в составе свежего папоротника регламентированы и разрешены ТР/ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» в приложении 19 «Перечень вкусоароматических химических веществ, разрешенных для применения при производстве пищевых ароматизато-

ров». Исследование индивидуального состава компонентов свежего папоротника позволяет заключить, что входящие вещества являются безопасными для использования в пищевых продуктах.

В составе летучих компонентов идентифицирован трициклический ароматический углеводород, представителем которого является фенантрен ($C_{14}H_{10}$). Данное соединение обнаружено в образце № 1 в вайях 0,2 % и образце № 2 в стебле 0,9 % процент схожести с литературным источником составляет 80 % и 83 % соответственно. Накопление фенантрена в свежем папоротнике, собранном в Козульском районе и п. Курагино, возможно, происходит под воздействием экологических и природно-географических факторов. Согласно литературным данным [13, 14], фенантрен относится к классу полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), который может оказывать негативное воздействие на организм [13]. В пищевой промышленности накопление ПАУ главным образом зависит от способов приготовления, а также от загрязнения, происходящего при производстве и упаковке. В природе ПАУ обнаруживаются в воде, почве и воздухе [1], в результате горения органического сырья и в первую очередь при сжигании почти всех видов твердого и жидкого топлива, а также при горении лесов [14]. Среди ПАУ содержание в пищевых продуктах регламентировано только для бенз(а)пирена в соответствии с ТР ТС 021/2011 приложение 3 «Гигиенические требования безопасности пищевой продукции». Используемая методика для исследования не позволила определить канцерогенное соединение – птаквилозид, которое по литературным данным накапливается исключительно в папоротнике орляк.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые проведенный сравнительный анализ индивидуальных летучих компонентов вегетативных частей свежего папоротника Орляк, произрастающего на разных территориях Красноярского края, показал, что вайи растения отличаются большим количеством летучих соединений и их содержанием, по сравнению со стеблями. Среди исследуемых образцов по содержанию летучих компонентов 98 % в вайях и 94 % в стеблях превалирует папоротник, собранный в южной части западных Саян (п. Шушенское).

Установлено наличие в папоротнике 43 летучих соединений, из них 30 компонентов идентифицировано. Выявлено, что

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2022

ЛЕТУЧИЕ СОЕДИНЕНИЯ СВЕЖЕГО PTERIDIUM AQUILINUM (L.) KUHN, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

наибольшая массовая доля 39 % соединений относятся к классу альдегидов, на 4 % меньше количество веществ (35 %) представленных спиртами, оставшиеся 26 % компонентов относятся к различным классам соединений. Выявлено, что доминирующими летучими веществами в составе папоротника являются бензальдегид, который накапливается до 44 % от общего объема компонентов и гексаналь – до 23 %. Оба вещества применяются в качестве ароматизаторов в пищевых продуктах.

В составе летучих компонентов идентифицирован фенантрен – в образце № 1 в вайях 0,2 % и образце № 2 в стебле 0,9 %. Данное соединение относится к полициклическим ароматическим углеводородам и в настоящее время не регламентируется ТР ТС 021/2011. Используемая методика не позволила идентифицировать птаквилосид в свежем папоротнике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Растения и лишайники России и сопредельных стран. Открытый онлайн атлас и определитель растений. URL : <https://www.plantarium.ru> (Дата обращения 03.03.2022).

2. Степанов Н.В. Ботаника: систематика высших споровых растений / Н.В. Степанов ; Сибирский федеральный университет, Институт фундаментальной биологии и биотехнологии. Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2017. – 203 с. ISBN 978-5-7638-3684-4.

3. Новые возможности обогащения пищи природными растительными компонентами / М.В. Центров, Б.А. Джамалдинова, И.У. Ушаева, Ш.И. Идилова // Горизонты науки : материаловедение и металлургия : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "ГНТУ им. М.Д. Миллионщикова", Грозный, 26–27 октября 2018 года. Грозный : ФГБОУ ВПО "Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова", 2019. С. 167–173.

4. Мельникова Е.В. Получение пищевого порошка из папоротника орляк // Инновационные тенденции развития российской науки : Материалы VII Международной научно-практической конференции молодых ученых, Красноярск, 24–26 марта 2014 года. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2015. С. 266–268.

5. Гориславская Л.И. Исследование и разработка технологии производства мягких сыров с папоротником : дис. ... кандидата технических наук: 05.18.04 / Кемеров. технол. ин-т пищевой пром. Кемерово, 1999. 126 с.

6. Изменения потребительских свойств папоротника-орляка при использовании разных методов хранения / И.В. Шалиско, М.И. Дмитриченко, В.В. Пеленко, С.В. Шахов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 3(69). С. 151–158. DOI 10.20914/2310-1202-2016-3-151-158.

7. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений : Качество и безопасность : учеб-

но-справочное пособие для вузов / И.Э. Цапалова, М.Д. Гутина, О.В. Голуб, В.М. Позняковский. 3-е издание, исправленное и дополненное. Новосибирск : Сибирское университетское изд-во, 2005. 216 с.

8. Shahin M., Smith B.L., Prakash A.S. Bracken carcinogens in the human diet. *Mutat Res.* 1999 Jul 15; 443 (1–2):69–79. doi: 10.1016/s1383-5742(99)00011-3. PMID: 10415432.

9. Hao, Jing-Wen, Xiao-Quan Liu, Nai-Dong Chen and An-ling Zhu. "Solid-phase extraction followed by direct TOF-MS-MS and HPLC analysis of ptaquiloside in *Pteridium aquilinum* from different places of China." *Journal of Food Composition and Analysis*, 98 (2021): 103845.

10. Ribeiro, Debora da Silva Freitas, Kelly Moura Keller and Benito Soto-Blanco. "Ptaquiloside and Pteroin B Levels in Mature Green Fronds and Sprouts of *Pteridium arachnoideum*." *Toxins* 12 (2020): n. pag.

11. Особенности использования растительного сырья в технологии напитков / А.И. Ферзали, М.В. Центров, Ю.Ф. Якуба // Перспективные аграрные и пищевые инновации : Материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 06–07 июня 2019 года / Под общей редакцией И.Ф. Горлова. Волгоград : Общество с ограниченной ответственностью "СФЕРА", 2019. С. 350–355.

12. Комплексная оценка новых видов растительного сырья Красноярского края и целесообразность его использования в производстве функциональных продуктов питания : монография // Г.А. Губаненко, Л.А. Маюрникова, Л.П. Рубчевская. Красноярск, Сиб. федер. ун-т, 2013. 260 с. ISBN 978-5-7638-2915-0.

13. Гигиеническая оценка содержания полициклических ароматических углеводородов в продуктах питания и их поступления в организм населения / Н.И. Опополь, Р.Ф. Сырку, Ю.В. Пынзару [и др.] // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 4. С. 52–56.

14. Влияние фенантрена на некоторые метаболические процессы при длительном поступлении в организм / А.А. Ушков, И.С. Позняк, Т.И. Половинкина [и др.] // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2010. № 4(22). С. 80–84.

Информация об авторах

Д. А. Черемных – аспирант Сибирского Федерального университета.

Г. А. Губаненко – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии и организации общественного питания» института торговли и сферы услуг Сибирского Федерального университета.

А. А. Анискина – научный сотрудник лаборатории физико-химической биологии древесных растений Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН».

Е. А. Речкина – доцент кафедры «Технологии консервирования и пищевой биотехнологии» Красноярского государственного аграрного университета.

О. В. Киселева – доцент кафедры «Химической технологии древесины и биотехнологии» Сибирский государственный университет науки и технологий имени М.Ф. Решетнева.

REFERENCES

1. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: an open online atlas and plant determinant Retrieved from: <https://www.plantarium.ru>. (In Russ.).
2. Stepanov, N.V., Siberian Federal University & Institute of Fundamental Biology and Biotechnology (2017). *Botany: systematics of higher spore plants*. Krasnoyarsk : Siberian Federal University, ISBN 978-5-7638-3684-4. (In Russ.)
3. Centroeв, M.V., Jamaldinova, B.A., Ushaeva I.U. & Idilova, Sh.I. (2019). New opportunities for enriching food with natural plant components. *Horizons of Science: Materials science and metallurgy : Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the Moscow State Technical University named after M.D. Millionshchikov, Grozny, October 26-27 2018*. Grozny: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov", 167-173. (In Russ.)
4. Melnikova, E.V. (2014). Obtaining food powder from bracken. *Innovative trends in the development of Russian science : Materials of the VII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Krasnoyarsk, March 24-26*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 266-268. (In Russ.)
5. Gorislavskaya, L.I. (1999). Research and development of technology for the production of soft cheeses with fern. Candidate's thesis. Kemerov. technol. in-t food industry. Kemerovo. (In Russ.)
6. Shalisko, I.V. Dmitrichenko, M.I. Pelenko, V.V. & Shakhov, S.V. (2016). Changes in the consumer properties of bracken when using different storage methods. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 3(69), 151-158. DOI 10.20914/2310-1202-2016-3-151-158. (In Russ.)
7. Tsapalova, I.E., Gutina, M.D., Golub, O.V. & Poznyakovskiy V.M. (2005). *Examination of wild fruits, berries and herbaceous plants: Quality and safety: a reference manual for universities*. 3rd edition, revised and supplemented. Novosibirsk : Siberian University Publishing House. (In Russ.)
8. Shahin, M, Smith, BL, Prakash, AS. (1999). *Bracken carcinogens in the human diet*. *Mutat Res.* from 1999 Jul 15; 443(1-2):69-79. doi: 10.1016/s1383-5742(99)00011-3. PMID: 10415432.
9. Hao, Jing-Wen, Xiao-Quan, Liu, Nai-Dong, Chen and An-ling, Zhu. (2021). "Solid-phase extraction followed by direct TOF-MS-MS and HPLC analysis of ptaquiloside in *Pteridium aquilinum* from different places of China." *Journal of Food Composition and Analysis* 98: 103845.
10. Ribeiro, Debora da Silva Freitas, Kelly Moura Keller and Benito Soto-Blanco. (2020). "Ptaquiloside and Pterosin B Levels in Mature Green Fronds and Sprouts of *Pteridium arachnoideum*." *Toxins* 12: n. pag.
11. Ferzauli, A.I., Centroeв, M.V. & Yakuba Yu.F. (2019). Features of the use of vegetable raw materials in beverage technology. *Promising agricultural and food innovations : Materials of the International scientific and Practical Conference, Volgograd, June 06-07, 2019*. Under the general editorship of I.F. Gorlov. Volgograd: Limited Liability Company "SPHERE", 350-355. (In Russ.)
12. Gubanenko, G.A., Mayurnikova & L.A. Rubchevskaya, L.P. (2013). *A comprehensive assessment of new types of plant raw materials of the Krasnoyarsk Territory and the expediency of its use in the production of functional food products (monograph)*. Krasnoyarsk, Sib. feder. un-t, 260 p. ISBN 978-5-7638-2915-0. (In Russ.)
13. Opopol, N.I., Syrku, R.F., Pynzaru, Yu.V. [et al.] (2015). Hygienic assessment of the content of polycyclic aromatic hydrocarbons in food and their intake into the body of the population. *Hygiene and sanitation*, 94(4), 52-56. (In Russ.)
14. The influence of phenanthrene on some metabolic processes with prolonged intake into the body / A.A. Ushkov, I.S. Poznyak, T.I. Polovinkina [et al.] (2010). *Actual problems of transport medicine*, 4(22). 80-84. (In Russ.)

Information about the authors

D. A. Cheremnykh - Postgraduate student of Siberian Federal University.

G. A. Gubanenko - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Technologies and Organization of Public Catering" of the Institute of Trade and Services of the Siberian Federal University.

A. A. Aniskina - Researcher at the Laboratory of Physico-Chemical Biology of Woody Plants of the V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS of the Federal Research Institute center "Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS".

E. A. Rechkina - Associate Professor of the Department of "Technology of Canning and Food Biotechnology" of the Krasnoyarsk State Agrarian University.

O. V. Kiseleva - Associate Professor of the Department of Chemical "Wood Technology and Biotechnology" Siberian State University of Science and Technology named after M.F. Reshetnev.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.