

УДК 615.322

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОИДОВ И ПОЛИСАХАРИДОВ В ТРАВЕ ЧЕРЕДЫ ПОНИКШЕЙ

© *Н.В. Корожан*

*Витебский государственный медицинский университет, пр. Фрунзе, 27,
Витебск, 210009 (Республика Беларусь), e-mail: natallia_karazhan@tut.by*

Цель работы – изучить изменчивость содержания полисахаридов и флавоноидов травы череды поникшей в зависимости от сроков заготовки, условий сушки и места произрастания на территории Республики Беларусь.

Показано, что максимальное содержание полисахаридов наблюдалось в фазу бутонизации и массового цветения растения. В отличие от полисахаридов, содержание флавоноидов в фазу бутонизации было значимо ниже, чем в фазу массового цветения ($p < 0.05$), на которую приходится максимальное содержание флавоноидов, и в частности, лютеолин-7-О-глюкозида.

Наибольшее содержание полисахаридов отмечено для сырья, подвергнувшегося естественной сушке или без вентиляции при 40 и 60 °С. Повышение температуры сушки либо применение вентиляции при сушке приводило к значительному снижению содержания этой группы биологически активных веществ.

Содержание флавоноидов в траве череды поникшей, подвергнувшейся сушке при повышенной температуре с вентиляцией, независимо от используемой температуры сушки, было выше содержания данной группы биологически активных веществ по сравнению с образцами растительного сырья, подвергнувшегося естественной сушке ($p < 0.05$). Также было отмечено более высокое содержание флавоноидов для травы череды поникшей, подвергнувшейся сушке без вентиляции при 40 и 60 °С.

Содержание полисахаридов и флавоноидов в траве череды поникшей в зависимости от региона заготовки варьировало в пределах 35.64–90.52 мг/г и 23.11–49.86 мг/г соответственно и в наибольшей мере зависело от количества осадков в год в регионе.

На основании полученных результатов рекомендовано заготавливать траву череды поникшей в период массового цветения и подвергать сушке при 40 °С без вентиляции.

Ключевые слова: трава череды поникшей, заготовка сырья, сушка, флавоноиды, полисахариды.

Введение

Черда поникшая (*Bidens cernua* L.) – один из пяти встречающихся на территории Республики Беларусь представителей рода *Bidens*, распространенный преимущественно в северных регионах страны [1]. В настоящее время трава череды поникшей является недопустимой примесью к череды траве [2]. Как отдельный вид лекарственного растительного сырья в научной медицине не используется.

Наибольший интерес исследователей привлекает эфирное масло травы череды поникшей, обладающее противомикробной и противогрибковой активностью [3–5]. Его компонентный состав достаточно подробно изучен, установлено, что содержание отдельных компонентов различается в зависимости от региона произрастания [6–8]. Также установлено, что в данном виде лекарственного растительного сырья в значительных количествах содержатся полисахариды и флавоноиды [8–13].

Для экстрактов из травы череды поникшей описано желчегонное, гепатопротекторное и гипогликемическое действие [11, 14, 15].

Для чая из травы череды поникшей нами была установлена противоаллергическая активность [16]. В настоящее время на фармацевтическом рынке Республики Беларусь и Российской Федерации видов лекарственного растительного сырья с подобным видом фармакологической активности практически нет, что

Корожан Наталья Валерьевна – кандидат фармацевтических наук, доцент, декан фармацевтического факультета,
e-mail: natallia_karazhan@tut.by

делает траву череды поникшей перспективным объектом для производства лекарственных средств или биологически активных добавок к пище. Для разработки нормативной документации

на данный вид лекарственного растительного сырья уже описаны внешние и анатомические диагностические признаки, подобраны оптимальные условия тонкослойной хроматографии [8]. Вместе с тем не описаны оптимальные сроки заготовки и условия сушки травы череды поникшей и не изучена изменчивость содержания биологически активных веществ в зависимости от региона произрастания.

Как для лекарственного растительного сырья с противоаллергическим действием для травы череды поникшей предлагаются две группы биологически активных веществ для стандартизации – флавоноиды и полисахариды. Выбор групп обусловлен тем, что данный вид фармакологической активности описан для полисахаридов и флавоноидов травы череды трехраздельной – близкого вида лекарственного растительного сырья [8].

Цель работы – изучить изменчивость содержания полисахаридов и флавоноидов травы череды поникшей в зависимости от сроков заготовки, условий сушки и места произрастания на территории Республики Беларусь.

Экспериментальная часть

Объектом исследования являлась трава череды поникшей. Растительное сырье заготавливали в нескольких местах естественного произрастания на территории Республики Беларусь (табл. 1).

Исследуемое сырье представляло собой надземную часть растения с длиной стебля не более 20 см. При изучении влияния периода и места заготовки использовали сырье, подвергнутое естественной сушке (температура 20 ± 2 °С, толщина слоя – до 2 см). При изучении влияния режима сушки сырье было заготовлено в период массового цветения. Для сушки использовали шкаф сушильный электрический при температуре 40, 60 и 80 °С без вентиляции, и электросушку RIVER KYS-329В при температуре 40, 60 и 70 °С с вентиляцией. Зависимость влияния длительности сушки от условий представлена на рисунке 1.

Содержание полисахаридов и флавоноидов в траве череды поникшей определяли согласно методикам, изложенным в частной статье «Череды трава» [2]. Содержание биологически активных веществ выражали в мг/г (в пересчете на абсолютно сухое сырье).

Для изучения изменчивости содержания отдельных флавоноидов использовали жидкостную хроматографию. В эксперименте использовали извлечения, полученные однократной экстракцией спиртом *P* (60%, об/об) в соотношении сырья и экстрагента 1 : 20.

Исследования проводили на хроматографе Agilent 1260 (Hewlett Packard, США – Германия). Сбор и обработку данных осуществляли с помощью компьютерной программы AgilentOpenLAB. Для хроматографирования использовали хроматографическую колонку Zorbax SB-C18 длиной 250 мм и внутренним диаметром 4.6 мм, заполненную силикагелем S_{18} с размером зерен 5 мкм (производитель Agilent Technologies). Условия хроматографирования: температура колонки 30 °С; скорость подачи подвижной фазы – 1 мл/мин; режим элюирования – изократический; состав подвижной фазы: фосфатный буферный раствор с $pH=3.0 \pm 0.2$ и ацетонитрил в соотношении 80 : 20 (об/об); объем вводимой пробы 10 мкл. В максимумах хроматографических пиков были записаны спектры поглощения в диапазоне длин волн от 190 до 400 нм, шаг 1 нм.

Идентификацию соединений проводили, сравнивая время удерживания и спектры поглощения пиков веществ в исследуемом извлечении со стандартными образцами (лютеолин-О-7-глюкозид, лютеолин; рутин, кверцетрин, апигенин, битеин (Sigma-Aldrich, Co); апигенин-О-7-глюкозид, мареин, сульфуретин (Carl Roth GmbH+Co)) и базой спектральных и хроматографических характеристик флавоноидов [17–20]. Содержание отдельных флавоноидов (мг/г) рассчитывали по формуле

$$\frac{S_x \cdot m_{st}}{S_{st} \cdot m_{bc}}$$

где S_x – площадь пика вещества кверцетрина, лютеолин-О-7-глюкозида или халкона на хроматограмме, S_s – площадь пика стандарта (лютеолин-О-7-глюкозида), m_{st} – навеска стандарта, мг, m_{bc} – навеска травы череды поникшей в пересчете на сухое сырье, г.

Статистическую обработку проводили с использованием программы Statistica 10.0 Advanced. Полученные данные приводили в виде $x_{cp} \pm \Delta_x$, где x_{cp} – среднее значение трех параллельных измерений, Δ_x – полуширина доверительного интервала. Так как результаты соответствовали нормальному распределению по критерию Шапиро-Уилка ($p > 0.05$), то для сравнения независимых групп использовали критерий Стьюдента ($t(p, \nu)$) при $p = 0.05$, как рекомендовано Государственной фармакопеей Республики Беларусь [21].

Таблица 1. Географическая и климатическая характеристика мест заготовки травы череды поникшей

Наименование места сбора	Широта, град. с.ш.	Долгота, град. в.д.	Высота над уровнем моря, м	Среднегодовая температура, град	Количество осадков в год, мм	Сроки заготовки сырья
Витебская обл., Браслав	55°38'	27°03'	139	5.6	637	массовое цветение (июль)
Витебская обл., Шарковщина	55°22'	27°28'	127	5.7	622	массовое цветение (июль)
Витебская обл., Витебский р-н, аг. Бабиничи	55°15'	30°21'	204	5.3	649	массовое цветение (июль)
Витебская обл., Витебск	55°11'	30°10'	185	5.3	649	весь период вегетации (июнь–сентябрь)
Витебская обл., Бешенковичи	55°02'	29°27'	142	5.5	649	массовое цветение (июль)
Витебская обл., Орша	54°30'	30°24'	192	5.5	624	массовое цветение (июль)
Гродненская обл., Сморгонь	54°29'	26°24'	150	6.2	643	массовое цветение (июль)
Минская обл., Клецк	53°03'	26°38'	181	6.5	626	массовое цветение (июль)

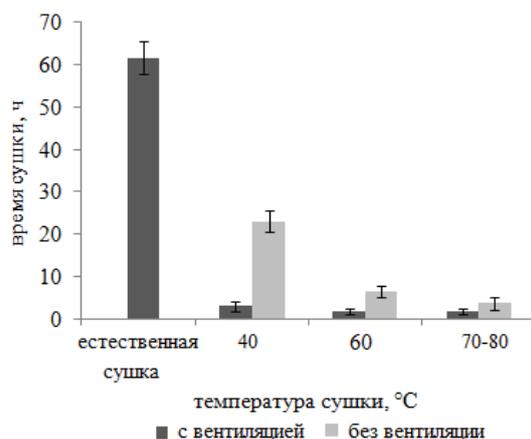


Рис. 1. Влияние температуры на длительность процесса сушки

Обсуждение результатов

Изменчивость содержания полисахаридов в траве череды поникшей. Ранее нами было установлено, что полисахариды травы череды поникшей представлены преимущественно водорастворимыми полисахаридами с небольшой молекулярной массой, основными мономерами которых являются глюкоза, галактоза, глюкуроновая и галактуроновая кислота. По составу полисахариды травы череды поникшей практически не отличаются от полисахаридов череды травы [8].

Закономерность накопления полисахаридов в траве череды поникшей в зависимости от фазы вегетации растения была изучена на образцах, заготовленных в г. Витебске в период с июня по сентябрь. Результаты данного исследования приведены на рисунке 2.

Из рисунка следует, что содержание данной группы биологически активных веществ изменяется в зависимости от фазы вегетации растения, в которую осуществлялась заготовка травы череды поникшей. Максимальное содержание полисахаридов (39.92–41.82 мг/г) наблюдалось в фазу бутонизации и массового цветения растения. Содержание полисахаридов в образцах, заготовленных в другие фазы вегетации, было статистически значимо ниже ($p < 0.05$), чем в образцах травы череды поникшей, заготовленных в фазы бутонизации и массового цветения. Изменчивость содержания полисахаридов в траве череды поникшей отличалась от таковой для череды трехраздельной и череды олиственной [8].

Не менее важным фактором, чем период заготовки, влияющим на качество лекарственного растительного сырья, являются условия сушки.

Для оценки данного фактора исследовали образцы, заготовленные в Витебском районе (аг. Бабиничи). Сушку травы череды поникшей осуществляли не позднее, чем через 1 ч после сбора в двух режимах – с вентиляцией и без вентиляции. Сырье признавалось высушенным, если стебель легко ломался и листья и цветки легко рассыпались при растирании.

Содержание полисахаридов в траве череды поникшей зависело от температуры сушки и вентиляции, что представлено на рисунке 3.

Образцы, высушенные при естественных условиях, подвергались сушке наиболее длительный период – 60–63 ч. При этом полученное сырье имело наибольшую потерю в массе при высушивании из всех образцов, исследуемых на предмет влияния условий сушки ($12.86 \pm 0.05\%$). Полученное сырье имело характерный зеленый цвет с желтыми вкраплениями и по внешним признакам соответствовало описанию [22, 23]. Содержание полисахаридов в траве череды поникшей в данном случае составило 50.08–52.57 мг/г.

Трава череды поникшей, подвергшаяся сушке в условиях, когда вентиляция была использована в течение всего периода сушки, подвергалась термическому воздействию 1–4 ч. Сырье сохраняло свой естественный цвет только при температуре 40 °С, при повышении температуры трава череды поникшей приобретала окраску в различных оттенках коричневого. При этом отмечалось резкое снижение содержания полисахаридов в исследуемом растительном сырье ($p < 0.05$) по сравнению с сырьем, подвергшимся естественной сушке.

Использование условий сушки, не допускающих активную вентиляцию, длилось 2–24 ч в зависимости от температуры. Независимо от температурного режима все сырье имело коричневый цвет. Тем не менее данный режим сушки в большей мере способствовал сохранению исследуемой группы биологически активных веществ. В условиях сушки без вентиляции при 40 и 60 °С содержание полисахаридов значимо не отличалось ($p > 0.05$) от такового для сырья, подвергнувшегося естественной сушке. Повышение температуры сушки без вентиляции приводило к снижению содержания данной группы биологически активных веществ.

Полученные закономерности изменчивости содержания полисахаридов от режима и температуры сушки согласуются с закономерностями, описанными для других видов лекарственного растительного сырья. Снижение содержания полисахаридов при повышении температуры сушки и при использовании вентиляции объясняют изменением растворимости этих соединений и размера их частиц [8, 24–27].

Также на содержание полисахаридов в исследуемом сырье влияло место заготовки, что представлено в таблице 2.

Было показано, что содержание полисахаридов в траве череды поникшей варьировало в пределах 35.64–90.52 мг/г. Из всех климатических факторов, влияющих на содержание данной группы биологически активных веществ, наиболее значимым являлось количество осадков в год (коэффициент корреляции $R = 0.88$).

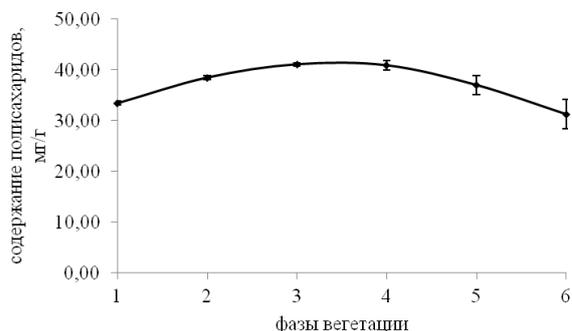


Рис. 2. Изменчивость содержания полисахаридов в зависимости от периода заготовки травы череды поникшей: 1 – начало отрастания растения, 2 – активный рост, 3 – бутонизация, 4 – массовое цветение, 5 – начало плодоношения, 6 – массовое плодоношение

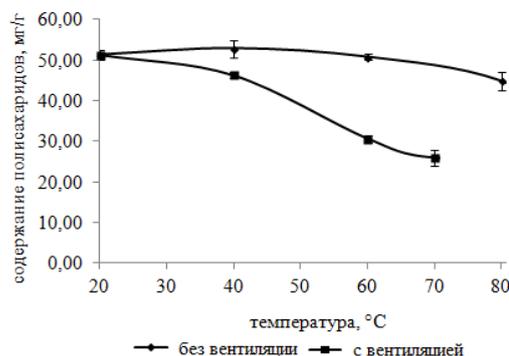


Рис. 3. Зависимость содержания полисахаридов в траве череды поникшей от режима сушки

Таблица 2. Содержание полисахаридов в траве череды поникшей в зависимости от региона заготовки

Наименование места сбора	Содержание полисахаридов, мг/г
Браслав	41.80±0.27
Шарковщина	81.42±8.80
Витебский р-н, аг. Бабиничи	51.32±1.24
Витебск	41.08±0.26
Бешенковичи	36.90±1.25
Орша	70.55±1.33
Сморгонь	50.12±0.90
Клецк	64.02±0.80

Изменчивость содержания флавоноидов в траве череды поникшей. Согласно литературным данным, флавоноиды травы череды поникшей представлены несколькими группами – флавонолами (кверцетрин, лютеолин-7-О-глюкозид, лютеолин, бутин, изооканин, нарингенин, изокореопсин), на которые приходится более 30% от всей суммы флавоноидов; флаванонами (изокореопсин и флаваномареин), на которые приходится до 10%, ауронами (сульфуретин, сульфуреин, маритиметин и др.) и минорными соединениями – халконами (бутеин, кореопсин и их производные), на которые приходится не более 2–3% от всех флавоноидов [5, 12, 13, 15]. Нами ранее также исследовался флавоноидный состав травы череды поникшей методом тонкослойной и жидкостной хроматографии с использованием градиентного режима элюирования, что позволило выявить в исследуемом сырье лютеолин-7-О-глюкозид и лютеолин [8].

При изучении изменчивости содержания флавоноидов в траве череды поникшей от периода заготовки, было выявлено, что максимальное содержание флавоноидов (39.77–42.86 мг/г) наблюдалось в фазу массового цветения растения (рис. 4).

В отличие от полисахаридов, содержание флавоноидов в фазу бутонизации было значимо ниже, чем в фазу массового цветения ($p < 0.05$) и составляло 37.58–39.15 мг/г. Содержание данной группы биологически активных веществ в образцах, заготовленных в другие фазы вегетации, также было статистически значимо ниже ($p < 0.05$). Изменчивость содержания флавоноидов в траве череды поникшей отличалась от таковой для череды трехраздельной и череды олиственной [8].

Также была проведена оценка изменчивости содержания отдельных флавоноидов в зависимости от фазы вегетации. В исследуемых образцах было выявлено 6 веществ флавоноидной природы (рис. 5), из которых были идентифицированы лютеолин-7-О-глюкозид и описываемый нами ранее как доминирующий флавонол кверцетрин.

Идентифицированные флавоноиды являлись доминирующими флавоноидами в траве череды поникшей независимо от периода заготовки. Однако их содержание изменялось от фазы вегетации, в которую было заготовлено сырье. Полученные данные приведены на рисунке 6.

В траве череды поникшей, заготовленной в фазу массового цветения, наблюдалось максимальное содержание лютеолин-О-7-глюкозида (27.67–30.43 мг/г). В другие фазы вегетации содержание этого компонента было значимо ниже ($p < 0.05$).

Максимальное содержание кверцетрина было зафиксировано в фазы активного роста и бутонизации растения (27.17–32.58 мг/г). В фазу массового цветения его содержание было статистически значимо ниже (20.21–23.59 мг/г) и уменьшалось к фазе плодоношения.

Так же как и для полисахаридов, для флавоноидов было изучено влияние условий сушки на их содержание в лекарственном растительном сырье. Результаты исследования представлены на рисунке 7.

Содержание флавоноидов в траве череды поникшей, высушенной при естественных условиях, составило 23.11–25.81 мг/г. Содержание лютеолин-7-О-глюкозида и кверцетрина в этом сырье, соответственно, было определено как 15.50–16.62 мг/г и 35.31–36.77 мг/г.

Содержание флавоноидов в траве череды поникшей, подвергшейся сушке при повышенной температуре с вентиляцией, независимо от используемой температуры сушки, было выше содержания данной группы биологически активных веществ по сравнению с образцами растительного сырья, подвергшегося естественной сушке ($p < 0.05$).

Содержание лютеолин-7-О-глюкозида в растительном сырье, подвергшемся сушке с вентиляцией при 40 °С с вентиляцией, увеличивалось в 1.4–1.5 раз по сравнению с сырьем, подвергшимся естественной

сушке, и составляло 22.84–24.48 мг/г. Повышение температуры сушки до 60 °С и выше приводило к снижению содержания лютеолин-7-О-глюкозида в растительном сырье. Наряду с этим в траве череды поникшей, высушенной при 40 °С с вентиляцией, обнаруживалось 2–4 мг/г лютеолина, тогда как в растительном сырье, высушенном в естественных условиях, он не обнаруживался. При дальнейшем повышении температуры содержание этого флавоноида также плавно снижалось почти до полного отсутствия.

Изменчивость содержания кверцетрина носила несколько иной характер. При сушке растительного сырья при 40 °С с вентиляцией содержание кверцетрина увеличивалось в 1.8–1.9 раза по сравнению с сырьем, подвергшимся естественной сушке, и составляло 63.29–67.83 мг/г. В траве череды поникшей, высушенной при 60 °С с вентиляцией, содержание данного флавоноида составляло 31.87–33.43 мг/г. Повышение температуры свыше 60 °С приводило к существенному снижению содержания данного вещества в растительном сырье.

Также было отмечено более высокое содержание флавоноидов для травы череды поникшей, подвергшейся сушке без вентиляции при 40 и 60 °С по сравнению с таковым в растительном сырье, высушенном в естественных условиях ($p < 0.05$). Различий в содержании флавоноидов в образцах, подвергшихся естественной сушке и сушке без вентиляции при 80 °С не выявлено ($p > 0.05$). Также не различалось содержание суммы флавоноидов в образцах, высушенных в разных режимах при 40 °С.

Было установлено, что содержание лютеолин-О-7-глюкозида при 40 °С без вентиляции снижалось на 30–40% и составляло 10.10–10.82 мг/г. Повышение температуры сушки до 60 °С и выше приводило к снижению содержания лютеолин-О-7-глюкозида в растительном сырье.

В траве череды поникшей, высушенной при 40 °С без вентиляции, содержание кверцетрина несколько снижалось и составляло 30.99–32.55 мг/г. Повышение температуры приводило к существенному снижению содержания данного вещества в растительном сырье.

Закономерность изменчивости содержания флавоноидов от температуры сушки без вентиляции согласуются с уже описанными для других видов лекарственного растительного сырья [8, 28–30].

На содержание флавоноидов, как и полисахаридов, также влияло место заготовки, что представлено в таблице 3.

Содержание флавоноидов в траве череды поникшей колебалось в меньшем диапазоне, чем в случае полисахаридов, и составляло 23.11–49.86 мг/г. Из всех климатических факторов, влияющих на содержание данной группы биологически активных веществ, наиболее значимым являлось количество осадков в год. Однако влияние данного фактора было значительно ниже, чем на содержанием полисахаридов (коэффициент корреляции $R = 0.68$).

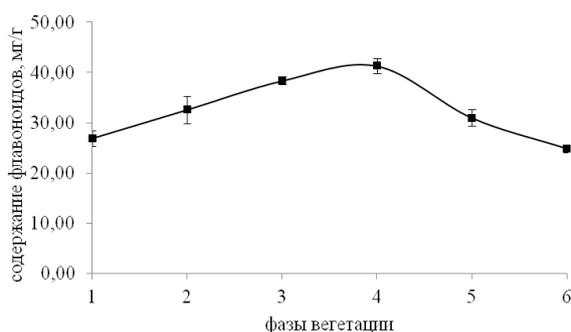


Рис. 4. Изменчивость содержания флавоноидов в зависимости от периода заготовки травы череды поникшей: 1 – начало отрастания растения, 2 – активный рост, 3 – бутонизация, 4 – массовое цветение, 5 – начало плодоношения, 6 – массовое плодоношение

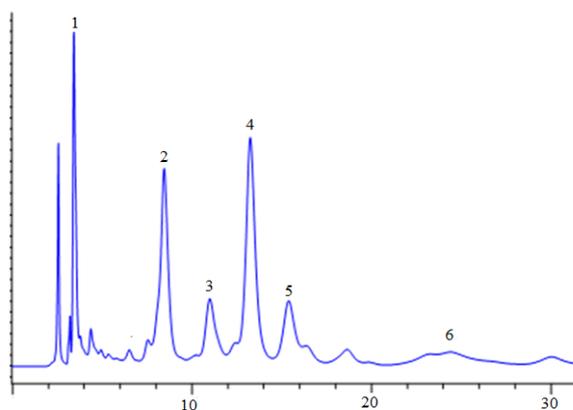


Рис. 5. Хроматограмма спиртового извлечения травы череды поникшей: 1 – неидентифицированный флавоноид, 2 – кверцетрин, 3 – неидентифицированный флавоноид, 4 – лютеолин-7-О-глюкозид, 5 – неидентифицированный флавоноид, 6 – неидентифицированный флавоноид

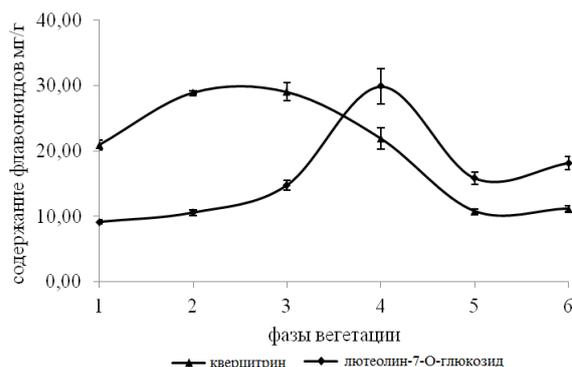


Рис. 6. Изменчивость содержания лютеолин-7-О-гликозида и кверцетрин в зависимости от периода заготовки травы череды поникшей: 1 – начало отрастания растения, 2 – активный рост, 3 – бутонизация, 4 – массовое цветение, 5 – начало плодоношения, 6 – массовое плодоношение

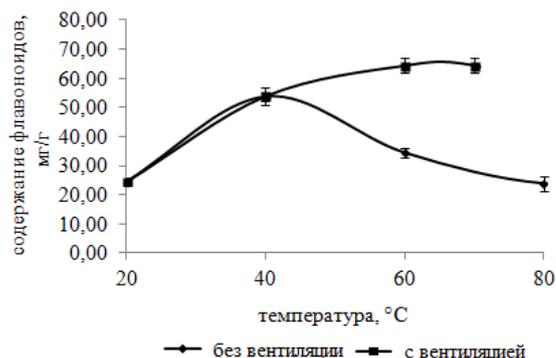


Рис. 7. Зависимость содержания флавоноидов в траве череды поникшей от режима сушки

Таблица 3. Содержание флавоноидов в траве череды поникшей в зависимости от региона заготовки

Наименование места сбора	Содержание флавоноидов, мг/г
Браслав	31.15±1.58
Шарковщина	45.46±2.75
Витебский р-н, аг. Бабиничи	24.46±1.35
Витебск	38.36±0.78
Бешенковичи	32.53±1.54
Орша	48.30±1.56
Сморгонь	44.70±1.51
Клецк	41.32±1.55

Компонентный состав флавоноидов был схож для исследуемых образцов травы череды поникшей, заготовленных в различных регионах. Во всех случаях были обнаружены доминирующие компоненты – кверцетрин и лютеолин-О-7-гликозид, содержание которых варьировало в пределах 5–35 и 13–30 мг/г соответственно. При этом содержание отдельных компонентов коррелировало с суммарным содержанием флавоноидов (коэффициент корреляции R=0.52–0.85).

Выводы

В работе изучена изменчивость содержания полисахаридов и флавоноидов травы череды поникшей в зависимости от сроков заготовки, условий сушки и места произрастания на территории Республики Беларусь.

Показано, что содержание полисахаридов в траве череды поникшей изменяется в зависимости от фазы вегетации растения, в которую осуществлялась заготовка сырья. Максимальное содержание полисахаридов наблюдалось в фазу бутонизации и массового цветения растения.

Наибольшее содержание полисахаридов отмечено для сырья, подвергнутого естественной сушке или без вентиляции при 40 и 60 °C. Повышение температуры сушки либо применение вентиляции при сушке приводило к значительному снижению содержания этой группы биологически активных веществ.

Содержание полисахаридов в траве череды поникшей в зависимости от региона заготовки варьировало в пределах 35.64–90.52 мг/г и в наибольшей мере зависело от количества осадков в год (коэффициент корреляции R = 0.88).

При изучении изменчивости содержания флавоноидов в траве череды поникшей от периода заготовки, было выявлено, что максимальное содержание флавоноидов наблюдалось в фазу массового цветения растения. В этот же период отмечается максимальное содержание лютеолин-7-О-гликозида. В отличие от полисахаридов, содержание флавоноидов в фазу бутонизации было значимо ниже, чем в фазу массового цветения (p<0.05).

Содержание флавоноидов в траве череды поникшей, подвергнутой сушке при повышенной температуре с вентиляцией, независимо от используемой температуры сушки, было выше содержания данной

группы биологически активных веществ по сравнению с образцами растительного сырья, подвергнутого естественной сушке ($p < 0.05$). При сушке растительного сырья при 40 °С с вентиляцией содержание кверцетрина увеличивалось в 1.8–1.9 раза, а лютеолин-7-О-глюкозида в 1.4–1.5 раза по сравнению с сырьем, подвергшимся естественной сушке. Повышение температуры сушки до 60 °С и выше приводило к снижению содержания лютеолин-7-О-глюкозида и кверцетрина в растительном сырье.

Также было отмечено более высокое содержание флавоноидов для травы череды поникшей, подвергнутой сушке без вентиляции при 40 и 60 °С по сравнению с таковым в растительном сырье, высушенном в естественных условиях ($p < 0.05$). Однако содержание доминирующих флавоноидов в данном случае снижалось.

Содержание флавоноидов траве череды поникшей в зависимости от региона заготовки колебалось в меньшем диапазоне, чем в случае полисахаридов, и составляло 23.11–49.86 мг/г. Из всех климатических факторов, влияющих на содержание данной группы биологически активных веществ, наиболее значимым являлось также количество осадков в год (коэффициент корреляции $R = 0.68$). Компонентный состав флавоноидов был схож для всех исследуемых образцов травы череды поникшей, заготовленных в различных регионах.

На основании полученных результатов рекомендовано заготавливать траву череды поникшей в период массового цветения и подвергать сушке при 40 °С без вентиляции.

Список литературы

1. Джус М.А., Мерзвинский Л.М., Пиловец Г.И. и др. Биологическое разнообразие белорусского поозерья. Витебск, 2011. 413 с.
2. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Молодечно, 2016. Т. 2. 1368 с.
3. Бондаренко А.С., Петренко Г.Т., Приходько В.А. Антимикробная активность *in vitro* лекарственных форм препарата К, разрабатываемых для лечения дерматомикозов // Фитонциды. 1975. №3. С. 183–186.
4. Rybalchenko N.P., Prykhodko V.A., Nagorna S.S., Volynets N.N., Ostapchuk A.N., Klochko V.V., Rybalchenko T.V., Avdeeva L.V. In vitro antifungal activity of phenylheptatriyne from *Bidens cernua* L. against yeasts // Fitoterapia. 2010. N81. Pp. 336–339, DOI: 10.1016/j.fitote.2009.10.007.
5. Tomczykowa M., Tomczyk M., Leszczyńska K., Kalemba D. Flavonoids and Essential Oil of *Bidens cernua* of Polish Origin and *in vitro* Antimicrobial Activity of the Oil // Rec. Nat. Prod. 2017. Vol. 11. N5. Pp. 468–473. DOI: 10.25135/rnp.59.16.09.067.
6. Насухова А.М., Коновалов Д.А. Состав эфирного масла череды поникшей // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2015. №1(53). С. 50–52.
7. Chalchat J.-C., Petrovicz S., Maksimovic Z., Gorunovic M. Composition of essential oil of *Bidens cernua* L., *Asteraceae* from Serbia // J. essent. oil res. 2009. Vol. 1. Pp. 41–42. DOI: 10.1080/10412905.2009.9700103.
8. Корожан Н.В. Фармакогностическое обоснование применения нового источника череды травы и комбинированного средства на ее основе: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Витебск, 2016. 23 с.
9. Сербин А.Г. Химическое исследование фенольных соединений череды трехразделенной: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Харьков, 1972. 22 с.
10. Исакова Т.И. Химическое и фармакологическое исследование флавоноидов и полисахаридов растений рода череда: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Харьков, 1980. 20 с.
11. Исакова Т.И., Беликов В.В., Сербин А.Г., Чушенко В.Н. Флавоноиды и полисахариды видов *Bidens* // Растительные ресурсы. 1986. Т. 22. №4. С. 517–523.
12. Zhu N., Li X., Liu G., Shi X., Gui M., Sun C., Jin Y. Constituents from aerial parts of *Bidens cernua* L. and their DPPH radical scavenging // Chem. res. chinese universities. 2009. Vol. 3. Pp. 328–331.
13. Zhu N. Studies on flavonoid constituents and bioactivities of *Bidens cernua* L.: diss. ... of DPh. China, 2010. 149 p.
14. Lan L.L. Protective effects of *Bidens cernua* TFB on carbon tetrachloride-induced acute and chronic liver damage in mice: master's thesis. 2009. 129 p.
15. Icoz U.G., Orhan N., Altun L., Aslan M. In vitro and in vivo antioxidant and antidiabetic activity studies on standardized extracts of two *Bidens* species // Journal of Food Biochemistry. 2017. Vol. 41. N6. P. 12429. DOI: 10.1111/jfbc.12429.
16. Корожан Н.В. Антианафилактическое действие травы череды поникшей // Материалы Международной конференции, посвященной 60-летию фармацевтического факультета учреждения образования «Витебский государственный орден Дружбы народов медицинский университет» «Современные достижения фармацевтической науки и практики». Витебск, 2019. С. 231–232.
17. Моисеев Д.В., Бузук Г.Н., Шелюто, В.Л. Идентификация флавоноидов в растениях методом ВЭЖХ // Химико-фармацевтический журнал. 2011. №1. С. 35–38.
18. Oberoi S., Ledwani L. Isolation and characterization of new plant pigment along with three known compounds from *Butea monosperma* petals // Archives of applied science research. 2010. Vol. 4. N2. Pp. 68–71.
19. Shibata S. Anti-tumorigenic chalcones // Stem cells. 1994. N12. Pp. 44–52.
20. Oliveira F.Q., Andrade-Neto V., Krettli A.U., Brandão M.G.L. New evidences of antimalarial activity of *Bidens pilosa* roots extract correlated with polyacetylene and flavonoids // Journal of ethnopharmacology. 2004. N93. Pp. 39–42. DOI: 10.1016/j.jep.2004.03.026.
21. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Молодечно, 2012. Т. 1. 1220 с.
22. Махия М.Л. Порівняльна характеристика морфолого-анатомічних показників видів роду *Bidens* L., які зростають у долині середнього Дніпра // Інтродукція рослин. 2012. №3. С. 28–35.

23. Исайкина Н.В., Андреева В.Ю. Сравнительное анатомо-морфологическое исследование видов рода *Bidens* L. // Бюллетень сибирской медицины. 2011. №5. С. 56–61.
24. Ahmadi S., Sheikh-Zeinoddin M., Soleimani-Zad S., Alihosseini F., Yadav H. Effects of different drying methods on the physicochemical properties and antioxidant activities of isolated acorn polysaccharides // LWT. 2019. Vol. 100. Pp. 1–9. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.10.027.
25. Prasetyo D.J., Jatmiko T.H., Poeloengasih C.D., Kismurtono M. Drying Characteristics and Water-soluble Polysaccharides Evaluation of Kidney Shape *Ganoderma lucidum* Drying in Air Circulation System // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 101. Article 012012. DOI: 10.1088/1755-1315/101/1/012012.
26. Chin S.K., Law C.L., Cheng P.G. Effect of drying on crude ganoderic acids and watersoluble polysaccharides content in *Ganoderma lucidum* // International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 2011. Vol. 3. N1. Pp. 38–43.
27. Chin S.K., Law C.L. Optimization of Convective Hot Air Drying of *Ganoderma lucidum* Slices Using Response Surface Methodology // International Journal of Scientific and Research Publications. 2012. Vol. 2. N5. Pp. 1–11.
28. Miao J., Wei K., Li X., Zhao C., Chen X., Mao X., Huang H., Gao W. Effect of boiling and drying process on chemical composition and antioxidant activity of *Chaenomeles speciosa* // Journal of Food Science and Technology. 2017. Vol. 54. N9. Pp. 2758–2768. DOI: 10.1007/s13197-017-2712-7.
29. Lemus-Mondaca R., Ah-Hen K., Vega-Gálvez A., Honores C., Moraga N.O. Stevia rebaudiana Leaves: Effect of Drying Process Temperature on Bioactive Components, Antioxidant Capacity and Natural Sweeteners // Plant Foods for Human Nutrition. 2016. Vol. 7. N1. Pp. 49–56. DOI: 10.1007/s11130-015-0524-3.
30. Dadi D.W., Emire S.A., Hagos A.D., Assamo F.T. Influences of Different Drying Methods and Extraction Solvents on Total Phenolic and Flavonoids, and Antioxidant Capacity of *Moringa stenopetala* Leaves // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018. Vol. 7. N1. Pp. 962–967.

Поступила в редакцию 25 марта 2019 г.

После переработки 8 апреля 2020 г.

Принята к публикации 16 июня 2020 г.

Для цитирования: Корожан Н.В. Изменчивость содержания флавоноидов и полисахаридов в траве череды поникшей // Химия растительного сырья. 2020. №3. С. 197–206. DOI: 10.14258/jcprm.2020035357.

Karazhan N.V. VARIABILITY OF THE CONTENT OF FLAVONOIDS AND POLYSACCHARIDES OF BIDENS CERNUA HERB.

*Vitebsk State Medical University, pr. Frunze, 27, Vitebsk, 210009 (Republic of Belarus),
e-mail: natallia_karazhan@tut.by*

The aim of the research was to study the variability of the content of polysaccharides and flavonoids of *Bidens cernua* herb, depending on the terms of harvesting, drying conditions and place of growth on the territory of the Republic of Belarus.

It was shown that the maximum polysaccharide content was observed in the phase of budding and mass flowering of the plant. Unlike polysaccharides, the content of flavonoids in the budding phase was significantly lower than in the mass flowering phase ($p < 0.05$), which accounts for the maximum content of flavonoids, and in particular, luteolin-7-O-glucoside.

The highest polysaccharide content was noted for raw plant materials undergone natural drying or at 40 and 60 °C without ventilation. An increase in the drying temperature or the use of ventilation during drying led to a significant decrease in the content of this group of biologically active substances.

The content of flavonoids of *Bidens cernua* herb, dried at elevated temperature with ventilation, regardless of the drying temperature used, was higher than the content of this group of biologically active substances in comparison with samples of raw plant materials subjected to natural drying ($p < 0.05$). A higher flavonoid content was also noted for *Bidens cernua* herb, dried without ventilation at 40 and 60 °C.

The content of polysaccharides and flavonoids of *Bidens cernua* herb, depending on the harvesting region, varied between 35.64–90.52 mg/g and 23.11–49.86 mg/g, respectively, and was most dependent on the amount of precipitation per year region.

Based on the results obtained, it is recommended to harvest *Bidens cernua* herb during mass flowering and to dry at 40 °C without ventilation.

Keywords: *Bidens cernua* herb, harvesting of raw plant materials, drying, flavonoids, polysaccharides.

References

1. Dzhus M.A., Merzhvinskiy L.M., Pilovets G.I. et al. *Biologicheskoye raznoobraziye belorusskogo poozer'ya*. [Biological diversity of the Belarusian lake area]. Vitebsk, 2011, 413 p. (in Russ.).

2. *Gosudarstvennaya farmakopeya Respubliki Belarus'*. [State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus]. Molodechno, 2016, vol. 2, 1368 p. (in Russ.).
3. Bondarenko A.S., Petrenko G.T., Prikhodko V.A. *Fitotsidy*, 1975, no. 3, pp. 183–186. (in Russ.).
4. Rybalchenko N.P., Prykhodko V.A., Nagorna S.S., Volynets N.N., Ostapchuk A.N., Klochko V.V., Rybalchenko T.V., Avdeeva L.V. *Fitoterapia*, 2010, no. 81, pp. 336–339. DOI: 10.1016/j.fitote.2009.10.007.
5. Tomczykowa M., Tomczyk M., Leszczyńska K., Kalemba D. *Rec. Nat. Prod.*, 2017, vol. 11, no. 5, pp. 468–473. DOI: 10.25135/rnp.59.16.09.067.
6. Nasukhova A.M., Konovalov D.A. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2015, no. 1(53), pp. 50–52. (in Russ.).
7. Chalchat J.-C., Petrovicz S., Maksimovic Z., Gorunovic M. *J. essent. oil res.*, 2009, vol. 1, pp. 41–42. DOI: 10.1080/10412905.2009.9700103.
8. Karazhan N.V. *Farmakognosticheskoye obosnovaniye primeneniya novogo istochnika cheredy travy i kombinirovanogo sredstva na yeye osnove: avtoref. dis. ... kand. farm. nauk.* [Pharmacognostic substantiation of the use of a new source of a series of herbs and a combined agent based on it: author. dis. ... Cand. farm. sciences]. Vitebsk, 2016, 23 p. (in Russ.).
9. Serbin A.G. *Khimicheskoye issledovaniye fenol'nykh soyedineniy cheredy trekhrazdelenoy: avtoref. dis. ... kand. farm. nauk.* [Chemical research of phenolic compounds of a series of three-division: abstract. dis. ... Cand. farm. sciences]. Kharkov, 1972, 22 p. (in Russ.).
10. Isakova T.I. *Khimicheskoye i farmakologicheskoye issledovaniye flavonoidov i polisakharidov rasteniy roda chereda: avtoref. dis. ... kand. farm. nauk.* [Chemical and pharmacological study of flavonoids and polysaccharides of plants of the genus series: author. dis. ... Cand. farm. sciences]. Kharkov, 1980, 20 p. (in Russ.).
11. Isakova T.I., Belikov V.V., Serbin A.G., Chushenko V.N. *Rastitel'nyye resursy*, 1986, vol. 22, no. 4, pp. 517–523. (in Russ.).
12. Zhu N., Li X., Liu G., Shi X., Gui M., Sun C., Jin Y. *Chem. res. chinese universities*, 2009, vol. 3, pp. 328–331.
13. Zhu N. *Studies on flavonoid constituents and bioactivities of Bidens cernua L.: diss. ... of DPh*, China, 2010, 149 p.
14. Lan L.L. *Protective effects of Bidens cernua TFB on carbon tetrachloride-induced acute and chronic liver damage in mice: master's thesis*, 2009, 129 p.
15. Icoz U.G., Orhan N., Altun L., Aslan M. *Journal of Food Biochemistry*, 2017, vol. 41, no. 6, p. 12429. DOI: 10.1111/jfbc.12429.
16. Karazhan N.V. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 60-letiyu farmatsevticheskogo fakul'teta uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskiy gosudarstvennyy ordena Druzhyby narodov meditsinskiy universitet» «Sovremennyye dostizheniya farmatsevticheskoy nauki.* [Materials of the International conference dedicated to the 60th anniversary of the pharmaceutical faculty of the educational institution "Vitebsk State Order of Friendship of Peoples Medical University" "Modern achievements of pharmaceutical science and practice"]. Vitebsk, 2019, pp. 231–232. (in Russ.).
17. Moiseyev D.V., Buzuk G.N., Shelyuto, V.L. *Khimiko-farmatsevticheskyy zhurnal*, 2011, no. 1, pp. 35–38. (in Russ.).
18. Oberoi S., Ledwani L. *Archives of applied science research*, 2010, vol. 4, no. 2, pp. 68–71.
19. Shibata S. *Stem cells*, 1994, no. 12, pp. 44–52.
20. Oliveira F.Q., Andrade-Neto V., Krettli A.U., Brandão M.G.L. *Journal of ethnopharmacology*, 2004, no. 93, pp. 39–42. DOI: 10.1016/j.jep.2004.03.026.
21. *Gosudarstvennaya farmakopeya Respubliki Belarus'*. [State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus]. Molodechno, 2012, vol. 1, 1220 p. (in Russ.).
22. Makhynya M.L. *Introduktsiya Roslyn*, 2012, no. 3, pp. 28–35. (in Ukr.).
23. Isaykina N.V., Andreyeva V.YU. *Byulleten' sibirskoy meditsiny*, 2011, no. 5, pp. 56–61. (in Russ.).
24. Ahmadi S., Sheikh-Zeinoddin M., Soleimani-Zad S., Alihosseini F., Yadav H. *LWT*, 2019, vol. 100, pp. 1–9. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.10.027.
25. Prasetyo D.J., Jatmiko T.H., Poeloengasih C.D., Kismurtono M. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017, vol. 101, article 012012. DOI: 10.1088/1755-1315/101/1/012012.
26. Chin S.K., Law C.L., Cheng P.G. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 2011, vol. 3, no. 1, pp. 38–43.
27. Chin S.K., Law C.L. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2012, vol. 2, no. 5, pp. 1–11.
28. Miao J., Wei K., Li X., Zhao C., Chen X., Mao X., Huang H., Gao W. *Journal of Food Science and Technology*, 2017, vol. 54, no. 9, pp. 2758–2768. DOI: 10.1007/s13197-017-2712-7.
29. Lemus-Mondaca R., Ah-Hen K., Vega-Gálvez A., Honores C., Moraga N.O. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2016, vol. 7, no. 1, pp. 49–56. DOI: 10.1007/s11130-015-0524-3.
30. Dadi D.W., Emire S.A., Hagos A.D., Assamo F.T. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2018, vol. 7, no. 1, pp. 962–967.

Received March 25, 2019

Revised April 8, 2020

Accepted June 16, 2020

For citing: Karazhan N.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 3, pp. 197–206. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020035357.