

УДК 547.917.962:543

БЕЛКИ И УГЛЕВОДЫ ПЛОДОВ *XANTHIUM STRUMARIUM* L., ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ ХОРЕЗМСКОГО РЕГИОНА*

© Р.К. Бабажанова**, М.И. Рахманова, Ф.А. Кодиралиева, М.Х. Маликова

Ургенчский государственный университет, ул. Х. Олимжона, 14, Ургенч,
220100, Республика Узбекистан, rbk1313@mail.ru

В условиях сильной засоленности и резко континентального климата Хорезмского региона произрастают очень выносливые растения. К числу таких растений относится *Xanthium Strumarium* (дурнишник), который является лекарственным растением, химический состав которого изучен недостаточно. Из плодов и семян *X. strumarium*, а также продуктов их переработки после извлечения масла и токсичных веществ (гликозидов и алкалоидов) количественно выделен суммарный белок с дальнейшей перспективой рассмотрения данных объектов в качестве кормовых добавок. Из вышеуказанных объектов выделены водорастворимые полисахариды (ВРПС), пектиновые вещества (ПВ) и гемицеллюлозы (ГМЦ). Методами хроматографии установлен их качественный и количественный моносахаридный состав. Методом ИК-спектроскопии проанализированы ВРПС, ПВ и ГМЦ. Впервые определено содержание белков в плодах, жмыхе и шроте *X. strumarium*, произрастающего в Хорезмской области, а также изучен их углеводный состав.

Ключевые слова: *Xanthium Strumarium*, жмых, шрот, экстракция, аппарат Сокслета, хроматография, ИК-спектр, белки, водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлозы, моносахариды.

Для цитирования: Бабажанова Р.К., Рахманова М.И., Кодиралиева Ф.А., Маликова М.Х. Белки и углеводы плодов *Xanthium strumarium* L., произрастающего на территории Хорезмского региона // Химия растительного сырья. 2024. №4. С. 278–286. DOI: 10.14258/jcprm.20240411752.

Введение

Род Дурнишник из семейства Сложноцветные – *Asteraceae Dumonrt (Compositae)* включает около 25 видов. Два представителя из них – *X. Strumarium* (Дурнишник обыкновенный) и *X. Albinum* (Дурнишник беловатый) – наиболее распространены на территории Хорезмского региона.

Растение можно встретить по берегам рек, оросительных и дренажных каналов, в канавах, на насыпях, вдоль дорог, на пустырях, на орошаемых полях хлопчатника и в садах.

X. strumarium – однолетнее растение высотой 80–100 см. Стебель крепкий, ветвистый и короткошершавоволосистый. Листья сердцевидные, 3–5 лопастные, по краям крупнозубчатые, с черешками. Цветки дурнишника трубчатые мелкие, зеленоватые в мелких корзинках (тычиночные и пестичные на одном растении), расположены пучками в пазухах листьев. Пестичные (женские) корзинки при плодах покрыты прямыми шипиками, согнутыми на конце, на верхушке с двумя крупными крючковато изогнутыми шипами. Плоды – гладкие, семена эллиптические серовато-зеленого цвета. Цветет дурнишник обыкновенный в июне-августе, семена созревают в сентябре-октябре. Спелые плоды светло-коричневого цвета [1–4].

Химический состав плодов и семян *X. strumarium* изучен недостаточно. По литературным данным, плоды содержат эфирное масло, стероиды: β -ситостерин, стигмастерин, кампестрин, алкалоиды, флавоноиды, высшие алифатические спирты и высшие алифатические углеводороды, жирное масло (10–12%), органически связанный йод. Семена содержат углеводы (пентозаны 15.85%), стероиды: β -ситостерин, стигмастерин, кампестрин, сапонины: ксантиструмарин, азотсодержащие соединения (холин), фенольные соединения. Обнаружено жирное масло (30–40%), в состав которого входят следующие кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, α -линолевая, β -линолевая, глицериды пальмитиновой,

* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.20240411752s

** Автор, с которым следует вести переписку.

стеариновой, олеиновой и линолевой кислот [5–12]. Однако белки и углеводы *X. Strumarium*, произрастающего в Хорезмском регионе, не изучены [13].

Экспериментальная часть

Объектами исследований стали измельченные плоды дурнишника обыкновенного, жмых плодов после извлечения масла путем прессования, шрот плодов и семян дурнишника после экстракции жирного масла.

Плоды *X. strumarium* были собраны на краях хлопковых полей, на берегах дренажных каналов и в садах Ургенчского района Хорезмской области в октябре 2021 года (рис.). Плоды измельчались на лабораторной дробилке FRITSCH 15.1550.00 FunnelP-15, Germany с размером сита 2 мм Trapezoidal Perforation №45. 1250.10.

Жмых был получен в процессе выделения жирного масла холодным прессованием на лабораторном маслопрессе XPOWER АКJP-500 из измельченных плодов с предварительной влажно-термической обработкой, выход масла составляет 3%.

Шрот был получен из измельченных плодов и семян *X. strumarium* после экстракции жирного масла гексаном в аппарате Сокслета, выход масла из плодов – 10.4%, из семян – 33.9% [14].

Все четыре образца плодов, жмыха, шрота из плодов и шрота из семян были исследованы на содержание углеводов и общего белка.

Определение общего белка. В процессе определения общего содержания белка в измельченных плодах, жмыхе, шроте из плодов и шроте из семян были использованы следующие аппараты, материалы и реактивы: лабораторная мельница, аналитические весы с точностью до 0.0001 г, фильтровальная бумага, белая лента, конические воронки, мерные колбы на 50 мл, натрий едкий, калий-натрий виннокислый (сегнетова соль), реактив Несслера, дистиллированная вода, серная кислота концентрированная, перекись водорода концентрированная.

Определение содержания белка в плодах *X. strumarium* и продуктах его переработки определяли после предварительной минерализации пробы серной кислотой с последующим определением белкового азота реактивом Несслера.

Для выделения белков биологический материал измельчали до разрушения клеточных стенок, получая гомогенат. От подготовленных проб отбирали навески в термостойкие колбы, приливали концентрированную серную кислоту H_2SO_4 (ρ 1.84 г/см) и разлагали на песчаной бане или плитке, избегая бурного кипения. Для ускорения процесса минерализации использовали перекись водорода. Окончанием процесса минерализации являлось получение абсолютно прозрачного бесцветного раствора. В подготовленных пробах определяли содержание белка колориметрическим методом реактивом Несслера при длине волны 400 нм [15–18].

Определение углеводного состава *X. Strumarium*. Выделение различных групп полисахаридов проводили по ранее описанной методике [19, 20]. Были проведены бумажная хроматография и ИК-спектроскопия.

Бумажную хроматографию (БХ) осуществляли на бумаге Filtrak-FN 13, 18 (Германия) в системе растворителей: *n*-бутанол-пиридин-вода (6 : 4 : 3) (1), проявитель: 1) кислый фталат анилина (5 мин., 100 °С), 2) 5% раствор мочевины [21].



Спелые плоды и семена *X. Strumarium*

ИК-спектры образцов снимали на ИК-Фурье-спектрометре фирмы Perkin-Elmer, модель 2000, в пластинках, прессованных с KBr.

ГХ-анализ гидролизатов проводили на хроматографе GC Plus2010 в следующих условиях: температура инжектора – 250 °С, общий поток – 60 мл/мин, поток через колонку – 0.89 мл/мин, газ-носитель – азот, колонка Rxi-624SI MS, длина колонки – 3 м, внутренний диаметр ID – 0.25мм, температура колонки – 230 °С, температура детектора – 250 °С.

Полный кислотный гидролиз полисахаридов проводили 2 н. H₂SO₄, 100 °С. ВРПС в течение 8 ч, ПВ и ГМЦ – в течение 24 ч. Обработку гидролизатов проводили, как в [21, 22].

Инактивация сырья. 25 г измельченного сырья *X. strumarium* обрабатывали дважды кипящей смесью метанол – хлороформ (1 : 1) для удаления красящих веществ и неуглеводных компонентов, остаток сырья дважды экстрагировали кипящим 82° этиловым спиртом в течение 1 ч. Спиртовые растворы объединяли, упаривали и анализировали БХ в системе 1, идентифицировали глюкозу (проявитель 1) и следы фруктозы (проявитель 2).

Выделение ВРПС. Остаток сырья экстрагировали трижды водой при комнатной температуре в течение 1.5 ч, при гидромодуле 1 : 10, 1 : 8 и 1 : 5 соответственно. Экстракты объединяли, центрифугировали сгущали и осаждали 3-кратным объемом спирта. Выпавший осадок отделяли, промывали и обезвоживали спиртом, сушили в вакууме над P₂O₅.

Выделение ПВ. После выделения ВРПС мезгу дважды обрабатывали смесью равных объемов 0.5%-ных растворов щавелевой кислоты и оксалата аммония (1 : 10) при температуре 70 °С в течение 3 ч. Экстракты диализовали против проточной воды, упаривали и осаждали этанолом (1 : 3). Осадок отделяли, промывали и обезвоживали этанолом, сушили в вакууме над P₂O₅.

Выделение гемицеллюлоз (ГМЦ). Остатки сырья после выделения ПВ дважды экстрагировали 5%-ным раствором КОН (1 : 5) при комнатной температуре в течение 3 ч. Щелочные экстракты объединяли, диализовали против проточной воды в течение 48 ч (до нейтральной рН среды). Экстракты сгущали, осаждали метанолом. Полученный осадок отделяли, промывали метанолом, обезвоживали ацетоном, сушили над P₂O₅ в вакууме.

Обсуждение результатов

Определение общего белка. Результаты исследований по определению общего белка плодов, жмыха, шрота из плодов и шрота из семян *X. strumarium* представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что в измельченных плодах (№1) *X. strumarium* содержание белка равно 9.9%, в жмыхе прессованных плодов (№2) – 12.47%, в шроте плодов (№3) – 9.6%, в шроте семян (№4) – 37.08%.

Таким образом, наибольшей питательной ценностью по содержанию суммарного белка обладает шрот из семян (ядра) *X. strumarium* (Дурнишник обыкновенный).

Однако в связи с тем, что плоды данного растения содержат в своем составе гепатотоксичные гликозиды, вызывающие у скота острый или подострый гепатотоксикоз, использование данных продуктов в качестве пищевых добавок может быть только после предварительного удаления данных веществ и контроля их остаточного содержания в продуктах переработки.

Определение углеводного состава X. Strumarium. Спирторастворимые сахара, по данным хроматографического анализа, представлены глюкозой, сахарозой. Водорастворимые полисахариды экстрагировали из сырья водой при комнатной температуре 20–22 °С. Далее последовательно выделяли пектиновые вещества (ПВ) и гемицеллюлозы (ГМЦ). Содержание и моносахаридный состав выделенных полисахаридов приведены в таблице 2.

Из таблицы 2 следует, что измельченные плоды содержат больше пектиновых веществ, в которых основными моносахаридами является галактоза, ксилоза и уроновые кислоты. ВРПС и ГМЦ также характеризуется повышенным содержанием ксилозы. Это является характерным для ГМЦ, основу которых составляют ксиланы.

Выходы полисахаридов из жмыха резко не отличаются. Что касается моносахаридного состава, то следует отметить одинаковый качественный состав, различие заключается в количественном содержании. В ВРПС преобладающими моносахаридами являются ксилоза и глюкоза, в ПВ – ксилоза, галактоза и глюкоза, в ГМЦ – ксилоза.

В ВРПС шрота плодов основными моносахаридами являются ксилоза и глюкоза, в ПВ – галактоза, глюкоза, ксилоза. Моносахаридный состав ГМЦ характеризуется наибольшим содержанием ксилозы и галактозы.

Шрот семян отличается высоким содержанием ПВ, а ГМЦ находятся в меньших количествах. Из моносахаридов преобладающим является галактоза, глюкоза, ксилоза, арабиноза.

Во всех выделенных полисахаридах присутствует достаточно высокое количество ксилозы, что говорит о наличии таких полисахаридов, как глюкоксиланы, арабиноксиланы и галактоксиланы. Обнаружение уроновых кислот говорит о том, что вышеперечисленные полисахариды являются кислыми.

ВРПС и ПВ представляют собой аморфные порошки, хорошо растворяются в воде. ГМЦ – в растворах щелочей.

Анализ ИК-спектров. Данные ИК-спектров шрота семян и плодов, ВРПС-1 плодов, ВРПС-2 жмыха плодов, ПВ и ГМЦ плодов *X. strumarium* представлены в обобщенной таблице 3.

В ИК-спектрах шрота семян, плодов и жмыха *X. strumarium* присутствуют одинаковые полосы поглощения разной интенсивности. В области 3311–9290 см⁻¹ присутствуют интенсивные полосы поглощения, которые характерны для ОН-групп. Далее прослеживаются малоинтенсивные полосы поглощения в области 2932 и 2927 см⁻¹, что свидетельствует о наличии СН-групп. Полосы поглощения 1658 и 1654 см⁻¹ довольно интенсивные, а также хорошо заметные 1539 и 1538 см⁻¹ для полисахаридов являются нехарактерными. С одной стороны, полосы поглощения 1658 и 1654 см⁻¹ можно отнести к деформационным колебаниям кристаллизационной воды. С другой стороны, анализируем спектры шрота семян, плодов и жмыха, в состав которых входят полисахариды, целлюлоза, лигнин и ряд других соединений. Поэтому эти полосы можно отнести к колебаниям О-С=О, которые часто встречаются во многих природных соединениях.

Появление полос поглощения в области 1539 и 1538 см⁻¹, возможно, связано с присутствием таких групп, как -CH₂-NH-CH₂, -N-NH-CO-.

Следующие полосы поглощения также представляют собой ряд фрагментов тех соединений, которые находились в шроте семян, плодов и жмыхе. Эти полосы представляют собой сложную для разрешения задачу, так как шрот состоит из ряда природных соединений. Например, в области 1200–1100 см⁻¹ дает поглощение целлюлоза, ее производные и полисахариды. Такие фрагменты, как -C-O-H, -C-O-C и т.д., соответствуют присутствию целлюлозы (рис. 1 электронного приложения).

Таблица 1. Содержание суммарного белка в плодах *Xanthium Strumarium* L. и продуктах их переработки

№	Образец	Среднее значение навески, г	Среднее значение белка, %	Содержание азота в составе белка, %
1	Плоды измельченные	1.0755	9.90	1.58
2	Жмых прессованных плодов	1.4365	12.47	1.99
3	Шрот плодов (целых)	1.1615	9.61	1.53
4	Шрот семян (ядро)	0.698	37.08	5.29

Таблица 2. Содержание и моносахаридный состав углеводов *X. strumarium*

Вид сырья <i>X. strumarium</i> (L.)	Тип ПС	Выход, %	Соотношение моносахаридных остатков						UA, БХ
			Rha	Ara	Xyl	Man	Glc	Gal	
№1 Плоды	ВРПС	1.8	1.1	2.1	11.6	-	4.7	1.5	+
	ПВ	3.9	1.2	2.4	7.2	1.3	3.1	5.8	+
	ГМЦ	2.5	0.7	5.2	9.4	1.9	2.1	3.4	+
№2 Жмых после прессования	ВРПС	3.4	1.0	1.8	12.7	-	3.5	1.2	+
	ПВ	2.2	0.6	5.3	4.5	0.8	4.2	5.6	+
	ГМЦ	4.5	1.5	4.4	7.6	0.4	3.9	3.4	+
№3 Шрот плодов	ВРПС	2.5	1.7	2.3	10.1	0.9	5.5	2.8	+
	ПВ	4.5	1.3	2.4	4.6	1.2	4.8	6.7	+
	ГМЦ	3.0	2.4	3.7	6.8	1.6	2.5	5.6	+
№4 Шрот семян (ядро)	ВРПС	3.8	1.2	3.1	9.6	-	4.9	1.4	+
	ПВ	6.9	1.0	4.3	5.5	1.0	5.1	7.3	+
	ГМЦ	1.0	1.1	6.1	7.8	2.1	4.6	8.1	+

Таблица 3. Данные ИК-спектров шрота семян и плодов, ВРПС, ВРПС жмыха, ПВ и ГМЦ плодов *X. strumarium* (частота, см⁻¹)

Шрот семян	Шрот плодов	ВРПС-1 плодов	ВРПС-2 жмыха плодов	ПВ плодов	ГМЦ плодов	Преимущественные типы колебаний
3290	3311	3431	3361	3400	3352	ОН
–	–	3012	–	–	–	ОН
2927	2932	2926	2929	2927	2926	СН
–	–	2855	–	2856	–	ОН
–	–	1746	1746	1746	–	С=О
–	–	–	–	1630	–	СОО ⁻
1654	1638	1656	1654	–	1655	СОО ⁻
–	–	–	–	–	1611	СН ₂ -NH-СН ₂ ,
1538	1539	–	–	–	–	N-NH-CO
–	–	–	–	1448	–	СОО ⁻
1451	1446	1456	1415	1370	1411	СООН
1398	1398	1322	1325	1324	1314	С-О-Н, С-О-С
–	–	–	–	1230	–	С-С, С-О
1255	1256	1237	1241	1153	–	С-С, С-О
1111	1107	1154	1146	1100	1146	С-С, С-О-С
–	–	1100	1102	1015	–	ОН
1067	1052	1015	1017	–	–	
995	–	–	917	821	–	α и β гликозидные связи
–	–	–	–	722	–	
–	–	–	–	632	777	
604	611	637	623	–	615	

ИК-спектр водорастворимых полисахаридов плодов X. strumarium (ВРПС-1). В области 3431 см⁻¹ ИК-спектре ВРПС-1 присутствует широкая интенсивная полоса поглощения с небольшим плечом 3012 см⁻¹, что соответствует свободным гидроксилам и их участию в образовании системы Н-связей. Интенсивная узкая полоса при 2926 см⁻¹ показывает валентные колебания (симметричные) групп СН (рис. 2а электронного приложения).

Полоса поглощения 1656 см⁻¹, как было указано, нехарактерна для полисахаридов.

Для полисахаридов, моносахаридный состав которых включает уроновые кислоты, характерно наличие в ИК-спектрах полос поглощения в области 1746 и 1237 см⁻¹, что соответствует С=О связи в карбоксанионе (СОО⁻) и колебаниям сложноэфирных групп (1237 см⁻¹)

Полосы поглощения в области 1656 и 1456 см⁻¹ могут соответствовать колебаниям ионизированного карбоксила. В зависимости от природы металла, т.е. иона металла, заменившего водород в карбоксильной группе, их положение в спектре меняется. Остальные полосы поглощения в ИК-спектре 1322, 1154, 1100 и 1015 см⁻¹ характеризуют ряд функциональных групп -СН, С-О-С, ОН, С-С, С-О.

Ряд малоинтенсивных полос в слабом поле начиная с 917 см⁻¹ характеризуют α- и β-гликозидные связи.

ИК-спектр водорастворимых полисахаридов жмыха плодов X. strumarium (ВРПС-2). Широкая и интенсивная полоса поглощения при 3361 см⁻¹ характеризует многочисленные ОН-группы в полисахариде. Незначительной интенсивности полоса поглощения – 2929 см⁻¹ – соответствует СН-группам, следующая полоса поглощения 1746 см⁻¹ характерна для колебаний карбониллов карбоксильных групп С=О.

Полосы поглощения, обнаруженные в ИК-спектре (рис. 2б электронного приложения), также позволяют отнести анализируемое вещество к карбоксиполисахаридам, для которых характерно наличие ионизированных карбоксильных групп СОО⁻, связанных с металлами, что проявляется в ИК-спектре в области полос поглощения 1654 и 1415 см⁻¹.

Следующая группа полос поглощения 1325 и 1241 см⁻¹ вызвана колебаниями сложноэфирных, метильных фрагментов. Что касается наличия полос поглощения 1146, 1102, 1017 см⁻¹, то следует отметить их образование в спектре благодаря ряду известных фрагментов: -С-О-, -С-СС-ОН, С-О-С и т.д.

Типы гликозидных связей в полисахариде проявляются полосами поглощения в низкочастотной области (α-, β- гликозидные связи).

Таким образом, анализ ИК-спектра полученного соединения характеризует его как этерифицированный карбоксиполисахарид.

ИК-спектры пектиновых веществ X. Strumarium. В ИК-спектре пектиновых веществ (рис. 3 электронного приложения) имеются характерные широкие полосы поглощения ОН групп в области 3300–3600 см⁻¹ и полосы поглощения симметричных и несимметричных СН групп. Следующие полосы поглощения являются характерными для карбоксиполисахаридов – 1746 см⁻¹ – карбонил карбоксильной группы (C=O), 1630 и 1448 см⁻¹ соответствуют полосам поглощения ионизированной карбоксильной группы, связанной с металлами.

Наличие этерифицированных групп -СН₃ – показывает полоса поглощения при 1370 см⁻¹. Колебание сложноэфирных групп проявляется в области 1230 и 1153 см⁻¹.

Для ПВ характерна α-гликозидная связь между остатками уроновых кислот, что хорошо проявляется интенсивной полосой поглощения при 821 см⁻¹.

Другие полосы поглощения, которые присутствуют в ИК-спектре, в его низкочастотной области 722, 632 см⁻¹ свидетельствует о наличии β-гликозидной связи боковых ответвлений в макромолекулах ПВ.

Таким образом, анализ ИК-спектров, выделенных пектиновых веществ, дает информацию о типе полисахарида (кислый или нейтральный), о наличии гликозидных связей, сложноэфирных групп. Все это дополняет данные химического анализа полисахаридов.

ИК-спектр гемицеллюлоз (ГМЦ) X. strumarium. Анализируя ИК-спектр гемицеллюлоз (ГМЦ) (рис. 4 электронного приложения), отмечаем широкую интенсивную полосу поглощения при 3452 см⁻¹, а также малоинтенсивную полосу поглощения при 2926, соответствующую деформационным симметричным и несимметричным колебаниям СН-групп. В области 1650 см⁻¹ проявляется поглощение кристаллической воды. Полоса поглощения в области 1411 см⁻¹ показывает ионизированный карбоксил (COO⁻). Обычно в гидролизате ГМЦ почти всегда присутствуют уроновые кислоты.

Следующая полоса 1344 см⁻¹ связана с колебаниями гидроксильных групп ОН. Наличие моносахаридов, находящихся в пиранозной форме, отражается полосами поглощения в области 1048 см⁻¹. Полосы поглощения в низкочастотной области 727, 615 см⁻¹ свидетельствуют о наличии α- и β-гликозидных связей в молекуле полисахарида.

Выводы

Впервые определено содержание белков в плодах, жмыхе и шроте *X. strumarium*, произрастающего в Хорезмской области. Общее количество белков в плодах составляет 9.9%, в жмыхе прессованных плодов – 12.47%, в шроте – 9.61%, в шроте семян – 33.08%. Высокое содержание белков в шроте семян лекарственного растения *X. strumarium* позволяет выделить их в чистом виде с дальнейшим изучением аминокислотного состава. Сопоставлением аминокислотного состава белков плодов и семян *X. strumarium* с таковым составом идеального белка, можно будет сделать выводы о биологической ценности жмыха и шрота из плодов, тем самым далее использовать их как белковую добавку в корм животных. Впервые изучен углеводный состав плодов, жмыха и шрота *X. strumarium*. Дана количественная и качественная характеристики водорастворимых полисахаридов, пектиновых веществ и гемицеллюлоз. Изучены ИК-спектры выделенных полисахаридов.

Дополнительная информация

В электронном приложении к статье (DOI: <http://www.doi.org/10.14258/jcprm.20240411752s>) приведен дополнительный экспериментальный материал, раскрывающий основные положения, изложенные в статье.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Ургенчского государственного университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Смольянинова А.Л. Род 1507. Дурнишник – *Xanthium* // Флора СССР. М.-Л., 1959. Т. 25. С. 512–530.
2. Губанов И.А. и др. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). *Xanthium strumarium* L. – Дурнишник // Иллюстрированный определитель растений Средней России. М., 2004. Т. 3. С. 508.
3. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейство Asteraceae (Compositae) / под ред. П.Д. Соколова. СПб, 1993. Т. 7. С. 204–206.
4. Морозова Л.В. Дурнишник обыкновенный, колючий и беловатый: ботаническое описание и перспективы их применения в фармации // Инновации и перспективы современной науки. Естественные науки: материалы конференции. Астрахань, 2018. С. 222–225.
5. Климахин Г.И., Фонин В.С., Масляков В.Ю., Фадеев Н.Б., Семикин В.В., Пельгунова Л.А. Некоторые биохимические особенности дурнишника обыкновенного (*Xanthium strumarium* L.) // Химико-фармацевтический журнал. 2015. Т. 49 (8). С. 32–35.
6. Babajanova R.K., Yuldasheva N.K., Gusakova S.D. Lipids from fruit and pericarp of *Xanthium strumarium* // Abstr. of 14 th Inter. Sumpos. on the Chem. Of Nat. Compds Devoted to 30-year anniversary of the independence of the Republic of Uzbekistan. Tashkent, 2021. P. 94.
7. Бабажанова Р.К. Изучение липидов околоплодников *Xanthium strumarium* L. // Материалы Международной научно-практической конференции «Наука и инновационные технологии в производстве продуктов питания». Бухара, 2022. С. 26–29.
8. Бабажанова Р., Юлдашева Н., Гусакова С., Акрамова Р. Изучение липидов и жирных кислот плодов *Xanthium Strumarium* Хорезмского региона // Вестник Национального университета Узбекистана. 2022. №3(2). С. 343–346.
9. Чистякова Т. Фитохимическое изучение дурнишника обыкновенного Астраханской области // Актуальные проблемы химии и образования: материалы II научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Астрахань, 2018. С. 152–153.
10. Мынбаева Ж.Т., Дрюк О.В. Качественный анализ основных групп биологически активных веществ и изучение аминок-, жирно-кислотных составов растения *Xanthium Strumarium* L. // Молодые ученые и фармация XXI века: сборник трудов шестой научной конференции с международным участием. М., 2018. С. 193–199.
11. Tong C., Chen R.-H., Lui D.-C., Zeng D.-S., Lui H. Chemical Constituents from the fruits of *Xanthium strumarium* and Their antitumor effects // Natural Product Communications. 2020. Vol. 15 (8). Pp. 1–5.
12. Бубенчикова В.Н., Аль-Гафри Салех Касем. Полисахаридный состав травы дурнишника обыкновенного (*Xanthium Strumarium* L.) // Кубанский научный медицинский вестник. 2009. №2 (107). С. 46–48.
13. Гусакова С.Д., Юлдашева Н.К., Бабажанова Р.К., Иботов Ш.Х. Сравнительное исследование способов извлечения масла из плодов *Xanthium Strumarium* L. // Central asian food engineering and technology. Elektron ilmiy jurnali. 2023. Vol. 1, no. 3. Pp. 70–78. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8162682>.
14. Ермаков А.И., Арасимович В.В. Методы биохимического исследования растений. М., 1982. 430 с.
15. Невмержицкая Ю.Ю., Тимофеева О.А. Практикум по физиологии и биохимии растений (белки и ферменты): учебно-методическое пособие. Казань, 2012. 36 с.
16. Степанченко Н.С., Новикова Г.В., Мошков И.Е. Количественное определение содержания белка // Физиология растений. 2011. Т. 58. С. 624–630.
17. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. М., 1976. 256 с.
18. Kodiralieva F.A., Rakhmanberdyeva R.K. Polysaccharides from *Crotalaria alata* // Chemistry of Natural Compounds. 2011. Vol. 47, no. 2. Pp. 7–9.
19. Оленников Д.Н., Танхаева Л.М. Методика количественного определения группового состава углеводного комплекса растительных объектов // Химия растительного сырья. 2006. №4. С. 29–33.
20. Арасимович В.В. Биохимические методы анализа плодов. Кишинев, 1984. С. 12–15.
21. Кодиралиева Ф.А., Рахманбердыева Р.К., Межлумян Л.Г., Маликова М.Х. Содержание и динамика накопления углеводов и аминокислотный состав белков в плодах и семенах *Crotalaria alata* // Растительные ресурсы. 2013. Т. 49, №4. С. 558–564.
22. Булгаков Т.В., Кудашкина Н.В. Количественное определение полисахаридов в траве болиголова пятнистого // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сборник научных трудов. Пятигорск, 2010. Т. 65. С. 18–19.

Поступила в редакцию 5 августа 2022 г.

После переработки 20 сентября 2023 г.

Принята к публикации 24 октября 2024 г.

*Babajanova R.K.**, *Kodiralieva F.A.*, *Malikova M.Kh.*, *Rakhmanova M.I.* PROTEINS AND CARBOHYDRATES OF *XANTHIUM STRUMARIUM* L. FRUITS GROWING IN THE KHOREZM REGION

Urgench State University, Kh. Olimjona st., 14, Urgench, 220100, Republic of Uzbekistan, rbk1313@mail.ru

In conditions of strong salinity and sharply continental climate, very hardy plants grow. One of these medicinal plants is *durnishnik*. The chemical composition of the fruits and seeds of *X. Strumarium* has not been sufficiently studied. From fruits, cake and flour from fruits and seeds of *Xanthium Strumarium* L. protein was isolated and the total protein content was determined in the fruits of the plant *Xanthium Strumarium* L., as well as in the products of their processing after the extraction of oil and toxic substances (glycosides and alkaloids) – whole-fruit cake, fruit flour and flour from seed seeds with a further perspective of considering these objects as feed additives. Water-soluble polysaccharides (VRPS), pectin substances (PV) and hemicellulose (HMC) were isolated from *Xanthium Strumarium* L. Their qualitative and quantitative monosaccharide composition has been established. Paper chromatography (BX), IR spectroscopy and GC analysis of hydrolysates of samples were carried out. The results of chromatography, IR spectroscopy and GC analysis of hydrolysates of samples are analyzed. The IR spectra of the samples were taken on an IR Fourier spectrometer. GC analysis of hydrolysates was performed on GC Plus2010 chromatograph. For the first time, the protein content in fruits, cake and meal of *X. strumarium*, growing in the Khorezm region, was determined. Carbohydrate composition of fruits, cake and flour *X. strumarium* of the Khorezm region was studied for the first time.

Keywords: *Xanthium strumarium*, cake, meal, extraction, Soxlet apparatus, chromatography, IR spectrum, proteins, amino acids, water-soluble polysaccharides, pectin substances, hemicellulose, monosaccharides.

For citing: Babajanova R.K., Kodiralieva F.A., Malikova M.Kh., Rakhmanova M.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 4, pp. 278–286. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.202404111752.

References

1. Smol'yaninova A.L. *Flora SSSR*. [Flora of the USSR]. Moscow-Leningrad, 1959, vol. 25, pp. 512–530. (in Russ.).
2. Gubanov I.A. i dr. *Illyustrirovannyy opredelitel' rasteniy Sredney Rossii*. [Illustrated guide to plants of Central Russia]. Moscow, 2004, vol. 3, p. 508. (in Russ.).
3. *Rastitel'nyye resursy SSSR: Tsvetkovyye rasteniya, ikh khimicheskyy sostav, ispol'zovaniye; Semeystvo Asteraceae (Compositae)* [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Family Asteraceae (Compositae)], ed. P.D. Sokolov. St. Petersburg, 1993, vol. 7, pp. 204–206. (in Russ.).
4. Morozova L.V. *Innovatsii i perspektivy sovremennoy nauki. Yestestvennyye nauki: materialy konferentsii*. [Innovations and prospects of modern science. Natural sciences. Conference materials]. Astrakhan', 2018, pp. 222–225. (in Russ.).
5. Klimakhin G.I., Fonin V.S., Maslyakov V.Yu., Fadeyev N.B., Semikin V.V., Pel'gunova L.A. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2015, vol. 49 (8), pp. 32–35. (in Russ.).
6. Babajanova R.K., Yuldasheva N.K., Gusakova S.D. *Abstr. of 14 th Inter. Sumpos. on the Chem. Of Nat. Compds Devoted to 30-year anniversary of the independence of the Republic of Uzbekistan*. Tashkent, 2021, p. 94.
7. Babazhanova R.K. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauka i innovatsionnyye tekhnologii v proizvodstve produktov pitaniya»*. [Proceedings of the international scientific and practical conference "Science and innovative technologies in food production"]. Bukhara, 2022, pp. 26–29. (in Russ.).
8. Babazhanova R., Yuldasheva N., Gusakova S., Akramova R. *Vestnik Natsional'nogo universiteta Uzbekistana*, 2022, no. 3(2), pp. 343–346. (in Russ.).
9. Chistyakova T. *Aktual'nyye problemy khimii i obrazovaniya: materialy II nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh*. [Actual problems of chemistry and education: materials of the II scientific and practical conference of students and young scientists]. Astrakhan', 2018, pp. 152–153. (in Russ.).
10. Mynbayeva Zh.T., Dryuk O.V. *Molodyye uchonyye i farmatsiya XXI veka: sbornik trudov shestoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem*. [Young scientists and pharmacy of the XXI century. Collection of works of the sixth scientific conference with international participation]. Moscow, 2018, pp. 193–199. (in Russ.).
11. Tong C., Chen R.-H., Lui D.-C., Zeng D.-S., Lui H. *Natural Product Communications*, 2020, vol. 15 (8), pp. 1–5.
12. Bubenchikova V.N., Al'-Gafri Salekh Kasem. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik*, 2009, no. 2 (107), pp. 46–48. (in Russ.).
13. Gusakova S.D., Yuldasheva N.K., Babazhanova R.K., Ibotov Sh.Kh. *Central asian food engineering and technology. Elektron ilmiy jurnali*, 2023, vol. 1, no. 3, pp. 70–78. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8162682>. (in Russ.).
14. Yermakov A.I., Arasimovich V.V. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy*. [Methods of biochemical research of plants]. Moscow, 1982, 430 p. (in Russ.).
15. Nevmerzhitskaya Yu.Yu., Timofeyeva O.A. *Praktikum po fiziologii i biokhimii rasteniy (belki i fermenty): uchebno-metodicheskoye posobiye*. [Practical training in plant physiology and biochemistry (proteins and enzymes): teaching aid]. Kazan', 2012, 36 p. (in Russ.).
16. Stepanchenko N.S., Novikova G.V., Moshkov I.Ye. *Fiziologiya rasteniy*, 2011, vol. 58, pp. 624–630. (in Russ.).
17. Pleshkov B.P. *Praktikum po biokhimii rasteniy*. [Practical training in plant biochemistry]. Moscow, 1976, 256 p. (in Russ.).
18. Kodiralieva F.A., Rakhmanberdyeva R.K. *Chemistry of Natural Compounds*, 2011, vol. 47, no. 2, pp. 7–9.
19. Olennikov D.N., Tankhayeva L.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2006, no. 4, pp. 29–33. (in Russ.).

* Corresponding author.

20. Arasimovich V.V. *Biokhimicheskiye metody analiza plodov*. [Biochemical methods of fruit analysis]. Kishinev, 1984, pp. 12–15. (in Russ.).
21. Kodiraliyeva F.A., Rakhmanberdiyeva R.K., Mezhlumyan L.G., Malikova M.Kh. *Rastitel'nyye resursy*, 2013, vol. 49, no. 4, pp. 558–564. (in Russ.).
22. Bulgakov T.V., Kudashkina N.V. *Razrabotka, issledovaniye i marketing novoy farmatsevticheskoy produktsii: sbornik nauchnykh trudov*. [Development, research and marketing of new pharmaceutical products: collection of scientific papers]. Pyatigorsk, 2010, vol. 65, pp. 18–19. (in Russ.).

Received August 5, 2022

Revised September 20, 2023

Accepted October 24, 2024

Сведения об авторах

Бабажанова Римажан Курамбаевна – докторант кафедры пищевых технологий, rbk1313@mail.ru

Рахманова Мухаббат Исмоиловна – преподаватель кафедры пищевых технологий, m.raxmanova7476@gmail.com

Кодиралиева Фатимахон Акрамовна – кандидат химических наук, PhD, младший научный сотрудник лаборатории химии высокомолекулярных растительных веществ, fatimahon.82@mail.ru

Маликова Мавжуда Хафизовна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории химии высокомолекулярных растительных веществ, rbk1313@mail.ru

Information about authors

Babajanova Rimajon Kurambaevna – PhD student of the Department of Food Technology, rbk1313@mail.ru

Rakhmanova Mukhabbat Ismoilovna – teacher of the Department of Food Technology, m.raxmanova7476@gmail.com

Kodiraliyeva Fatimahon Akramovna – candidate of chemical sciences, PhD, junior researcher of the laboratory of chemistry of high-molecular plant substances, fatimahon.82@mail.ru

Malikova Mavzhuda Khafizovna – candidate of chemical sciences, senior researcher of the laboratory of chemistry of high-molecular plant substances, rbk1313@mail.ru