ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ, ФАРМАКОГНОЗИЯ/PHARMACEUTICAL CHEMISTRY, PHARMACOGNOSY

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.88

ХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИСТЬЕВ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ (*BRASSICA OLERACEA VAR. CAPITATA L.*) КАК ИСТОЧНИКА ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

Научная статья

Бутенко Л.И.[1,] *, Андреева О.А.[2], Леонова В.Н.[3], Лигай Л.В.[4], Тихомирова Т.И.[5]
[1] ORCID : 0000-0001-8057-6015;
[3] ORCID : 0000-0002-0862-6628;
[1, 2, 3, 4, 5] Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, Пятигорск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (polechka2802[at]yandex.ru)

Аннотация

Изучена возможность получения добавки к корму животных из внешних листьев белокочанной капусты (*Brassica oleracea var. capitata L.*), которые являются отходами сельскохозяйственного производства. Добавка представляет собой сухой экстракт, хорошо растворимый в воде. Предварительно, как само сырьё, так и экстракт были проверены на остаточные нитраты. Исследование аминокислотного состава предлагаемой пищевой добавки показало, что в 100 г она содержит: 26,17 г сырого протеина, 16,83 г всех аминокислот и 4,15 г незаменимых аминокислот, а также водорастворимые полисахариды. Количество полисахаридов низкое, — 0,1%. В результате кислотного гидролиза установлено, что в их состав входят глюкоза, галактоза и рамноза.

Ключевые слова: внешние листья белокочанной капусты, сухой экстракт, нитраты, аминокислоты, водорастворимые полисахариды.

CHEMICAL BASIS FOR THE USE OF GREEN HEAD CABBAGE LEAVES (*BRASSICA OLERACEA VAR. CAPITATA L.*) AS A SOURCE OF FODDER SUPPLEMENT

Research article

Butenko L.I.[1,] *, Andreeva O.A.[2], Leonova V.N.[3], Ligai L.V.[4], Tikhomirova T.I.[5]
[1] ORCID : 0000-0001-8057-6015;
[3] ORCID : 0000-0002-0862-6628;
[1, 2, 3, 4, 5] Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russian Federation

* Corresponding author (polechka2802[at]yandex.ru)

Abstract

The possibility of producing a fodder supplement from the outer leaves of green head cabbage (*Brassica oleracea var. capitata L.*), which are agricultural waste products, has been studied. The supplement is a dry extract that is highly soluble in water. Both the raw material and the extract were tested for residual nitrates beforehand. Research into the amino acid composition of the proposed food supplement showed that 100 g contains: 26.17 g of crude protein, 16.83 g of all amino acids and 4.15 g of essential amino acids, as well as water-soluble polysaccharides. The amount of polysaccharides is low, at 0.1%. As a result of acid hydrolysis, it was found that they contain glucose, galactose and rhamnose.

Keywords: outer leaves of green head cabbage, dry extract, nitrates, amino acids, water-soluble polysaccharides.

Введение

Важнейшей задачей современной медицины является профилактика различных заболеваний и пропаганда здорового образа жизни. Ведущая роль в решении этих задач принадлежит использованию полноценных продуктов питания, что, в свою очередь, связано с благоприятной экологической обстановкой. Большой вред экологии наносят отходы сельскохозяйственного производства. Основные пути избавления от этих отходов — сжигание. Это приводит к образованию большого количества диоксида углерода, а также токсических, агрессивных и, в ряде случаев, огнеопасных веществ: оксида углерода, различных оксидов серы и аммиака, альдегидов, кетонов, спиртов, карбоновых кислот [1]. Однако многочисленные исследования учёных разных стран показали, что пищевые отходы, получаемые в процессе переработки фруктов и овощей, могут быть использованы в качестве потенциального источника биологически активных соединений [2], [3].

Опрос фермеров Ставропольского Края и Кабардино-Балкарии, занимающихся выращиванием овощной продукции, показал, что на их полях после сбора урожая остаётся много листьев белокочанной капусты. Эти листья очень редко используются как корм для скота, а, в основном, остаются на полях и гниют, что не благоприятно сказывается на экологической обстановке. Целесообразнее перерабатывать эти отходы, а именно, получать из них порошкообразный продукт, который в отличие от самих листьев может храниться длительное время.

Целью исследования явилось изучение возможности применения внешних листьев белокочанной капусты для получения сухого экстракта, который может быть использован в качестве пищевой добавки к корму сельскохозяйственных животных.

Методы и принципы исследования

Для анализа были использованы листья позднеспелого сорта белокочанной капусты (*Brassica oleracea var. capitata L.*), семейство Крестоцветные Зиелонор F1, предоставленные фермерами Кабардино-Балкарии Майского района.

Влажность сырья (W) определяли в соответствии со статьёй ГФ XIV «Методы анализа лекарственного сырья» [4] и рассчитывали по формуле:

$$W = ((m - m_1) \cdot 100)/m \quad (1)$$

где m — масса до высушивания, г;

m_1 — масса после высушивания, г.

2.1. Получение сухого экстракта на основе водного извлечения из нативного (не подвергнутого сушке) сырья внешних листьев

Верхние листья тщательно промывали проточной водой, измельчали до размера частиц 1–2 см, загружали в стеклянную ёмкость, дважды заливали холодной дистиллированной водой до зеркала и настаивали каждый раз в течение часа. Эти порции воды сливали и в дальнейшем не использовали. Листья массой 100 г заливали новой порцией холодной дистиллированной воды (соотношение сырье: вода = 1:10) и настаивали при комнатной температуре в течение трёх суток. Полученное извлечение фильтровали через двойной слой бязи, фильтрат объемом 830 мл выпаривали на водяной бане до получения густого экстракта массой 6,2 г и окончательно сушили в течение 24 часов до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 80^0С. Было получено в среднем 3,9 г сухого остатка, выход составил 3,9%. Сухой экстракт представляет собой порошок коричневого цвета, практически без остатка растворимый в воде.

2.2. Определение нитратов в растительных объектах

Испытание исходного сырья и сухого остатка на наличие остаточных нитратов проводили методом, который основан на реакции нитратов с кислотой дисульфофеноловой [5]. Данный метод был выбран потому, что позволяет определить содержание нитратов как в свежем сырье, так и в сухом экстракте. Содержание нитратов в миллиграммах на 100 г исследуемых объектов (листьев и сухом остатке из водного извлечения) рассчитывали по формуле:

$$X = (C \cdot V \cdot 100)/(H \cdot V_1) \quad (2)$$

где C — количество нитратов по градуировочному графику, мг/мл;

H — навеска анализируемого вещества, г;

V — объём фильтрата, мл;

V_1 — объём фильтрата для выпаривания, мл.

2.3. Построение градуировочного графика

Для построения градуировочного графика использовали раствор калия нитрата с концентраций С=1 мг/мл. 1 мл стандартного раствора калия нитрата помещали в выпарительную чашку, упаривали досуха на водяной бане. К сухому остатку в выпарительной чашке приливали 1 мл кислоты дисульфофеноловой, смачивая всю поверхность чашки. По истечении 10 минут, в чашку добавляли 10 мл дистиллированной воды. Для нейтрализации полученного раствора приливали 10% раствор натрия гидроксида до значения pH=7. Приготовленный желтый раствор переносили количественно в мерную колбу вместимостью 100 мл, доводили дистиллированной водой до метки, тщательно перемешивали.

Далее из полученного раствора с концентрацией 1 мг/мл калия нитрата готовили серию растворов различной концентрации (таблица 1).

Таблица 1 - Данные для приготовления растворов калия нитрата различной концентрации

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.88.1

№ пробы	V стандартного раствора, в мл	V воды, в мл	С исследуемого раствора, мг/мл
1	10	0	1,00
2	10	2,5	0,80
3	10	5,0	0,67
4	10	7,5	0,57
5	10	10,0	0,50
6	10	12,5	0,44
7	10	15,0	0,40
8	10	17,5	0,35

Полученные разбавления исследовали на спектрофотометре СФ 103 в кварцевых кюветах (толщина слоя 10 мм) при длине волны 410±2 нм. В качестве раствора сравнения использовали дистиллированную воду.

Качественное и количественное содержание аминокислот, как в исходном сырье, так и в сухом остатке из водного извлечения определяли на базе ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», в аккредитованной научной лаборатории «Корма и обмен веществ» с помощью аминокислотного анализатора INGOS AAA 500 с программным обеспечением Clariti After 10 minutes chromatography Software.

2.4. Определение водорастворимых полисахаридов (ВРПС) в сухом остатке

Сухой остаток исследовали также на наличие водорастворимых полисахаридов (ВРПС). С этой целью 3,5 г этого остатка растворяли в 35 мл воды дистиллированной, выдерживали экстракт в течение 24 часов при комнатной температуре. Далее экстракт полисахаридов фильтровали через бумажный фильтр и высаживали 2–3-кратным количеством спирта этилового 95%-ного. Выпавший светло-серый осадок отфильтровывали, сушили при комнатной температуре, затем в эксикаторе с кислотой серной концентрированной до постоянной массы. Было получено 0,32 г осадка, выход составил 9,14%.

Моносахаридный состав ВРПС устанавливали методом гидролиза кислотой серной в концентрации 1 моль/л в течение 24 часов. Идентификацию моноз в гидролизате определяли методом хроматографии на бумаге (БХ) с достоверными образцами свидетелей. В качестве элюирующих систем были использованы: 1) бутанол — кислота уксусная — вода (4:1:2) и этилацетат — кислота уксусная — кислота муравьиная — вода (18:3:1:4). Хроматограммы проявляли анилинфталатным реактивом при нагревании до 100 – 105^{0}С в сушильном шкафу. Моносахариды проявлялись фиолетовыми (коричневыми) пятнами.

Основные результаты

На первоначальном этапе была определена влажность сырья. Установлено, что для данного сорта W=88,5%.

В настоящее время проблемой утилизации отходов разных видов капуст интересуются многие исследователи. Это объясняется распространённостью и легкой доступностью этого сырья. С использованием листьев капуст предлагается получать: биосорбент меди, кадмия, свинца из сточных вод [7], биогаз [8], биоуголь [9]; применять в качестве источника пероксидазы [10]. Высушенные и измельчённые листья наиболее часто предлагается использовать в качестве корма для животных [11], [12]. Применение сухого экстракта на основе водного извлечения позволяет, с одной стороны, выделить из сырья такие важные нутриенты как аминокислоты и растворимые углеводы, с другой стороны — снизить опасность попадания в него остатков целого ряда пестицидов и гербицидов, например, хлорсодержащих и ароматических соединений, которые ограниченно растворимы в воде [13]. Однако в воде хорошо растворимы нитраты. Причины накопления нитратов в растениях разные [14], [15], в том числе не правильное применение азотсодержащих удобрений. В связи с этим используемое сырьё — листья капусты и сухой экстракт — проверяли на содержание нитратов. С этой целью были исследованы УФ-спектры экстракта верхних листьев капусты и стандартного раствора калия нитрата с дисульфофеноловой кислотой. Результаты приведены на рисунках 1 и 2.

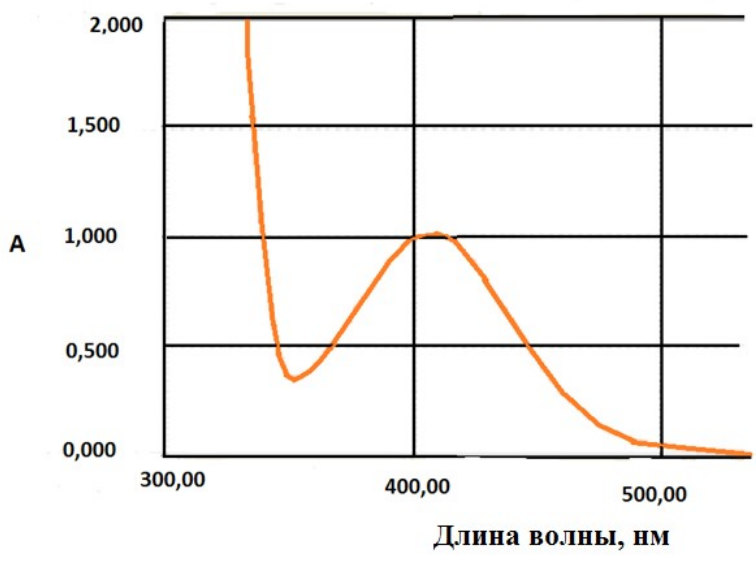


Рисунок 1 - УФ-спектр экстракта верхних листьев капусты с кислотой дисульфофеноловой

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.88.2

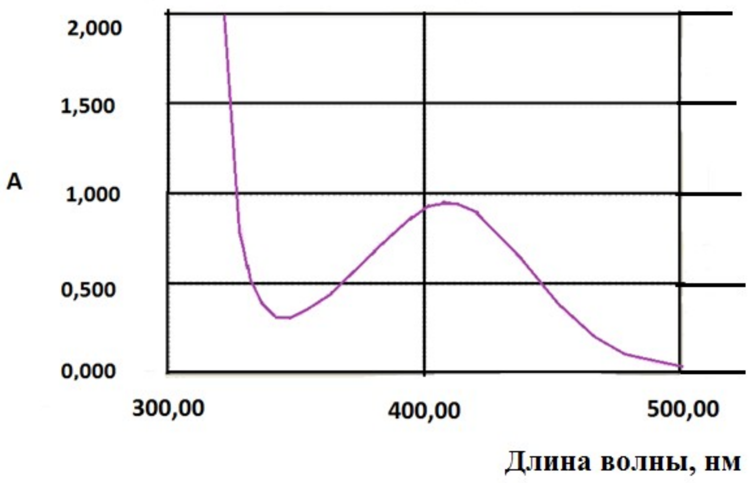


Рисунок 2 - УФ-спектр стандартного раствора калия нитрата с кислотой дисульфофеноловой
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.88.3

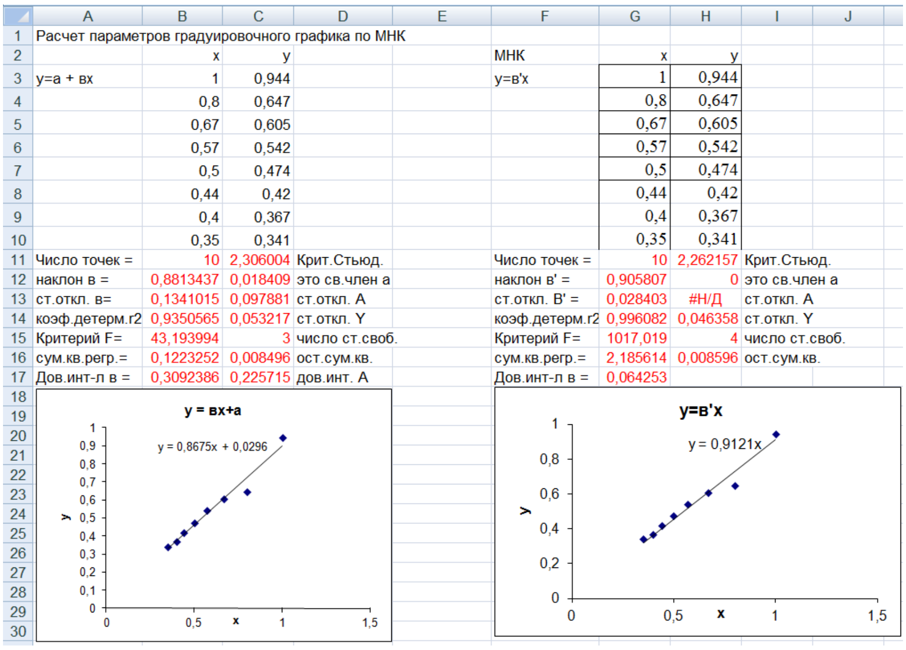
Как видно из рисунков 1 и 2 характер кривой и максимум поглощения (λ = 410 нм) совпадают. Измеряли спектры поглощения для всех приготовленных растворов калия нитрата (таблица 2).

Таблица 2 - Результаты спектрофотометрического исследования растворов калия нитрата различных концентраций

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.88.4

№ пробы	C исследуемого раствора, мг/мл	A
1	1,00	0,944
2	0,80	0,647
3	0,67	0,605
4	0,57	0,542
5	0,50	0,474
6	0,44	0,42
7	0,40	0,367
8	0,35	0,341

Результаты обрабатывали с помощью программного обеспечения Microsoft Excel по методу наименьших квадратов (МНК) (рис. 3) и строили градуировочный график зависимости концентрации калия нитрата (C) от плотности поглощения (A) (рис. 4).



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Расчет параметров градуировочного графика по МНК								
2		x	y			МНК	x	y	
3	y=a + вх	1	0,944			y=в'x	1	0,944	
4		0,8	0,647				0,8	0,647	
5		0,67	0,605				0,67	0,605	
6		0,57	0,542				0,57	0,542	
7		0,5	0,474				0,5	0,474	
8		0,44	0,42				0,44	0,42	
9		0,4	0,367				0,4	0,367	
10		0,35	0,341				0,35	0,341	
11	Число точек =	10	2,306004	Крит.Стьюд.		Число точек =	10	2,262157	Крит.Стьюд.
12	наклон в =	0,8813437	0,018409	это св.член а		наклон в' =	0,905807	0	это св.член а
13	ст.откл. в=	0,1341015	0,097881	ст.откл. А		ст.откл. В' =	0,028403	#Н/Д	ст.откл. А
14	коэф.детерм.r2	0,9350565	0,053217	ст.откл. Y		коэф.детерм.r2	0,996082	0,046358	ст.откл. Y
15	Критерий F=	43,193994	3	число ст.своб.		Критерий F=	1017,019	4	число ст.своб.
16	сум.кв.регр.=	0,1223252	0,008496	ост.сум.кв.		сум.кв.регр.=	2,185614	0,008596	ост.сум.кв.
17	Дов.инт-л в =	0,3092386	0,225715	дов.инт. А		Дов.инт-л в =	0,064253		

Рисунок 3 - Расчет параметров градуировочного графика по МНК
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.88.5

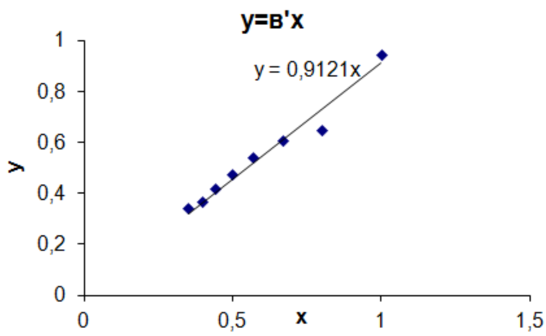


Рисунок 4 - Градуировочный график зависимости концентрации калия нитрата (С) от плотности поглощения (А)
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.88.6

Уравнение градуировочного графика — расчета концентрации: А=0,9121·С; коэффициент корреляции r = 0,906. Другие валидационные характеристики методики рассчитывали по фармакопейной статье [16].

Результаты количественного определения нитратов во внешних листьях белокочанной капусты и в сухом экстракте приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты количественного определения нитратов во внешних листьях белокочанной капусты и в сухом экстракте

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.88.7

Сырье	Навеска анализируемого вещества, г	Количество нитратов по градуировочному графику, мг	Объём фильтрата, мл	Объём фильтрата для выпаривания, мл	Содержания нитратов, %
Листья капусты	5,02	0,266	100	50	0,01±0,002
Сухой экстракт	0,12	0,137	12	12	0,11±0,015

Содержание нитратов в сухом остатке выше, чем в таком же количестве нативного сырья, однако сухой экстракт предлагается использовать в виде водного раствора в соотношении экстракт — вода 1:2. В этом растворе содержание нитратов не будет превышать допустимые нормы СанПиН (0,1–0,05%) [17].

Важнейшим компонентом корма животных являются аминокислоты. С целью установления полноты извлечения различных аминокислот из сырья используемым методом, сравнивался аминокислотный состав сухих листьев капусты, с аминокислотным составом сухого остатка, полученного из водного извлечения.

Результаты исследования листьев белокочанной капусты и сухого остатка из водного извлечения на наличие свободных аминокислот представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты исследования листьев белокочанной капусты и сухого остатка из водного извлечения на наличие свободных аминокислот

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.88.8

Название аминокислоты	Количество, в пересчёте на абсолютно сухой образец (в %)	Количество, в пересчёте на абсолютно сухой образец (в %)
	Сухие листья белокочанной капусты	Сухой остаток водного извлечения
Незаменимые аминокислоты		
валин	0,62	0,91
треонин	036	0,36
метионин	0,13	0,26
изолейцин	0,31	0,37
лейцин	0,48	0,48
фенилаланин	0,65	0,96
лизин	0,39	0,21
аргинин*	0,55	0,16
гистидин*	0,29	0,44
Другие аминокислоты		
серин	0,56	0,72
цистеин	0,12	0,36
аспарагиновая кислота	1,09	2,18
глютаминовая кислота	2,20	5,91
пролин	2,55	2,00
глицин	0,38	0,51
аланин	0,43	0,87
тирозин	0,20	0,13
сырой протеин	14,31	26,17

Как видно из таблицы 4, концентрация некоторых аминокислот в сухом экстракте выше по сравнению с сухими листьями. Корма, которые чаще всего используют для животных, страдают недостаточным содержанием незаменимых аминокислот. В сухом экстракте из верхних листьев капусты некоторые незаменимые аминокислоты накапливаются. Увеличивается содержание валина (с 0,62% до 0,91%), метионина (с 0.13% до 0,26%), фенилаланина (с 0,65% до 0,96%) и гистидина (с 0,29% до 0,44%). Данные аминокислоты участвуют в метаболизме белков, углеводов и липидов, влияют на состояние молочных желез и качество молока и мяса (особенно валин и метионин). Метионин необходим для увеличения яйценоскости птиц.

Содержание сырого протеина в 100 г сухих листьев, что, с учётом влажности, соответствует в среднем 870 г используемого в корм животных нативного сырья, составила 14,31 г, а в 100 г сухого остатка 26,17 г. Это свидетельствует, о концентрировании белковой фракции в сухом экстракте.

Содержание отдельных аминокислот в корме животных, обычно рассчитывают в процентах от массы сырого протеина [18]. Суммарное содержание: всех аминокислот, незаменимых аминокислот, лизина, метионина, глицина, а также суммы цистина и метионина было рассчитано для сухого остатка, который предлагается использовать в качестве кормовой добавки. Результаты представлены в таблице 5. Приоритетный выбор аминокислот, массовая доля которых представлена в таблице, обусловлен тем, что лизин и метионин, в рационе животных считаются особо незаменимыми, их называют критическими. Глицин является незаменимой для цыплят. Цистин в обмене белков некоторых животных на 30–40% заменяет незаменимую кислоту — метионин, поэтому, важно знать их суммарное содержание в кормах [18].

Таблица 5 - Содержание некоторых аминокислот в сухом остатке и в пересчёте на сырой протеин

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.88.9

Аминокислоты	Сухой остаток водного извлечения	Сухой остаток водного извлечения
	В 100 г сухого остатка	В 100 г сырого протеина, выделенного из сухого остатка
Суммарное содержание всех аминокислот	16,83	64,31
Суммарное содержание незаменимых кислот	4,15	15,86
Содержание лизина	0,21	0,80
Содержание метионина	0,26	0,99
Содержание глицина	0,51	1,95
Содержание суммы цистина и метионина	0,62	2,37

Анализ полученных данных показал, что массовая доля незаменимых аминокислот, по отношению ко всем аминокислотам, содержащихся в сыром протеине, составляет 24,66%, лизина, глицина и метионина — 5,04%, 12,30%, 6,24% соответственно. На сумму цистина и метионина приходится 14,94%. Масса небелкового азота в 100 г сухого остатка составила 9,34 г.

Следовательно, сухой остаток, полученный из листьев белокочанной капусты, может служить дополнительным источником важных аминокислот в питании животных.

При экстракции водой растительных объектов в извлечение переходят водорастворимые полисахариды. Содержание полисахаридов в сухом экстракте после кислотного гидролиза составляет всего 0,1%, в их состав входят глюкоза, галактоза и рамноза.

Заключение

Внешние листья белокочанной капусты можно использовать для получения добавки к корму животных, как дополнительный источник аминокислот, особенно незаменимых. Обязательна предварительная проверка исходного сырья на допустимое количество нитратов. Остаток листьев, после выделения из них водорастворимой фракции, может быть подвергнут силосованию.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.88.10

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.88.10

Список литературы / References

1. Кирейчикова И.В. Органика в ТКО: с чем имеем дело. / И.В. Кирейчикова, В.В. Унжакова, Д.И. Маслова // Твёрдые бытовые отходы. — 2021. — № 3 (177). — С. 20–23.
2. Катанаева М.Д. Пищевые отходы — проблема и эвентуальность / М.Д. Катанаева. — 2022. — URL: https://interagro.donstu.com/wp-content/uploads/2022/12/85-87.pdf?ysclid=mgkq70veep442510304 (дата обращения: 09.10.25) — DOI: 10.23947/itse.2022.85-87
3. Socaci S.A. Food Wastes as Valuable Sources of Bioactive Molecules. / S.A. Socaci, A.C. Fărcaş, D.C. Vodnar // Food Wastes as Valuable Sources of Bioactive Molecules. — 2017. — Chapter 4. — P. 75–93. — DOI: 10.5772/66115
4. Государственная фармакопея Российской Федерации XIV издания. — Т. II. — ОФС.1.5.3.0007.15. Определение влажности лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов (утв. и введена в действие Приказом Минздрава России от 31.10.2018 N 749).
5. Маркс Е.И. Определение нитратов в растениях и воде фотометрическим методом. Работа 4.6 / Е.И. Маркс // Физико-химические методы анализа компонентов окружающей среды: учебное пособие. — 2010. — URL: https://edubiotech.ru/htmldocs/42351/1320.html?ysclid=mgl4ggszg327686149 . (дата обращения: 04.11.25)
6. Zhivkova V. Quince and cabbage wastes valorization: some recent options. / V. Zhivkova // E3S Web of Conferences AGRITECH-X 2024. — 2024. — Vol. 548. — № 01007. — P. 1–5. — DOI: 10.1051/e3sconf/202454801007
7. Gülçin D.B. Optimized removal of cadmium, copper and lead from wastewater by biosorption using cabbage waste and Box-Behnken design (BBD). / D.B. Gülçin, Ö. Elif, Ç. Sinem // Analytical Letters. — 2024. — № 57 (2). — P. 266–284. — DOI: 10.1080/00032719.2023.2204440

8. Opurum C.C. Kinetic Study on Biogas Production from Cabbage (Brassica oleracea) Waste and Its Blend with Animal Manure Using Logistic Function Model. / C.C. Opurum // Journal of Advances in Microbiology. — 2021. — № 21 (1). — P. 34–43. — DOI: 10.9734/JAMB/2021/v21i130317

9. Pradhan S. Biochar from food waste: a sustainable amendment to reduce water stress and improve the growth of chickpea plants. / S. Pradhan, M. Shahbaz, A. Abdelaal // Biomass Conversion and Biorefinery. — 2022. — № 12. — P. 5479–5491. — DOI: 10.1007/s13399-022-02575-1

10. Mafulul S.G. Peroxidase from waste cabbage (Brassica oleracea capitata L.) exhibits the potential to biodegrade phenol and synthetic dyes from wastewater. / S.G. Mafulul, H.E. Adamu, L.J. Goje // Scientific African. — 2020. — Vol. 10. — Art. e00608. — DOI: 10.1016/j.sciaf.2020.e00608

11. John M.O. Dried cabbage (Brassica oleracea var. capitata) waste meal decreases blood cholesterol but does not alter growth performance, and physiological indices of weaned pigs. / M.O. John, O.O. David, E.L. Mary // Veterinary and Animal Science. — 2023. — № 22. — Art. 100320. — DOI: 10.1016/j.vas.2023.100320

12. Mohinder B. Waste to worth: Vegetable wastes as animal feed. / B. Mohinder, W. Manju, M. Harinder // CABI-Reviews. — 2016. — № 11 (012). — P. 1–26. — DOI: 10.1079/PAVSNNR201611012

13. ХОП Хлорорганические пестициды растворимость в воде – Справочник химика 21. — URL: https://www.chem21.info/info/472517/ (дата обращения: 04.11.2025)

14. Койка С.А. Нитраты и нитриты в продукции растениеводства. / С.А. Койка, В.Т. Скориков // Вестник РУДН. Серия: Агрохимия и животноводство. — 2008. — № 3. — С. 58–63.

15. Шагалаева З.С. Нитраты и их воздействие на организм человека. / З.С. Шагалаева. // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей VII Международной научно-практической конференции; — Пенза: Наука и Просвещение, 2019. — С. 72–74.

16. Государственная фармакопея Российской Федерации XV издания. – ОФС.1.1.0012 Валидация аналитических методик (утв. и введена в действие Приказом Минздрава России от 20.07.2023 N 377). — Москва, 2023. — URL: https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-1/validatsiya-analiticheskikh-metodik/ (дата обращения: 04.11.2025).

17. СанПиН 42-123-4619-88. Методические указания по лабораторному контролю качества продукции общественного питания. Определение нитратов и нитритов. Допустимые уровни содержания нитратов в продуктах растительного происхождения: издание официальное: одобрены Минздравом СССР от 23.10.1991 N 122-5/72: рекомендованы Минторгом СССР от 11.11.1991 N 1-40/3805. — Москва, 1991. — 262 с.

18. Лисунова Л.И. Кормление сельскохозяйственных животных. Научные основы кормления животных: учебно-методическое пособие / Л.И. Лисунова, В.С. Токарев. — Витебск: ВГАВМ, 2022. — 225 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kirejchikova I.V. Organika v TKO: s chem imeem delo [Organic waste in municipal solid waste: what we are dealing with]. / I.V. Kirejchikova, V.V. Unzhakova, D.I. Maslova // Solid household waste. — 2021. — № 3 (177). — P. 20–23. [in Russian]

2. Katanaeva M.D. Pishchevie otkhodi — problema i eventualnost [Food waste — a problem and a possibility] / M.D. Katanaeva. — 2022. — URL: https://interagro.donstu.com/wp-content/uploads/2022/12/85-87.pdf?ysclid=mgkq70veep442510304 (accessed: 09.10.25) — DOI: 10.23947/itse.2022.85-87 [in Russian]

3. Socaci S.A. Food Wastes as Valuable Sources of Bioactive Molecules. / S.A. Socaci, A.C. Fărcaş, D.C. Vodnar // Food Wastes as Valuable Sources of Bioactive Molecules. — 2017. — Chapter 4. — P. 75–93. — DOI: 10.5772/66115

4. State Pharmacopoeia of the Russian Federation, 14th edition. — Vol. II. — OFS.1.5.3.0007.15. Opredelenie vlazhnosti lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya i lekarstvennykh rastitel'nykh preparatov [Determination of moisture content in medicinal plant raw materials and medicinal plant products] (approved and enacted by Order of the Ministry of Health of Russia No. 749 dated 31 October 2018). [in Russian]

5. Marks E.I. Opredelenie nitratov v rasteniyax i vode fotometricheskim metodom. Rabota 4.6 [Determination of nitrates in plants and water using a photometric method. Task 4.6] / E.I. Marks // Physical and chemical methods of environmental component analysis: study guide. — 2010. — URL: https://edubiotech.ru/htmldocs/42351/1320.html?ysclid=mgl4ggszg327686149 . (accessed: 04.11.25) [in Russian]

6. Zhivkova V. Quince and cabbage wastes valorization: some recent options. / V. Zhivkova // E3S Web of Conferences AGRITECH-X 2024. — 2024. — Vol. 548. — № 01007. — P. 1–5. — DOI: 10.1051/e3sconf/202454801007

7. Gülçin D.B. Optimized removal of cadmium, copper and lead from wastewater by biosorption using cabbage waste and Box-Behnken design (BBD). / D.B. Gülçin, Ö. Elif, Ç. Sinem // Analytical Letters. — 2024. — № 57 (2). — P. 266–284. — DOI: 10.1080/00032719.2023.2204440

8. Opurum C.C. Kinetic Study on Biogas Production from Cabbage (Brassica oleracea) Waste and Its Blend with Animal Manure Using Logistic Function Model. / C.C. Opurum // Journal of Advances in Microbiology. — 2021. — № 21 (1). — P. 34–43. — DOI: 10.9734/JAMB/2021/v21i130317

9. Pradhan S. Biochar from food waste: a sustainable amendment to reduce water stress and improve the growth of chickpea plants. / S. Pradhan, M. Shahbaz, A. Abdelaal // Biomass Conversion and Biorefinery. — 2022. — № 12. — P. 5479–5491. — DOI: 10.1007/s13399-022-02575-1

10. Mafulul S.G. Peroxidase from waste cabbage (Brassica oleracea capitata L.) exhibits the potential to biodegrade phenol and synthetic dyes from wastewater. / S.G. Mafulul, H.E. Adamu, L.J. Goje // Scientific African. — 2020. — Vol. 10. — Art. e00608. — DOI: 10.1016/j.sciaf.2020.e00608

11. John M.O. Dried cabbage (Brassica oleracea var. capitata) waste meal decreases blood cholesterol but does not alter growth performance, and physiological indices of weaned pigs. / M.O. John, O.O. David, E.L. Mary // Veterinary and Animal Science. — 2023. — № 22. — Art. 100320. — DOI: 10.1016/j.vas.2023.100320

12. Mohinder B. Waste to worth: Vegetable wastes as animal feed. / B. Mohinder, W. Manju, M. Harinder // CABI-Reviews. — 2016. — № 11 (012). — P. 1–26. — DOI: 10.1079/PAVSNNR201611012

13. KHOP Khlororganicheskie pestitsidy rastvorimost' v vode – Spravochnik khimika 21 [HOP Organochlorine pesticides water solubility – Chemist's Handbook 21]. — URL: https://www.chem21.info/info/472517/ (accessed: 04.11.2025). [in Russian]

14. Kojka S.A. Nitraty' i nitrity' v produkcii rastenievodstva [Nitrates and nitrites in plant products]. / S.A. Kojka, V.T. Skorikov // PFUR Bulletin. Series: Agrochemistry and Animal Husbandry. — 2008. — № 3. — P. 58–63. [in Russian]

15. Shagalaeva Z.S. Nitraty' i ix vozdejstvie na organizm cheloveka [Nitrates and their effect on the human body]. / Z.S. Shagalaeva. // Modern Science: Current Issues, Achievements and Innovations: Collection of Papers from the VII International Scientific and Practical Conference; — Penza: Nauka i Prosveshhenie, 2019. — P. 72–74. [in Russian]

16. State Pharmacopoeia of the Russian Federation, 15th edition. – OFS.1.1.0012 Validatsiya analiticheskikh metodik [Validation of analytical methods] (approved and enacted by Order of the Ministry of Health of Russia No. 377 dated 20 July 2023). — Moscow, 2023. — URL: https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-1/validatsiya-analiticheskikh-metodik/ (accessed: 04.11.2025). [in Russian]

17. SanPiN 42-123-4619-88. Metodicheskie ukazaniya po laboratornomu kontrolyu kachestva produktsii obshchestvennogo pitaniya. Opredelenie nitratov i nitritov. Dopustimye urovni soderzhaniya nitratov v produktakh rastitel'nogo proiskhozhdeniya [SanPiN 42-123-4619-88. Methodological guidelines for laboratory quality control of public catering products. Determination of nitrates and nitrites. Permissible levels of nitrate content in products of plant origin: official publication]: approved by the USSR Ministry of Health on 23 October 1991 No. 122-5/72: recommended by the USSR Ministry of Trade on 11 November 1991 No. 1-40/3805. — Moscow, 1991. — 262 p. [in Russian]

18. Lisunova L.I. Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. Nauchnye osnovy kormleniya zhivotnykh [Feeding farm animals. Scientific principles of animal feeding: teaching manual]: uchebno-metodicheskoe posobie / L.I. Lisunova, V.S. Tokarev. — Vitebsk: VGAVM, 2022. — 225 p. [in Russian]