

УДК 636.085.51

DOI: 10.33284/2658-3135-102-3-149

Выделение протеинового концентрата из растворов травяного клеточного сока

А.В. Шуваев

Сибирский государственный университет путей сообщения (г. Новосибирск)

Аннотация. Традиционные процессы приготовления, консервирования и использования кормов часто приводят к потерям значительной части содержащихся в них питательных веществ. В настоящее время существенная роль отводится развитию высокоэффективных технологий производства сухих зелёных кормов путём искусственного обезвоживания. Существуют два принципиально важных направления: высокотемпературная сушка и отжим зелёной массы прессованием. Недостатком первого является высокая энергоёмкость. Второй обладает преимуществом – энергозатраты снижаются в несколько десятков раз. Однако получаемый при прессовании зелёных кормов клеточный сок содержит в себе значительные количества питательных веществ, основу которых составляет белок. Недостаток клеточного сока как продукта питания – высокое содержание воды и неустойчивость при хранении. Возникает задача экспрессной переработки клеточного сока. Термический способ коагуляции белка клеточного сока неэкономичен и, кроме того, ухудшает белково-витаминные характеристики кормовых продуктов. Перспективными в этом плане могут оказаться химические способы, например, процессы высаливания белка из раствора травяного сока путём электролитных добавок.

Добавлением ряда электролитов к раствору травяного клеточного сока получены образцы протеинового концентрата. Результаты элементного и атомно-абсорбционного анализа показали наличие в образцах ионов металлов в количествах, превышающих фоновое содержание. Образцы протеинового концентрата, выделенные из растворов клеточного сока путём добавок сульфата меди (II) или хлорида кальция, соответствуют санитарным нормативам по содержанию меди и кальция в кормах для сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: травяной клеточный сок, электролитное высаливание белка, термокоагуляция растительного белка, протеиновый концентрат, сухие зелёные корма.

UDC 636.085.51

Isolation of a protein concentrate from solutions of herbal cell juice

AV Shuvaev

Siberian State Transport University (Novosibirsk, Russia)

Summary. The traditional processes of fodder cooking, canning and using often lead to the loss of a significant part of the contained nutrients. Currently, a significant role is given to the development of highly efficient technologies for the production of dry green fodder by means of artificial dehydration. There are two fundamentally important areas: high-temperature drying and pressing of green mass. The disadvantage of the first is high energy intensity. The second has the advantage - energy costs are reduced several dozen times. However, cell juice obtained by pressing of green feed contains significant amounts of nutrients, the basis of which is protein. The disadvantage of cell juice as a food product is its high water content and storage instability. There is a task of rapid processing of cell juice. The thermal method of coagulation of cell juice protein is uneconomical and, in addition, degrades the protein-vitamin characteristics of feed products. Promising in this regard may be chemical methods, for example, processes of salting out protein from a solution of herbal juice by electrolyte additives.

Protein concentrate samples were obtained by adding a series of electrolytes to a solution of herbal cell juice. The results of elemental and atomic absorption analysis showed the presence of metal ions in the amounts in excess of the background content. Samples of protein concentrate isolated from cell juice solutions by the addition of copper (II) sulfate or calcium chloride comply with sanitary standards for copper and calcium in feed for farm animals.

Key words: herbal cell juice, salting out of the protein by electrolytes, thermo coagulation of vegetable protein, protein concentrate, dry green feed.

Введение.

Получение, заготовка и сохранность сухих зелёных кормов с наименьшей потерей питательных веществ – наиболее важные вопросы кормопроизводства. В условиях развития высокоэффективных интенсивных технологий предпочтительны менее энергоёмкие процессы. Показано, что механическое прессование зелёных растений (Яковлев Д.А., 2011; Цугленок Н.В. и др., 2012) по сравнению с высокотемпературной сушкой (Умбетов Е.С. и др., 2016; Киреева В.В., 2004; Попов В.В., 2014) имеет преимущество (Анискин В.И., 2005; Ревякин Е.Л., 2013; Полунин А.А. и Абдулкери-мов С.А., 2014). Получаемый в процессе прессования травяной клеточный сок содержит питательные вещества: протеин, каротин, жир, витамины, микроэлементы, однако как продукт питания он малоприменим из-за высокого содержания воды и подверженности быстрому брожению (Новиков Ю.Ф. и др., 1985). Поэтому возникает необходимость экспрессной переработки травяного сока (Кощаев А.И. и др., 2004; Петенко А.И. и Кощаев А.И., 2005) с последующим выделением из него протеиновой пасты с наиболее высоким содержанием сухого вещества, т. е. в таком состоянии, которое допускает сохранность препарата продолжительное время при обычных условиях без каких-либо заметных изменений в его составе. Часто применяемые термические способы коагуляции белка из растительного сока обладают рядом недостатков: большой расход энергозатрат (Анискин В.И., 2005) и неизбежное ухудшение белково-витаминных характеристик кормовых продуктов при повышении температуры (Терпиловский К.Ф. и Примаков Н.С., 1975; Шевцов А.А. и др., 2013). В этом плане более перспективны химические способы выделения белковой фракции из растворов травяного сока (Хисматуллина З.Н., 2013; Кудряшова Н.С., 2018), основанные на коагулирующем действии добавляемых электролитов и осуществляемые при обычной комнатной температуре.

Нами была предпринята попытка выделить белковую фракцию из растворов травяного сока с применением способа высаливания (Шуваев А.В., 2018). Было показано, что при добавлении таких электролитов, как сульфат алюминия, хлорид алюминия, сульфат меди (II), сульфат железа (II), хлорид кальция наблюдается выделение белковой фракции. Полученные результаты имеют в основном качественный характер, поэтому мы решили продолжить исследования и получить более строгую количественную информацию.

Цель исследования.

Получить образцы протеинового концентрата из растворов травяного клеточного сока путём электролитных добавок и определить их химический атомарный состав на основе физико-химических методов исследования.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Протеиновый концентрат, выделяемый из растворов травяного клеточного сока

Схема эксперимента. Травяной клеточный сок был получен в проблемной лаборатории НГАУ путём механического прессования свежескошенной отавы люцерны, эспарцета, костра. Условия хранения травяного сока и методика исследования были такими же, что и в работе А.В. Шуваева (2018). Количество добавляемых солей определяли из тех интервалов концентраций солей, при которых наблюдались наибольшие выделения белковой фракции. Объём исследуемого травяного сока во всех опытах был постоянным – 10 мл. После добавления навески сухой соли к травяному соку, раствор перемешивался и центрифугировался в течение 10 минут. Затем декантацией отделяли осадок от раствора, прибавляли к нему дистиллированную воду, перемешивали до однородной консистенции и центрифугировали. Процедуру повторяли дважды. После этого осадок количественно переносили в выпарные фарфоровые чашки и помещали в сушильный шкаф. Сушили при температуре, не превышающей +60 °С, в течение нескольких суток до постоянной массы (на ночь сушильный шкаф отключали). Опыты с каждой солью повторяли, результаты усредняли. Аналогичная процедура осуществлялась с белковой фракцией, выделенной термическим способом. Образцы высушенной протеиновой пасты – протеинового концентрата – анализировали двумя независимыми физико-химическими методами – микрометодом в лаборатории микроанализа НИОХ СО РАН и атомно-абсорбционной спектроскопией в аналитической лаборатории Сибирского НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства.

Оборудование и технические средства. В работе использовали: мерную лабораторную посуду; аналитические весы ВЛР-20 («Госметр», г. Санкт-Петербург); центрифугу СМ-12-06; сушильный шкаф SNOL; автоматический анализатор CHN-240G («Perkin Elmer», США); атомно-абсорбционный спектрометр МГА-915 МД (ООО «Атомприбор», г. Санкт-Петербург).

Статистическая обработка. Все измерения с пробами травяного клеточного сока, а также с выделяемыми из них образцами протеинового концентрата, проводили дважды независимо, полученные результаты усредняли.

Результаты исследований.

Результаты исследований – определение массы и химического атомарного состава образцов сухого протеинового концентрата, выделенных из растворов травяного клеточного сока, – представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Масса выделенного сухого протеинового концентрата и его химический состав
Table 1. Weight of the isolated dry protein concentrate and its chemical composition

Но- мер про- бы/ Sam- ple No.	Добавляемый электро- лит/Added electrolyte		Масса концен- трата, г/ Concentrate weight, g		Содержание атомов, %/Atom content, %					
	Соль/Salt	Навеска, г/ Weigh, g	3 су- ток/ 3 days	сред- нее/ average	С	сред- нее/ average	Н	сред- нее/ average	Н	сред- нее/ average
1	Al ₂ (SO ₄) ₃ • 18H ₂ O	0,25605	1,21570	1,192	43,19	43,32	6,42	6,50	5,22	5,15
		0,26185	1,16930		43,44		6,57		5,07	
2	AlCl ₃ • 6H ₂ O	0,12435	1,25245	1,214	45,17	45,17	6,67	6,67	5,37	5,30
		0,12465	1,17580		45,17		6,67		5,23	
3	CuSO ₄ • 5H ₂ O	0,24930	1,23200	1,227	42,51	42,63	6,27	6,34	5,37	5,37
		0,25120	1,22185		42,75		6,40		5,37	
4	FeSO ₄ • 7H ₂ O	0,25395	1,06390	1,049	43,96	43,96	6,27	6,34	5,09	5,09
		0,25830	1,03345		43,96		6,40		5,09	
5	CaCl ₂	0,28390	1,40925	1,422	40,58	40,76	6,40	6,44	4,38	4,45
		0,29500	1,43570		40,93		6,47		4,52	
6	Термический способ/ Thermal method	–	1,08300	1,002	46,68	46,68	6,87	6,91	6,00	6,11
		–	0,92075		46,68		6,95		6,22	

Таблица 2. Содержание атомов металлов в пробах протеинового концентрата
Table 2. The content of metal atoms in samples of protein concentrate

Номер пробы*/ Sample No.*	Al		Cu		Fe		Ca	
	мг/кг/ mg/kg	%	мг/кг/ mg/kg	%	мг/кг/ mg/kg	%	мг/кг/ mg/kg	%
1	5575	0,56	–	–	–	–	–	–
2	5775	0,58	–	–	–	–	–	–
3	–	–	500	0,05	–	–	–	–
4	–	–	–	–	23350	2,33	–	–
5	–	–	–	–	–	–	28500	2,85
6	1215	0,12	70	0,007	5450	0,54	11500	1,15

* Номер пробы соответствует порядковому номеру пробы в таблице 1/*The sample number corresponds to the serial number of the sample in Table 1

Обсуждение полученных результатов.

Зная массу 10 мл травяного сока, равную 10,7882 г, и массу высушенного протеинового концентрата, можно оценить процентное содержание протеина в травяном соке. Полученные значения 8,5-13 % соответствуют литературным данным (5-12 %) и подтверждают полноту выделения белковой фракции из раствора (Ю.Ф. Новиков и др., 1985).

При сравнении результатов видно, что при добавлении электролитов из растворов травяного клеточного сока выделяется протеиновая паста с содержанием сухого протеинового концентрата в большем количестве, чем при температурной обработке. В первом случае наибольшее количество наблюдается при добавлении к раствору хлорида кальция. В то же время сравнение результатов элементного анализа разных проб показывает, что в протеиновом концентрате, полученном термическим способом, процентное содержание по трём атомам оказалось выше, чем в образцах, выделенных из растворов солей. Можно предположить, что в последних образцах присутствуют ионы электролитов. Для выяснения этого обстоятельства был проведён физико-химический анализ образцов протеинового концентрата на процентное содержание ионов металлов методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Полученные результаты приведены в таблице 2. Пробы анализировали на содержание атомов только тех металлов, которые добавляли в растворы травяного сока в составе соответствующего электролита (табл. 1). Протеиновый концентрат, полученный термическим способом, анализировали на наличие атомов четырёх разных металлов и определяли их фоновое содержание в натуральном продукте.

При сопоставлении результатов можно видеть, что в различных пробах протеинового концентрата, выделенных из растворов высаливанием, содержание атомов металлов превышает фоновое соответственно по Al в 5 раз, Cu – 7, Fe – 4, Ca – в 2,5 раза. Зная навеску вводимой в раствор соли и процентное содержание металла M в протеиновом концентрате, можно рассчитать распределение ионов металлов между раствором и осадком протеинового концентрата:

$$(\alpha_M)_i = \frac{[M]_{ПК}}{[M]_{р-р}},$$

где i – номер пробы;

$[M]_{ПК}$ – количество моль ионов металла M, перешедшего в протеиновый концентрат, вычислено с учётом фонового содержания;

$[M]_{р-р}$ – количество моль ионов металла M, оставшегося в растворе.

Были получены следующие значения: $(\alpha_{Al})_1=0,33$; $(\alpha_{Al})_2=0,66$; $(\alpha_{Cu})_3=0,01$; $(\alpha_{Fe})_4=0,58$; $(\alpha_{Ca})_5=0,30$. Таким образом, для изученных электролитов наибольшее количество ионов металлов переходит из раствора в осадок протеинового концентрата в случае хлорида алюминия и сульфата железа (II), а наименьшее – сульфата меди (II).

Железо, медь, кальций относятся к жизненно важным микроэлементам, присутствие которых необходимо в составе кормов. В таблице 3 приведены суточные нормы и максимально допустимые уровни (МДУ, мг/кг) по этим микроэлементам в кормах для ряда сельскохозяйственных животных (ДУВ Госагропрома СССР № 123-4/281-87, 1987; Калашников А.П. и др., 2003).

Из расчёта суточной кормовой нормы протеина в 0,5 кг можно оценить количество микроэлементов, которое содержится в пробах 3-5 (табл. 2), и сравнить их с нормой. Оказалось, что по железу – превышение в 20 раз, по меди – в 4 раза, а по кальцию, наоборот, меньше в 3 раза. Сопоставление с верхней границей МДУ показывает, что по железу – превышение в 7 раз, а содержание меди находится в пределах допустимого значения. Что касается алюминия, то этот элемент не является жизненно необходимым, и его присутствие в кормовом продукте в количестве, превышающем фоновое, можно рассматривать как нежелательное.

Таким образом, в соответствии с санитарными нормативами образцы протеинового концентрата, выделенные из растворов клеточного сока путём добавок сульфата меди (II) или хлорида кальция, можно считать вполне пригодными для применения их в качестве кормовых добавок в суточный рацион сельскохозяйственных животных.

Таблица 3. Суточная норма ряда компонентов в корме сельскохозяйственных животных
Table 3. The daily standard of components in the feed of farm animals

Компонент/ Component	Свиньи/Pigs	Поросята/ Piglets	Коровы/Cows	Телята/Calves	МДУ мине- ральных до- бавок, мг/кг/mg/kg/ MRL of min- eral additives mg/kg/mg/kg
Протеин, г/ Protein, g	400-500	600-1000	800-1100	500-1000	–
Железо, мг/ Iron, mg	300-400	500-600	600-900	190-240	3000
Медь, мг/ Copper, mg	50-60	70-90	60-100	25-50	500
Кальций, г/ Calcium, g	25-30	40-50	50-80	30-50	–

Выводы.

1. Под влиянием добавок пяти электролитов к раствору травяного клеточного сока получены образцы протеинового концентрата. Результаты элементного и атомно-абсорбционного анализов показали на наличие в образцах ионов металлов в количествах, превышающих естественное фоновое содержание.

2. Сопоставление результатов исследования образцов с санитарными нормативами, обеспечивающими безвредное содержание микроэлементов в кормах для сельскохозяйственных животных, показало, что этим требованиям удовлетворяют образцы, полученные из растворов при добавлении сульфата меди (II) и хлорида кальция.

Литература

1. Анискин В.И. Энергосберегающая технология производства гранулированного белково-витаминного корма // Техника в сельском хозяйстве. 2005. № 1. С. 33-37. [Aniskin VI. Energoberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva granulirovannogo belkovo-vitaminnoogo korma. Tekhnika v sel'skom khozyaistve. 2005;1:33-37. (In Russ)].

2. Временный максимально-допустимый уровень некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных / ДУВ Госагропрома СССР № 123-4/281-87. М., 1987. С. 1-2. [Vremenniy maksimal'no-dopustimiy uroven' nekotorykh khimicheskikh elementov i gossipola v kormakh dlya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. DUV Gosagroproma SSSR № 123-4/281-87. Moscow, 1987. P. 1-2. (In Russ)].

3. Киреева В.В. Технология комплексной переработки растительного сырья с получением пищевых белковых добавок // Известия вузов. Пищевая технология. 2004. № 5-6. С. 50-52. [Kireeva VV. Tekhnologiya kompleksnoi pererabotki rastitel'nogo syr'ya s polucheniem pishchevykh belkovykh dobavok. News of institutes of higher education. Food technology. 2004;5-6:50-52. (In Russ)].

4. Конвейерная гелиосушка с перекрёстным током теплоносителя / Е.С. Умбетов, Л.А. Уткин, Р.А. Омаров, Ы.Д. Осмонов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 1-1. С. 19-22. [Umbetov ES, Utkin LA, Omarov RA, Osmonov ID. The conveyor heliodryer with cross current of the heat carrier. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016;1-1:19-22. (In Russ)].

5. Кудряшова Н.С. Физическая и коллоидная химия: учебник и практикум для СПО. М.: Изд-во Юрайт, 2018. 379 с. [Kudryashova NS. Fizicheskaya i kolloidnaya khimiya: uchebnik i praktikum dlya SPO. Moscow: Izd-vo Yurait; 2018. 379 p. (In Russ)].

6. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие / А.П. Калашников и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с. [Kalashnikov AP, et al. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh: sprav. posobie. 3-e izd., pererab. i dop. Moscow: Agropromizdat, 2003. 456 p. (*In Russ*)].
7. Петенко А.И., Кошаев А.И. Концентрат из сока люцерны // Птицеводство. 2005. № 5. С. 28-29. [Petenko AI, Koshchaev AI. Kotsentrat iz soka lyutserny. Ptitsevodstvo. 2005;5:28-29. (*In Russ*)].
8. Полуниин А.А., Абдулкеримов С.А. Экономические аспекты оценки эффективности энергопотребления в сельском хозяйстве // Экономика сельского хозяйства России. 2014. № 7. С. 46-52. [Polukhin A, Abdulkerimov S. Economic aspects of an assessment of efficiency of consumption of energy in agriculture. Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii. 2014;7:46-52. (*In Russ*)].
9. Попов В.В. ИВК: лучше меньше, но лучше // Аграрное обозрение. 2014. № 6(46). С. 60-64. [Popov VV. IVK: luchshe men'she, no luchshe. Agrarnoe obozrenie. 2014;6(46):60-64. (*In Russ*)].
10. Ревякин Е.Л. Эффективность энергосберегающих технологий в растениеводстве // Техника и оборудование для села. 2013. № 9(195). С. 18-22. [Revyakin EL. Efficiency of resource-saving technologies in crop production. Machinery and Equipment for Rural Area. 2013;9(195):18-22. (*In Russ*)].
11. Рекомендации по использованию клеточного сока, протеиновой пасты и сухого протеинового концентрата из зелёных растений в кормлении сельскохозяйственных животных / Ю.Ф. Новиков и др. Запорожье, 1985. 27 с. [Novikov YuF, et al. Rekomendatsii po ispol'zovaniyu kletochnogo soka, proteinovoi pasty i sukhogo proteinovogo kotsentrata iz zelenykh rastenii v kormlenii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. Zaporozh'e, 1985. 27 p. (*In Russ*)].
12. Способ получения кормовой добавки из сока растений: пат. 2233597 Рос. Федерация / А.И. Кошаев, А.И. Петенко, Г.А. Плутахин. Заявл. 15.11.02; опубл. 10.08.04, Бюл. № 22. [Koshchaev AI, Petenko AI, Plutakhin GA. Sposob polucheniya kormovoi dobavki iz soka rastenii: pat. 2171035 Ros. Federatsiya. Zayavl. 15.11.02; opubl. 10.08.04, Byul. № 22. (*In Russ*)].
13. Терпиловский К.Ф., Примаков Н.С. Влияние температуры сушильного агента на качество белково-витаминного концентрата // Доклады Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина. 1975. № 7. С. 44-45. [Terpilovskii KF, Primakov NS. Vliyanie temperatury sushil'nogo agenta na kachestvo belkovo-vitaminного kotsentrata. Doklady Vsesoyuznoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk im. Lenina VI. 1975;7:44-45. (*In Russ*)].
14. Хисматуллина З.Н. Методы фракционирования смеси белков на индивидуальные белки // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. Вып. 21. С. 212-217. [Khismatullina ZN. Metody fraktsionirovaniya smesi belkov na individual'nye belki. Herald of Kazan Technological University. 2013;16(21):212-217. (*In Russ*)].
15. Цугленок Н.В., Матюшев В.В., Цугленок Г.И. Повышение энергетической эффективности использования технических средств отжатия зелёного сока растений за счёт конструктивного совершенствования системы питания // Вестник КрасГАУ. 2012. № 5. С. 305-311. [Tsuglenok NV, Matyushev VV, Tsuglenok GI. Power efficiency increase of the technical facilities use for green plant moisture squeezing by means of power supply system constructive perfection. Bulletin of KrasGAU. 2012;5:305-311. (*In Russ*)].
16. Шевцов А.А., Дранников А.В., Дерканосова А.А., Коротаева А.А. Вегетативная масса растений как нетрадиционный источник протеина // Актуальная биотехнология. 2013. № 1(4). С. 38-40. [Shevtsov AA, Drannikov AV, Derkanosova AA, Korotaeva AA. Vegetative mass of plants, as untraditional source of protein. Aktual'naya biotekhnologiya. 2013;1(4):38-40. (*In Russ*)].
17. Шуваев А.В. Выделение белковой фракции из растворов кормового клеточного сока путём добавок электролитов [Электронный ресурс] // Наука и образование: новое время. 2018. № 5(28). С. 138-144. url: <https://artculus-info.ru/category/06-00-00-selskohozyajstvennye-nauki/?tag=5-sentyabr-oktyabr-2018-g> [Shuvaev AV. Isolation of the protein fraction from solutions of fodder's cell juice by adding electrolytes. Nauka i obrazovanie: novoe vremya. 2018;5(28):138-144. (*In Russ*)]. Доступно по: <https://artculus-info.ru/category/06-00-00-selskohozyajstvennye-nauki/?tag=5-sentyabr-oktyabr-2018-g>].

18. Яковлев Д.А. Теоретические исследования процесса отжима сока шнековым рабочим органом с дополнительным дренирующим контуром // Вестник Донского государственного технического университета. 2011. Т. 11. № 7(58). С. 997-1004. [Yakovlev DA. Theoretical studies of juicing by screw operating device with extra drainage contour. Vestnik of Don State Technical University. 2011;T. 11. 7(58):997-1004. (In Russ)].

References

1. Aniskin VI. Energy-saving technology for the production of granular protein-vitamin feed. *Technique in agriculture*. 2005;1:33-37.
2. Temporary maximum residues level of some chemical elements and gossypol in feed for farm animals. OIL of the USSR State Agro-Industrial Committee No. 123-4/281-87. Moscow, 1987: 1-2.
3. Kireeva VV. The technology of complex processing of plant materials to obtain food protein supplements. *News of institutes of higher education. Food technology*. 2004;5-6:50-52.
4. Umbetov ES, Utkin LA, Omarov RA, Osmonov ID. The conveyor heliodryer with cross current of the heat carrier. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2016;1-1:19-22.
5. Kudryashova NS. Physical and colloidal chemistry: a textbook and workshop for secondary vocational education. Moscow: Yurait Publishing House; 2018. 379 p.
6. Kalashnikov AP, et al. Standards and diets of farm animals: Ref. book. 3rd ed., rework. and add. Moscow: Agropromizdat; 2003: 456 p.
7. Petenko AI, Koshchaev AI. Concentrate from alfalfa juice. *Poultry breeding*. 2005;5:28-29.
8. Polukhin A, Abdulkrimov S. Economic aspects of an assessment of efficiency of consumption of energy in agriculture. *Agricultural Economics of Russia*. 2014;7:46-52.
9. Popov VV. CPI: better less, but better. *Agricultural Review*. 2014;6(46):60-64.
10. Revyakin EL. Efficiency of resource-saving technologies in crop production. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2013;9(195):18-22.
11. Novikov YuF, et al. Recommendations on the use of cell juice, protein paste and dry protein concentrate from green plants in feeding farm animals. *Zaporozhye*, 1985: 27 p.
12. Koshchaev AI, Petenko AI, Plutachin GA. A method of obtaining a feed additive from plant juice: US Pat. 2233597 Ros. Federation. Claim 15.11.02; Publ. 10.08.04. Bull. Number 22.
13. Terpilovsky KF, Primakov NS. The effect of the temperature of the drying agent on the quality of protein-vitamin concentrate. *Reports of the All-Union Academy of Agricultural Sciences named after Lenin VI*. 1975;7:44-45.
14. Khismatullina ZN. Methods of fractionating a mixture of proteins into individual proteins. *Herald of Kazan Technological University*. 2013;16(21):212-217.
15. Tsuglenok NV, Matyushev VV, Tsuglenok GI. Power efficiency increase of the technical facilities use for green plant moisture squeezing by means of power supply system constructive perfection. *Bulletin of KrasGAU*. 2012;5:305-311.
16. Shevtsov AA, Drannikov AV, Derkanosova AA, Korotaeva AA. Vegetative mass of plants, as untraditional source of protein. *Actual biotechnology*. 2013;1(4):38-40.
17. Shuvaev AV. Isolation of the protein fraction from solutions of fodder's cell juice by adding electrolytes. *Science and education: new time*. [Internet]. 2018;5(28):138-144. Available from: <https://articulus-info.ru/category/06-00-00-selskohozyajstvennyye-nauki/?tag=5-sentyabr-oktyabr-2018-g>.
18. Yakovlev DA. Theoretical studies of juicing by screw operating device with extra drainage contour. *Vestnik of Don State Technical University*. 2011;V.11. 7(58):997-1004.

Шуваев Александр Васильевич, кандидат химических наук, доцент кафедры «Химия» Сибирского государственного университета путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191, тел. 8-953-867-00-20, e-mail: shuvaev53@mail.ru

Поступила в редакцию 31 июля 2019 г.; принята после решения редколлегии 16 сентября 2019 г.; опубликована 30 сентября 2019 г. / Received: 31 July 2019; Accepted: 16 September 2019; Published: 30 September 2019