

**Шуваев Александр Васильевич,**

*канд. хим. наук, доцент,*

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»,*

*г. Новосибирск, Россия*

## **ВЫДЕЛЕНИЕ БЕЛКОВОЙ ФРАКЦИИ ИЗ РАСТВОРОВ КОРМОВОГО КЛЕТОЧНОГО СОКА ПУТЕМ ДОБАВОК ЭЛЕКТРОЛИТОВ**

На примере десяти неорганических солей, характеризующихся разными значениями энергий гидратации, изучено влияние электролитов на состояние белка в растворе кормового клеточного сока. Показано, что при добавлении к раствору клеточного сока таких электролитов, как сульфат алюминия, хлорид алюминия, сульфат меди (II), сульфат железа (II), хлорид кальция, наблюдается выделение белковой фракции. Отмечено, что водные растворы указанных солей имеют кислую реакцию среды.

**Ключевые слова:** кормовой клеточный сок, электролитное высаливание белка, термокоагуляция растительного белка, белковая фракция, сухие зеленые корма.

**Alexander V. Shuvaev,**

*PhD in Chemistry, associated professor,*

*Siberian State University of Railway Engineering,*

*Novosibirsk, Russia*

## **ISOLATION OF THE PROTEIN FRACTION FROM SOLUTIONS OF FODDER'S CELL JUICE BY ADDING ELECTROLYTES**

The effect of electrolytes on the protein state in the solution of feed cell juice was studied on the example of ten inorganic salts, characterized by different values of hydration energies. It has been shown that when electrolytes such as aluminum sulfate, aluminum chloride, copper (II) sulfate, iron (II) sulphate, calcium chloride was added to the solution of the cell juice, a protein fraction's liberation is observed. Aqueous solutions of these salts were noted to have an acid reaction of the medium.

**Keywords:** fodder cellule sap, salting out of the protein by electrolytes, thermo coagulation of vegetable protein, protein's fraction, dry green feed.

Традиционные процессы приготовления, консервирования и использования кормов приводят к потерям значительной части содержащихся в них питательных веществ. Так, например, только при естественной сушке

многолетних трав на сено в зависимости от погодных условий потери протеина составляют 20-50%, каротина – 90-95%, а общие потери в кормовых единицах – не менее 50-60% [9]. В связи с этим резко возрастает роль высокоэффективных технологий производства сухих зеленых кормов путем искусственного обезвоживания.

Существуют два принципиально важных направления: термический способ (так называемая высокотемпературная сушка) [8] и отжим зеленой массы прессованием – механическое фракционирование [10]. Существенный недостаток первого – высокая энергоемкость. Второй обладает преимуществом: энергозатраты снижаются в десятки раз [1]. Однако получаемая при механическом прессовании зеленых кормов водная фаза – клеточный сок – содержит в себе значительное количество питательных веществ: протеин, каротин, жир, витамины, минеральные вещества (до 15% в пересчете на сухое вещество, в котором содержание белка составляет 40-50% [6]). Недостаток клеточного сока как продукта питания – высокое содержание воды и неустойчивость при хранении: в летний период через 2-4 ч после получения он начинает бродить [6], и поэтому возникает необходимость экспресс-переработки клеточного сока [3].

Термический способ коагуляции белка клеточного сока неэкономичен и, кроме того, ухудшает белково-витаминные характеристики кормовых продуктов [7]. Перспективными в этом плане могут оказаться химические способы [5].

Известно, что добавление электролитов к водным растворам многих высокомолекулярных соединений приводит к осаждению последних – высаливанию [2, 4]. Электролиты действуют при высаливании тем энергичней, чем сильнее гидратируются их ионы.

В данной работе приводятся результаты исследования характера влияния электролитных добавок различных неорганических солей на состояние белковой фракции в растворе кормового клеточного сока. Для исследований нами были выбраны десять солей, они перечислены в Таблице 1, где также

указаны значения их энергий гидратации ( $\Delta G_h$ ).

Таблица 1 – Значения энергий гидратации для неорганических солей при 25°C

Соединение	$\Delta G_h$ , кДж/моль	Соединение	$\Delta G_h$ , кДж/моль
$Al_2(SO_4)_3$	12 285,46	$CaCl_2$	2 221,71
$AlCl_3$	5 571,68	$Na_2CO_3$	2 121,28
$Na_3PO_4$	–	$Na_2SO_4$	1 853,50
$CuSO_4$	3 096,16	$(NH_4)_2SO_4$	1 669,42
$FeSO_4$	2 916,82	$NaCl$	736,38

Клеточный сок, полученный в результате механического прессования свежескошенной травы смешанных сортов: осенняя отава, люцерна, эспарцет, костер, – охлаждали в кристаллизаторе в холодильной камере до температуры 2...3°C, затем переливали в термос и помещали в холодильник. В дальнейшем из термоса отбирали небольшие порции, используемые непосредственно для анализа. В описанных условиях хранения клеточный сок не претерпевает каких-либо изменений в течение недели.

Была разработана следующая **методика исследования**. Одинаковые порции сока, объемом 10 мл, помещали в несколько стеклянных стаканчиков. Взвешивали различные навески сухой соли, количественно переносили их в стаканчики, перемешивали до полного растворения соли. Затем содержимым стаканчиков заполняли пробирки (примерно наполовину), которые центрифугировали в течение 10 мин. При анализе содержимого пробирок наблюдали отделение белковой фракции от раствора и сравнивали интенсивность окраски растворов над осадками в пробирках с разными количествами одной и той же соли. Для характеристики использовали цветность и степень интенсивности. Полученные результаты представлены в Таблице 2. Здесь также приведена информация о состоянии клеточного сока

для случаев: без добавок электролитов и при термической обработке с последующим центрифугированием.

Таблица 2 – Влияние электролитов на раствор кормового клеточного сока

Навеска, г	Концентрация, моль/л	Характер среды раствора	Состояние после центрифугирования	
			твердая фаза	цвет раствора над осадком
1	2	3	4	5
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$				
0,06275	0,009	Кислая	Выделяется белковая фракция	Коричневый
0,12515	0,020	- " -	- " -	Желтый
0,25000	0,037	- " -	- " -	Светло-желтый
0,50060	0,073	- " -	- " -	Желтый
0,99920	0,14	- " -	- " -	Темно-желтый
$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$				
0,03260	0,014	Кислая	Выделяется белковая фракция	Коричневый
0,06130	0,026	- " -	- " -	Желтый
0,12525	0,052	- " -	- " -	Светло-желтый
0,25015	0,10	- " -	- " -	Светло-желтый
0,50035	0,20	- " -	- " -	Светло-коричневый
0,99950	0,38	- " -	- " -	Светло-коричневый
$\text{Na}_3\text{PO}_4$				
0,24-2,10	0,15-1,3	Щелочная	Белковая фракция не выделяется	–
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$				
0,24615	0,10	Кислая	Выделяется белковая фракция	Светло-зеленый
0,54030	0,22	- " -	- " -	Зеленый
1,13700	0,44	- " -	- " -	Темно-зеленый
2,01450	0,74	- " -	- " -	Темно-зеленый
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$				

1	2	3	4	5
0,25210	0,09	Кислая	Выделяется белковая фракция	Светло-коричневый
0,54840	0,20	- " -	- " -	Светло-коричневый
0,99000	0,33	- " -	- " -	Коричневый
2,05445	0,66	- " -	- " -	Коричневый
CaCl <sub>2</sub>				
0,28605	0,26	Кислая	Выделяется белковая фракция	Светло-коричневый
0,48705	0,44	- " -	- " -	Светло-коричневый
1,00090	0,90	- " -	- " -	Коричневый
2,14210	1,9	- " -	- " -	Коричневый
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> · 10H <sub>2</sub> O				
0,28-2,23	0,10-0,67	Щелочная	Белковая фракция не выделяется	–
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> · 10H <sub>2</sub> O				
0,12-,99	0,04-1,3	Нейтральная	Белковая фракция не выделяется	–
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				
0,06-2,09	0,04-1,6	Кислая	Белковая фракция не выделяется	–
NaCl				
0,05-3,16	0,08-5,40	Нейтральная	Белковая фракция не выделяется	–
Клеточный сок без добавок электролита				
–	–	Слабокислая	Белковая фракция не выделяется	–
Раствор после термокоагуляции				
–	–	Нейтральная	Выделяется белковая фракция	Сильно темно-коричневый (непрозрачный)

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы. При добавлении пяти солей: Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·18H<sub>2</sub>O, AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O,

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2$ , – к раствору клеточного сока происходит выделение белковой фракции. Для других пяти солей:  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ , – в исследованных диапазонах концентраций не наблюдается заметного эффекта высаливания. Полученные данные в целом не противоречат корреляционной зависимости между величинами энергии гидратации и эффектом высаливания.

Характеристика цветности и интенсивности растворов над осадками дает возможность предположить, что существуют определенные области концентраций солей, при которых происходит наибольшее выделение белковой фракции. Повышение, равно как и понижение, концентрации вызывает уменьшение выделения твердой фазы. Это особенно отчетливо видно на примере двух солей – сульфата и хлорида алюминия. Из сравнения интенсивностей растворов следует, что при термической обработке выделяется белковой фракции меньше, чем при высаливающим действием электролитов.

Обращает на себя внимание тот факт, что выделение белковой фракции из растворов происходит в тех случаях, когда к ним добавляются соли, характеризующиеся кислой реакцией среды за счет протекающих процессов гидролиза. Исключение составляет сульфат аммония, для которого, кстати, значение энергии гидратации меньше, чем для отмеченных выше солей.

Таким образом, при добавлении к раствору кормового клеточного сока таких электролитов, как сульфат алюминия, хлорид алюминия сульфат меди (II), сульфат железа (II), хлорид кальция, выделяется белковая фракция. При термической обработке клеточного сока белковой фракции выделяется меньше, чем при действии электролитов.

### *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

- 1. Анискин В.И. Энергосберегающая технология производства гранулированного белково-витаминного корма // Техника в сельском хозяйстве. – 2005. – № 1. – С. 33-37.*
- 2. Измайлов Н.А. Электрохимия растворов. – М.: Химия, 1976. – 488 с.*
- 3. Коцаев А.И., Петенко А.И., Плутахин Г.А. Способ получения кормовой добавки из сока растений. Патент РФ 2233597 А23К1/14. Заявл. 15.11.2002; опубл. 10.08.2004, 5 с.*

4. *Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. Равделя А.А., Пономаревой Л.Н. – Л.: Химия. – 2003. – 238 с.*
5. *Кудряшова Н.С. Физическая и коллоидная химия: учебник и практикум для СПО. – М.: Издательство «Юрайт», 2018. – 379 с.*
6. *Рекомендации по использованию клеточного сока, протеиновой пасты и сухого протеинового концентрата из зеленых растений в кормлении сельскохозяйственных животных / Ю.Ф. Новиков и др. – Запорожье, 1985. – 27 с.*
7. *Терпиловский К.Ф., Примаков Н.С. Влияние температуры сушильного агента на качество белково-витаминного концентрата // Доклады ВАСХНИЛ. – 1975. – № 7. – С. 44-45.*
8. *Умбетов Е.С., Уткин Л.А., Омаров Р.А., Осмонов Ы.Д. Конвейерная гелиосушка с перекрестным током теплоносителя // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 1-1. – С. 19-22.*
9. *Шевцов А.А., Дранников А.В., Дерканосова А.А., Кортаева А.А. Вегетативная масса растений как нетрадиционный источник протеина // Актуальная биотехнология. – 2013. – № 1(4). – С. 38-40.*
10. *Яковлев Д.А. Теоретические исследования процесса отжима сока шнековым рабочим органом с дополнительным дренирующим контуром // Вестник ДГТУ. – 2011. – Т. 11, № 7(58). – С. 997-1004.*