

Исследование процесса нейтрализации кислотности кукурузного экстракта

Ульянов В.М., Утолин В.В., Лузгин Н.Е.

Аннотация. Использование побочных продуктов перерабатывающих предприятий в кормопроизводстве позволяет существенно расширить кормовую базу и снизить себестоимость животноводческой продукции. Одним из побочных продуктов крахмалопаточного производства является кукурузный экстракт, который обладает высокой кормовой ценностью и содержит до пятидесяти процентов белка. При этом кукурузный экстракт имеет существенный недостаток – высокую кислотность, что ограничивает его применение в рационах кормления сельскохозяйственных животных. Существующие способы химической обработки кормов не позволяют использовать их при нейтрализации кислотности экстракта, из-за высокой концентрации макроэлементов в конечном продукте. В данной статье изложены экспериментальные исследования и их результаты с целью подтверждения разработанного способа нейтрализации кислотности кукурузного экстракта.

Ключевые слова: экстракт, нейтрализатор, реагенты, кислотность.

Для цитирования: Ульянов В.М., Утолин В.В., Лузгин Н.Е. Исследование процесса нейтрализации кислотности кукурузного экстракта // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 4. С. 72–76.

Investigation of the process of neutralizing the acidity of corn extract

Ulyanov V.M., Utolin V.V., Luzgin N.E.

Abstract. The use of by-products of processing enterprises in feed production makes it possible to significantly expand the feed base and reduce the cost of livestock products. one of the by-products of starch production is corn extract, which has a high feed value and contains up to fifty percent protein. At the same time, corn extract has a significant drawback – high acidity, which limits its use in the feeding diets of farm animals. Existing methods of chemical processing of feed do not allow them to be used to neutralize the acidity of the extract, due to the high concentration of macronutrients in the final product. This article presents experimental studies and their results in order to confirm the developed, new method of neutralizing the acidity of corn extract.

Keywords: extract, neutralizer, reagents, acidity.

For citation: Ulyanov V.M., Utolin V.V., Luzgin N.E. Investigation of the process of neutralizing the acidity of corn extract. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 4. pp. 72–76. (In Russ.).

Введение

Одним из путей увеличения кормовой базы животноводства является использование побочных продуктов перерабатывающих производств. При производстве крахмала из зерна кукурузы наиболее массовыми побочными продуктами являются мезга и экстракт [1]. Мезга является источником клетчатки и крахмала, а экстракт – белка [2]. При высокой кормовой ценности кукурузный экстракт обладает высокой кислотностью, это ограничивает его применение в рационах кормления сельскохозяйственных

животных [3, 4]. Существующие способы нейтрализации кислотности не позволяют изменить значение pH экстракта до требуемых значений, соблюдая зоотехнические требования по содержанию макроэлементов в кормах. Сотрудниками Рязанского государственного агротехнологического университета разработан способ и техническое средство для нейтрализации кукурузного экстракта с совместным использованием двух химических реагентов, позволяющий снизить значение pH экстракта до 6,3...6,5 [5]. В результате теоретических исследований определены химические реагенты и их количество



Рис. 1. Макет нейтрализатора экстракта

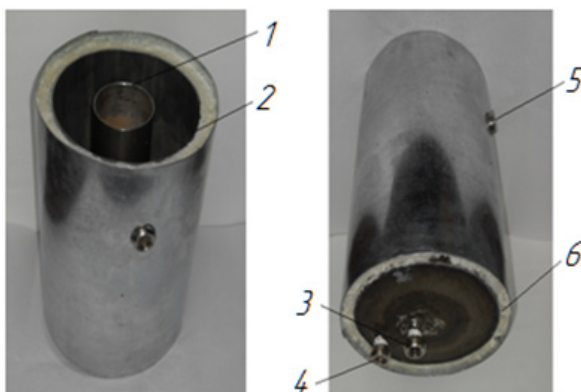


Рис. 2. Теплообменный аппарат модели нейтрализатора

[6]. Для подтверждения результатов теоретических исследований необходимо было провести экспериментальные исследования процесса нейтрализации сгущенного экстракта.

Объекты и методы исследований

Программой экспериментальных исследований предусматривалось определение времени и температуры экстракта при нейтрализации его кислотности [7]. Для выполнения программы экспериментальных исследований, на основании результатов теоретических исследований, был изготовлен макет нейтрализатора экстракта (рис. 1) [8].

Макет нейтрализатора экстракта состоит из рамы 1, теплообменника 2, электродвигателя с мешалкой 3, насоса-смесителя 4, кранов запорной арматуры 5, 6, 7, 8 и трубопровода 9.

Теплообменный аппарат макета (рис. 2) изготовлен из нержавеющей стали. Он состоит из внутреннего 1 и внешнего 2 цилиндров, которые установлены соосно с образованием двух камер внутренней

и межстенной. Таким образом, камеры имеют общую цилиндрическую поверхность. Внутренняя камера предназначена для приготовления водного раствора реагентов, межстенная для экстракта. Теплообменный аппарат снабжен патрубками, расположенными в днище 3 и 4 соединенными соответственно с внутренней и внешней камерами. В верхней части теплообменный аппарат снабжен патрубком 5 соединенным с межстенной камерой. Наружная поверхность теплообменного аппарата теплоизолирована 6. Конструкцией теплообменного аппарата предусмотрена возможность замены внутреннего цилиндра для обеспечения изменения толщины стенки.

Насос-смеситель 4 нейтрализатора обеспечивает циркуляцию экстракта при нагревании и смешивание его с раствором реагентов. Поэтому подача насоса нейтрализатора является значимым фактором. В результате однофакторных экспериментов нами установлено время нагревания экстракта, которое находится в диапазоне от 1800 до 2400 с. При этом максимальная температура, после нагревания сохраняется в течение 1200...1800 с. Поэтому учитывая, что подачу водного раствора в экстракта следует осуществлять при минимальном значении его вязкости, смешивание следует проводить в течении 1200...1800 с. На этом основании и учитывая рекомендованную кратность смешивания, для подобных конструкций смесителей, был определен диапазон изменения фактора – подача насоса нейтрализатора от $6,3 \times 10^{-6}$ до $10,3 \times 10^{-6}$ м³/с с шагом $2,0 \times 10^{-6}$ м³/с.

Толщина стенки внутреннего цилиндра нейтрализатора оказывает значительное влияние на время и температуру нагревания экстракта. Анализ подобных конструкций и научных исследований по данному вопросу показал, что данный показатель следует принимать в диапазоне от 0,0004 до 0,0006м. При рекомендованных показателях достигается максимальная температура нагревания при минимальном времени. В нашем случае учитывая массу, плотность экстракта и водного раствора реагентов, загружаемых в нейтрализатор, основываясь на инженерных расчетах, толщина стенки внутреннего цилиндра нейтрализатора была принята равной 0,001м.

При исследовании процесса нейтрализации кислотности экстракта потребление энергии определяли электроизмерительным прибором К-50, температуру – термометром М-838, кислотность – рН-метром HANNA HI98103 Checker 1, время – секундомером СОСпр-26-2-0009. Для определения массы экстракта и реагентов использовали весы ВСП –0,5–1.

В качестве исследуемого материала использовали сгущенный кукурузный экстракт влажностью 52%, рН 3,9 и начальной температурой 44 °С.

Результаты и их обсуждение

На основании полученных экспериментальных данных были построены графические зависимости изменения рН экстракта и его температуры от вре-

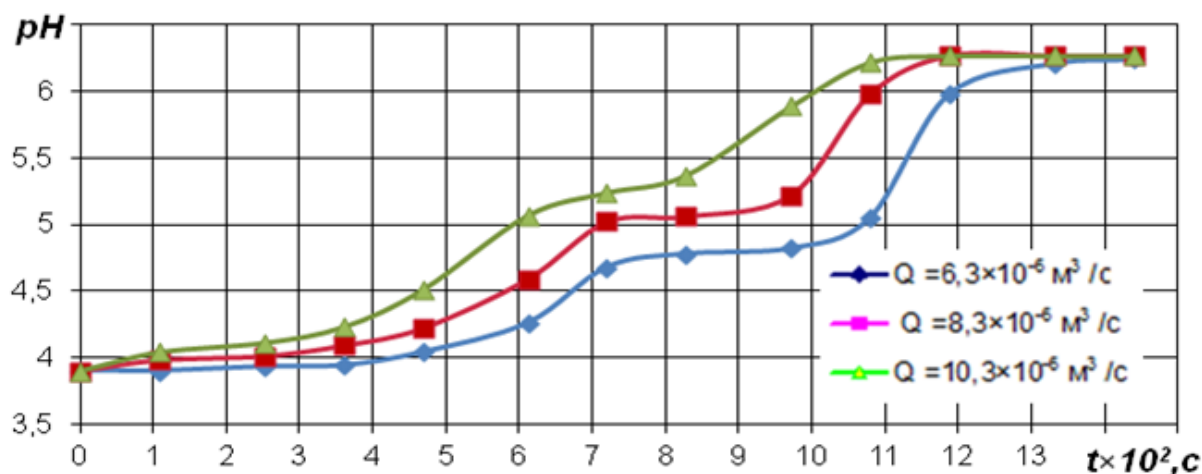


Рис. 3. Графическая зависимость pH экстракта от времени нейтрализации при различной подаче насоса

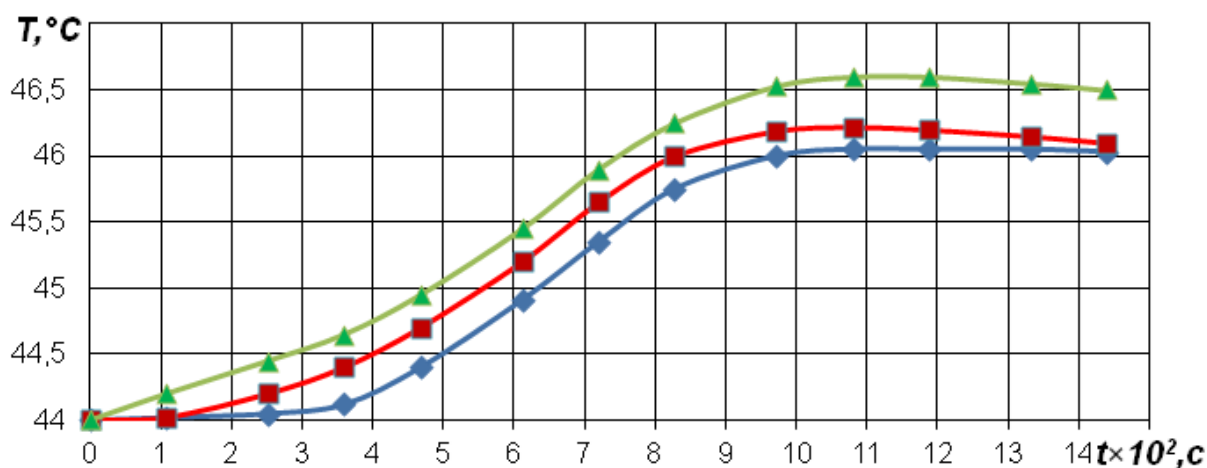


Рис. 4. Графическая зависимость pH экстракта от времени нейтрализации при различной подаче насоса

мени нейтрализации при различной подаче насоса (рис. 3 и 4).

Анализ графических зависимостей (рис. 4) показал, что полученные кривые имеют аналогичный характер и смещение по оси абсцисс.

В соответствии с характером кривых прослеживается два этапа повышения pH и стабилизации. На первоначальном этапе pH практически не меняет своего значения, это происходит из-за недостатка реагента в экстракте. Затем наблюдается резкое повышение pH, это характерно для частичной нейтрализации кислотности. Далее pH стабилизируется на 240..300 с, на данном этапе в химической реакции наблюдается буферный эффект. При дальнейшем увеличении концентрации раствора реагентов в экстракте буферный эффект преодолевается и происходит дальнейшее повышение pH до полного завершения химической реакции.

Во всем диапазоне изменения подачи насоса обеспечивается повышение pH от исходного значения 3,9 до необходимого 6,3. Буферный эффект наблюдается при pH 4,6... 5,4. Основное влияние подача насоса оказывает на время нейтрализации экстракта. При подаче $10,3 \cdot 10^{-6} m^3/c$ время нейтрализации составляет 1200 с, при $8,0 \cdot 10^{-6} m^3/c$ – 1320 с, при $6,3 \cdot 10^{-6}$ – 1440 с.

Графические зависимости (рис. 4) имеют аналогичный характер. Изменение температуры в отличии

от pH происходит равномерно в один этап. По изменению температуры на графическом изображении отсутствует подтверждение буферного эффекта. Это происходит из-за инертности нагревания экстракта и занимает больше времени, чем изменения pH. Кроме того сглаживание буферного эффекта идет за счет частичных потерь теплоты в окружающую среду.

При подаче насоса $6,3 \cdot 10^{-6} m^3/c$ происходит дополнительное нагревание экстракта до $45,9 \text{ }^\circ\text{C}$ за 1440 с; при подаче $8,3 \cdot 10^{-6}$ – до $46,4 \text{ }^\circ\text{C}$ за 1080 с и при подаче $10,3 \cdot 10^{-6} m^3/c$ – $46,6 \text{ }^\circ\text{C}$ за 1080 с. Таким образом установлено, что температура СКЭ при его нейтрализации дополнительно повышается на $2,0... 2,6 \text{ }^\circ\text{C}$, в зависимости от подачи насоса.

Выводы

Результаты экспериментальных исследований процесса нейтрализации кислотности экстракта подтвердили ранее предложенные теоретические положения. Установлено что при смешивании водного раствора гидроксидов кальция и натрия с экстрактом происходит нейтрализация его кислотности. При этом использование 19 г гидроксида натрия и 12 г оксида кальция на 1 кг экстракта влажностью 52% обеспечивает изменение pH с 3,9 до 6,3.

Литература

- [1] Утолин, В. В. Использование кукурузной мезги и сгущенного экстракта в рационах кормления сельскохозяйственных животных / В. В. Утолин, А. А. Полункин, С. А. Киселев // Сборник научных трудов студентов магистратуры / Министерство сельского хозяйства РФ ФГОУ ВПО Рязанский ГАУ имени П.А. Костычева. Рязань: Рязанский ГАУ им. П.А. Костычева, 2013. С. 51-53. – EDN RRUMXP.
- [2] Эффективность использования отходов крахмалопаточного производства в рационах молодняка крупного рогатого скота / П. И. Афанасьев, В. И. Гудыменко, Г. В. Расторгуев [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2005. № 1(5). С. 129-131. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15133964>.
- [3] Использование побочной продукции крахмало-паточного производства в рационах сельскохозяйственных животных / П. И. Афанасьев, А. А. Шапошников, В. И. Гудыменко [и др.] // Зоотехния. 2008. № 6. С. 14-16. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11672875>.
- [4] Способ повышения кормовых достоинств кукурузного экстракта / П. И. Афанасьев, Н. Н. Селезнева, Ю. В. Калинин [и др.] // Инновационные пути развития АПК на современном этапе: Материалы XVI Международной научно-производственной конференции, Белгород, 14–16 мая 2012 года. Белгород: Белгородская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Я. Горина, 2012. С. 95. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23860770>.
- [5] Технология приготовления сырого корма из отходов крахмалопаточного производства / Г. А. Подобуев, В. В. Утолин, В. М. Ульянов, М. А. Коньков // Энергосберегающие технологии использования и ремонта машинно-тракторного парка: Сборник материалов научно-практической конференции инженерного факультета. Рязань, 01 января 2004 года / ФГОУ ВПО Рязанская ГАУ имени профессора П.А. Костычева. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2004. С. 125-127. – EDN RXKXMJ.
- [6] Патент № 2336722 С1 Российская Федерация, МПК А23К 1/00, А23К 1/16. Способ приготовления сырого корма из побочных продуктов крахмалопаточного производства: № 2007115311/13 : заявл. 23.04.2007; опубл. 27.10.2008 / Г. А. Подобуев, В. В. Утолин, М. А. Коньков; заявитель ФГОУ ВПО Рязанская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора П.А. Костычева. – EDN JCOYUF.
- [7] Утолин, В. В. Определение температуры нагревания сгущенного кукурузного экстракта в нейтрализаторе кислотности / В. В. Утолин, Н. Е. Лузгин // Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России : Материалы национальной научно-практической конференции,

References

- [1] Utolin, V. V. The use of corn pulp and condensed extract in the feeding rations of farm animals / V. V. Utolin, A. A. Polunkin, S. A. Kiselev // Collection of scientific papers of graduate students / Ministry of Agriculture of the Russian Federation Federal State Educational Institution of Higher Professional Education Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2013. pp. 51-53. – EDN RRUMXP.
- [2] Efficiency of the use of starch-treacle production waste in the diets of young cattle / P. I. Afanasyev, V. I. Gudymenko, G. V. Rastorguev [et al.] // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2005. No. 1(5). p. 129-131. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15133964>
- [3] The use of by-products of starch-treacle production in the diets of farm animals / P. I. Afanasyev, A. A. Shaposhnikov, V. I. Gudymenko [et al.] // Zootechnia. 2008. No. 6. pp. 14-16. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11672875>.
- [4] A way to increase the feed advantages of corn extract / P. I. Afanasyev, N. N. Selezneva, Yu. V. Kalinin [et al.] // Innovative ways of agro-industrial complex development at the present stage: Materials of the XVI International Scientific and Production Conference, Belgorod, May 14-16, 2012. Belgorod: Belgorod State Agricultural Academy named after V.Ya. Gorin, 2012. p. 95. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23860770>.
- [5] Technology of preparation of raw feed from starch production waste / G. A. Podobuev, V. V. Utolin, V. M. Ulyanov, M. A. Konkov // Energy-saving technologies for the use and repair of machine and tractor park: Collection of materials of the scientific and practical conference of the Faculty of Engineering. Dedicated to the 50th anniversary of the departments «Operation of the machine and tractor fleet» and «Technology of metals and repair of machines», Ryazan, January 01, 2004 / Ryazan State Agricultural Academy named after Professor P.A. Kostychev. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2004. pp. 125-127. – EDN RXKXMJ.
- [6] Patent No. 2336722 C1 Russian Federation, IPC A23K 1/00, A23K 1/16. Method of preparation of raw feed from by-products of starch-treacle production: No. 2007115311/13 : application 23.04.2007: publ. 27.10.2008 / G. A. Podobuev, V. V. Utolin, M. A. Konkov; applicant FGOU VPO Ryazan State Agricultural Academy named after Professor P.A. Kostychev. – EDN JCOYUF.
- [7] Utolin, V. V. Determination of the heating temperature of condensed corn extract in an acidity neutralizer / V. V. Utolin, N. E. Luzgin // Innovative development of the modern agro-industrial complex of Russia : Materials of the National scientific and practical conference, Ryazan, December 12, 2016 / Ministry of Agriculture of the Russian Federation; Federal State Budgetary

Рязань, 12 декабря 2016 года / ФГБОУ ВО «Рязанский ГАУ имени П.А. Костычева». Рязань: Рязанский ГАУ им. П.А. Костычева, 2016. С. 207-211. – EDN YPRHLZ.

- [8] Утолин, В. В. Повышение эффективности приготовления кукурузных кормов / В. В. Утолин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14. № 1. С. 150-158. – DOI 10.36508/RSATU.2022.48.55.017. – EDN FVVXYM.

Educational Institution of Higher Education Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, 2016. pp. 207-211. – EDN YPRHLZ.

- [8] Utolin, V. V. Improving the efficiency of corn feed preparation / V. V. Utolin // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14. No. 1. pp. 150-158. – DOI 10.36508/RSATU.2022.48.55.017. – EDN FVVXYM.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Ульянов Вячеслав Михайлович доктор технических наук заведующий кафедрой «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» 490044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1 Тел.: +7(910) 563-29-01 E-mail: ulyanov-v@list.ru</p>	<p>Ulyanov Vyacheslav Mikhailovich PhD in Technical Sciences head of the department of Technical systems in the agro-industrial complex Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev Phone: +7(910) 563-29-01 E-mail: ulyanov-v@list.ru</p>
<p>Утолин Владимир Валентинович кандидат технических наук доцент кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» 490044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1 Тел.: +7(920) 632-88-05 E-mail: 6451985@mail.ru</p>	<p>Utolin Vladimir Valentinovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of Technical systems in the agro-industrial complex Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev Phone: +7(920) 632-88-05 E-mail: 6451985@mail.ru</p>
<p>Лузгин Николай Евгеньевич кандидат технических наук доцент кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» 490044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1 Тел.: +7(910) 645-19-85 E-mail: nikolay.luzgin@mail.ru</p>	<p>Luzgin Nikolay Evgenievich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of Technical systems in the agro-industrial complex Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev Phone: +7(910) 645-19-85 E-mail: nikolay.luzgin@mail.ru</p>