



**ТЕХНОЛОГИИ СОДЕРЖАНИЯ, КОРМЛЕНИЯ И
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЕТЕРИНАРНОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ
В ПРОДУКТИВНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

**TECHNOLOGIES FOR KEEPING, FEEDING AND
ENSURING VETERINARY WELL-BEING IN
PRODUCTIVE LIVESTOCK**

УДК 664.727.085

DOI:10.31677/2311-0651-2022-37-3-52-59

**УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СУСПЕНЗИЮ ПОДСОЛНЕЧНОГО
ЖМЫХА И МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

С.К. Волончук, кандидат технических наук
И.В. Науменко, кандидат сельскохозяйственных наук
Г.П. Чекрыга, кандидат биологических наук
А.И. Резепин, научный сотрудник

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий РАН
E-mail: volonchuk2015@yandex.ru

Ключевые слова: жмых, сыворотка молочная, ультразвук, кавитация, кормовая добавка, безопасность.

Реферат. В статье приведены результаты исследований процесса ультразвукового воздействия на суспензию подсолнечного жмыха и молочной сыворотки с целью получения кормовой добавки повышенной ценности и безопасной для кормления животных. Ультразвук (УЗ) – это механические волновые колебания с частотами более 20000 колебаний в секунду (20 кГц). Ультразвуковые волны распространяются в твердых, жидких и газообразных средах, обладают большой механической энергией и вызывают ряд физических, химических и биологических явлений. Ультразвуковая обработка относится к категории экологически чистых технологий из-за экологичного и нетоксичного поведения исполнительного механизма. За счет эффекта кавитации происходит разрушение крупных конгломератов жмыха с размерами частиц 1370–1696 мкм на мелкие с размером в среднем 18–172 мкм. При этом из простой смеси компонентов образуется гелеобразная масса, что существенно улучшает процесс усвоения структурированных пищевых веществ жмыха при кормлении животных, т.е. повышает её ценность. Установлены температурно-временные режимы для соотношения компонентов жмыха/сыворотка 1 : 4, 1 : 6, 1 : 8. При этом оптимальная температура составляет 60–70 °С, время обработки 20 мин. Установлено, что при соотношении 1 : 8 температура смеси при всех временных значениях была ниже вследствие снижения вязкости образующейся суспензии. Под действием ультразвука происходит микробная инактивация, особенно это заметно при большем количестве сыворотки, т.к. в жидкой среде процесс кавитирования идет интенсивнее. В результате статистической обработки показателей процесса установлено также, что с ростом продолжительности (экспозиции) обработки происходит снижение микробиологической контаминации добавки. Это делает кормовую добавку безопасной при кормлении животных.

**ULTRASONIC EFFECT ON THE SUSPENSION OF SUNFLOWER CAKE AND
WHEY**

S.K. Volonchuk, Ph.D. in Technical Sciences
I.V. Naumenko, Ph.D. in Agricultural Sciences
G.P. Chekryga, Ph.D. in Biological Sciences
A.I. Rezepin, Researcher

Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences

Keywords: sunflower cake, milk whey, ultrasound, cavitation, feed additive, safety.

Abstract. In the article, the authors presented the results of studies of the process of ultrasonic exposure to a suspension of sunflower cake and whey. These studies were carried out by the authors to obtain a feed additive of increased value and safety for animal feeding. Ultrasound (US) is mechanical wave vibrations with frequencies greater than 20,000 vibrations per second (20 kHz). Ultrasonic waves propagate in solid, liquid and gaseous media, have high mechanical energy and cause several physical, chemical, and biological phenomena. Sunflower cake conglomerates with a particle size of 1370-1696 microns are destroyed into small ones with an average size of 18-172 microns due to the cavitation effect. As a result, a gel-like mass is formed from a simple mixture of components, which significantly improves the process of assimilation of the structured nutrients of the cake when feeding animals, i.e., enhances its value. The authors have identified the temperature-time modes for the ratio of the components of cake/whey 1:4, 1:6, and 1:8. The authors also determined the optimal temperature is 60-70 °C, and the processing time is 20 minutes. The authors also found that at a ratio of 1:8, the temperature of the mixture at all time values was lower due to a decrease in the viscosity of the resulting suspension. Microbial inactivation occurs under the action of ultrasound, this is especially noticeable with a larger amount of serum since in a liquid medium the cavitation process proceeds more intensively. As a result of statistical processing of process indicators, the authors concluded that with an increase in the duration (exposure) of processing, a decrease in the microbiological contamination of the additive occurs. This processing makes the feed additive safe for animal feeding.

Для повышения эффективности животноводства важно на научной основе использовать так называемые вторичные ресурсы. Из научных публикаций [1] известно, что жмых, полученный после прессования семян различных культур, относится к отходам производства растительного масла, содержащим 4 – 10 % жира, большее, чем в семенах, количество белка (30 – 35 %) и клетчатку. По аминокислотному составу и биологической ценности белки жмыхов превосходят белки зерновых злаков: они содержат больше лизина, метионина, цистина и триптофана. Особенно ценным является белок подсолнечного жмыха.

Учитывая высокое содержание белка, жмых необходимо вводить в рацион кормления молодняка и взрослых животных в таком количестве, чтобы животные были обеспечены белком по норме. Жмых содержит 6 – 7 % минеральных веществ; кальция и фосфора в них значительно больше, чем в зерновых кормах. Жмыхи содержат значительное количество витаминов группы В, но в них мало каротина [2, 3].

К недостаткам жмыхов относится то, что размолотый перед скармливанием жмых нельзя долго хранить, т.к. он гигроскопичен и в присутствии влаги триглицериды под действием ферментов разлагаются на жирные кислоты и глицерин, которые окисляются грибами и бактериями, делая корм непригодным для использования. Нельзя также долго хранить замоченный жмых, т.к. он закисает [2–4].

Такой метод подготовки жмыха к скармливанию не соответствует современным требованиям к кормлению животных, т.к. помимо безопасности, усвояемость его физиологически ценных веществ, заключенных в крупных агрегациях, не полная [2–4].

Нами была поставлена цель устранить эти недостатки. Для этого был выбран метод ультразвукового воздействия на сырье. Данный метод оправдал себя в получении целого ряда кормов из различного сырья [2–4]. В Оренбургском ГАУ были проведены в 2016 – 2017 гг. экспериментальные исследования с последующим лабораторным анализом ультразвукового воздействия на смесь жмыха с водой. В результате установлено, что переваримость сухого вещества превышала показатель натуральных кормов на 3,6 – 5,8 % [3].

Ультразвук (УЗ) – это механические волновые колебания с частотами более 20000 колебаний в секунду (20 кГц). УЗ-волны распространяются в твердых, жидких и газообразных средах, обладают большой механической энергией и вызывают ряд физических, химических и биологических явлений. За счет эффекта кавитации происходит улучшение физико-химических свойств, микробная инактивация, снижение содержания акриламида и извлечение ценного биоматериала из пищевых отходов, к которым, несомненно, относится жмых. Ультразвуковая обработка попадает в категорию экологически чистых технологий из-за нетоксичности последствий воздействия исполнительного механизма на сырье [5, 6].

Воздействие определенных частот ультразвуковых колебаний способно вызывать деполимеризацию органелл микробных клеток. Под действием ультразвука в жидкой среде цитоплазмы возникает процесс кавитации – образование и схлопывание пузырьков газов, сопровождающийся созданием внутри клетки высокого давления (до 10 000 атм). Это приводит к разрыву клеточной оболочки и гибели клетки. Благодаря бактерицидному эффекту действия ультразвука

ка в настоящее время УЗ-технологии применяют для стерилизации пищевых продуктов (молоко, фруктовые соки, вина) [5, 6].

Целью работы является получение питательной, легкоусвояемой кормовой добавки на основе жмыха и молочной сыворотки. Молочная сыворотка является отходом переработки молока. Известно, что она содержит 94 % воды, 0,3 % белка, 3 – 5 % жира и имеет кислотность 5,5 ед. рН [7]. Однако нужно учитывать, что сыворотка хранится не более двух суток при температуре 6 °С [8].

Для выполнения поставленной цели необходимо было изучить режимы ультразвуковой обработки смеси жмыха и молочной сыворотки и их влияние на изменение структурных показателей компонентов и микробиологическую безопасность.

Работа проводилась в отделе научных направлений исследований комплексной переработки растительного сырья СибНИТИП СФНЦА РАН в рамках выполнения НИР.

В процессе исследования использовались: подсолнечный жмых в форме пластин от ООО «ЗК Благо» (38 % протеина) и сыворотка молочная подсырная несоленая по ГОСТ 34352-2017 Сыворотка молочная – сырье. Технические условия, являющаяся отходом производства сыра на ООО «Фабрика Фаворит» в Новосибирской области. Пластины жмыха предварительно размалывали. Образцы смеси для УЗ-облучения приготавливали из жмыха и сыворотки в 3 порциях, для каждой пропорции готовили по 3 образца (табл. 1), каждый из которых подвергался УЗ-облучению с экспозицией 10, 20, 30 мин. Обработку проводили на установке «ультразвуковой технологический аппарат «Волна» УЗТА-0,4/22-ОМ.

Таблица 1

Соотношение жмых/сыворотка

Table 1

Sunflower cake/ milk whey ratio

Соотношение жмых/сыворотка	Количество образцов	Состав смеси, г		Общая масса, г
		жмых	сыворотка	
1 : 4	3	50	200	250
1 : 6	3	50	300	350
1 : 8	3	40	320	360

Для УЗ-облучения образцы смеси помещались в стеклянные банки объемом 0,5 л и облучение проводилось УЗ-излучателем, который погружался вертикально в центр емкости. Торец УЗ-излучателя находился выше 0,5 – 1 см от дна емкости.

Режим облучения для всех вариантов (образцов):

- постоянные параметры: частота ультразвука – 22 кГц, мощность, снимаемая с излучателя, – 100 Вт, напряжение в сети электропитания – 220 В;
- варьируемые параметры: экспозиция облучения – 10, 20, 30 мин;
- регистрируемый зависимый параметр: температура смеси, измерялась в точках с интервалом 10 мин, включая исходную. При этом генератор ультразвука выключен в момент измерения. Для измерения температуры смеси использовался контактный мини-термометр стержневого типа (стик-термометр) Testo 905-T1.

Структуру жмыха и смеси изучали с помощью электронного микроскопа Carl Zeiss Stereo Discovery V8 (Германия) с камерой Axio Cam ICs 5 (Германия) и программным обеспечением ZEN.

Микробиологические исследования проводили в лаборатории микологического и бактериологического анализа пищевых продуктов СФНЦА РАН по ГОСТ 10444.12-2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов, ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, ГОСТ 30726-2001 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий вида *Escherichia coli*, ГОСТ 31659-2012 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*, ГОСТ 31746-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*, ГОСТ 31747-2012

Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий).

Опытные данные исследований по изучению влияния параметров УЗ-обработки на контаминацию обрабатывались методом множественного регрессионного анализа на ПК с использованием программы STATISTICA 6.

При проведении УЗ-обработки смеси жмыха и сыворотки вследствие большой концентрации сухой составляющей в стационарном положении УЗ-конвективный процесс в смесях с соотношением 1 : 4, 1 : 6 не развивался, поэтому производили перемещение излучающего электрода вручную вращением вдоль стенок банки со смесью.

В табл. 2 представлены значения температуры нагрева смеси в зависимости от времени обработки и пропорций смеси.

Таблица 2

Время и температура смеси при УЗ-обработке

Table 2

Time and temperature of the mixture during ultrasonic treatment

Точки замеров температуры, мин	Пропорции смесей, номера образцов								
	Пропорция смеси 1:4			Пропорция смеси 1:6			Пропорция смеси 1:8		
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3
Время (экспозиция) УЗ-обработки, мин	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Температура при УЗ обработке, °С									
до обработки	19,4	17,7	23,0	15,0	16,0	19,0	17,0	16,5	19,3
10	52,9	50,5	52,0	50,0	53,0	54,0	43,0	36,0	44,0
20		69,0	72,5		72,0	72,0		66,8	63,0
30			83,9			77,0			74,0

Анализ данных табл. 2 свидетельствует о том, что УЗ-обработка с увеличением времени (20 и 30 мин) приводит к повышению температуры смесей. Наиболее высокая температура (83,9 °С) отмечена в образце № 3 при УЗ-обработке в течение 30 мин в смеси с пропорцией компонентов 1 : 4. Несколько ниже она в пропорции смесей 1 : 6 и 1 : 8. При соотношении 1 : 8 температура смеси при всех временных значениях была ниже вследствие снижения вязкости образующейся суспензии. Таким образом, можно сделать вывод, что УЗ-обработка в течение 30 мин нежелательна при всех вариантах пропорций смеси, так как она приводит к денатурации белков и снижению её кормовой ценности.

В процессе УЗ-обработки смесь переходит в состояние суспензии, представляющей собой гелеобразную массу, в которой частицы жмыха существенно уменьшились: с 1370 – 1696 мкм в сухом жмыхе до 18 – 172 мкм в суспензии (рис. 1, 2). Это существенно улучшает процесс усвоения структурированных пищевых веществ жмыха при кормлении животных.

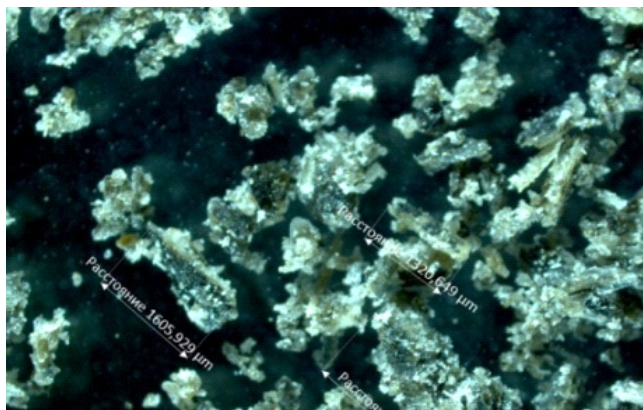


Рис. 1. Жмых до УЗ-обработки
Fig. 1. Sunflower cake before ultrasonic treatment



Рис. 2. Жмых после УЗ-обработки
Fig. 2. Sunflower cake after ultrasonic treatment

Ультразвук (УЗ) является одним из факторов, способных влиять на функциональное состояние микроорганизмов. Различные микроорганизмы обладают неодинаковой чувствительностью к воздействию ультразвука. Бактерии более чувствительны, чем дрожжи, споровые формы бактерий более устойчивы, чем вегетативные клетки. Тестирование на микробиологическую безопасность показало отсутствие неспорообразующих бактерий: БГКП, в том числе *E. coli*, *S. aureus*, *Salmonella*. Установлено, что УЗ-обработка смеси с соотношением компонентов 1 : 8 более эффективна в отношении санитарно значимого показателя – количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАиМ) кормовой добавки (табл. 3).

Данные, представленные в табл. 3, свидетельствуют о том, что для всех 3 соотношений характерно с ростом экспозиции при УЗ-обработке увеличение температуры смеси. При этом в первые 10 мин обработки количество МАФАиМ увеличивается, а затем снижается. Это можно объяснить тем, что в первые 10 мин создаются условия для размножения микроорганизмов, а именно, повышение температуры смеси и увеличение поверхности частиц жмыха за счет разрушения его крупных конгломератов. В дальнейшем под действием ультразвука в жидкой среде цитоплазмы возникает процесс кавитации, сопровождающийся созданием внутри клетки высокого давления, что приводит к разрыву клеточной оболочки и гибели клетки.

Таблица 3

Исходные данные для расчета в СТАТИСТИКЕ влияния факторов: времени обработки, температуры, КМАФАиМ на безопасность смеси

Table 3

Basic data for calculating in STATISTICS the influence of factors: processing time, temperature, QMAFAnM (Quantity of Mesophilic Aerobic and Facultative Anaerobic Microorganisms) on the safety of the mixture

Вариант	Соотношение жмых/сыворотка	Экспозиция, мин	Температура, °С	КМАФАиМ, КОЕ/г
1	1 : 4	0	19,4	36000
2	1 : 4	10	52,9	2790000
3	1 : 4	20	69	273000
4	1 : 4	30	83,9	30000
5	1 : 6	0	15	240000
6	1 : 6	10	50	11600000
7	1 : 6	20	72	68200
8	1 : 6	30	77	63600
9	1 : 8	0	17	82000
10	1 : 8	10	43	1290000
11	1 : 8	20	66,8	13000
12	1 : 8	30	74	0

На рис. 3 представлена поверхность отклика зависимости КМАФАиМ в смеси от экспозиции и температуры, полученная после статистической обработки данных табл. 3, из которого видно, что область меньших значений КМАФАиМ соответствует экспозиции 20 – 30 мин. и температурам 60 – 70 °С.

Небольшой экспозиции и относительно низким температурам соответствуют большие значения КМАФАиМ, чем при «нулевой» в начале эксперимента. С течением времени обработки значения КМАФАиМ снижаются (знак минус перед коэффициентом).

Регрессионная зависимость выражена уравнением:

$$\text{КМАФАиМ} = -1,808e^7 - 2,0174e^6x + 1,2552e^6y + 30480,24xx + 7089,81xy - 10361,6357yy.$$

Анализируя регрессионное уравнение, можно сделать вывод, что на содержание КМАФАиМ большое влияние оказывают фактор экспозиции и совместное действие экспозиции и температуры в смеси. Об этом свидетельствуют большие коэффициенты при «xx» и «xy».

При разработке новой кормовой добавки нужно учитывать, что наибольшую значимость для сохранения качественных характеристик полученного продукта имеют микроорганизмы «порчи» – плесневые грибы и дрожжи, выявленные в остаточной микробиоте исследуемых образцов кормовой добавки.

Источником микроорганизмов «порчи» был подсолнечниковый жмых, о чем свидетельствуют исследования его микробиоты: плесневые грибы составляли $1,00 \times 10^7$ колониеобразующих единиц в 1 г продукта, дрожжи – $2,45 \times 10^2$. Внесение подсырной сыворотки способствовало созданию кислой среды продукта, что являлось эссенциальным элементом для их развития. Выявлены плесневые грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, анаэробные дрожжи и актиномицеты (лучистые грибы) – группа грамположительных микроорганизмов, способных формировать ветвящийся мицелий в оптимальных для существования условиях, являющихся антагонистами по отношению к грибам. Что касается температурного оптимума, то большинство из них сохраняют свою жизнеспособность в пределах 20 – 25 °С, но способны выдерживать высокие температуры, сохраняя потенциал (скрытая возможность) к размножению.

Установлено, что достижение максимальных значений температуры по образцам от 74,0 до 83,9 °С оказывало губительное действие на численность всех представителей микробиоты кормовой добавки.

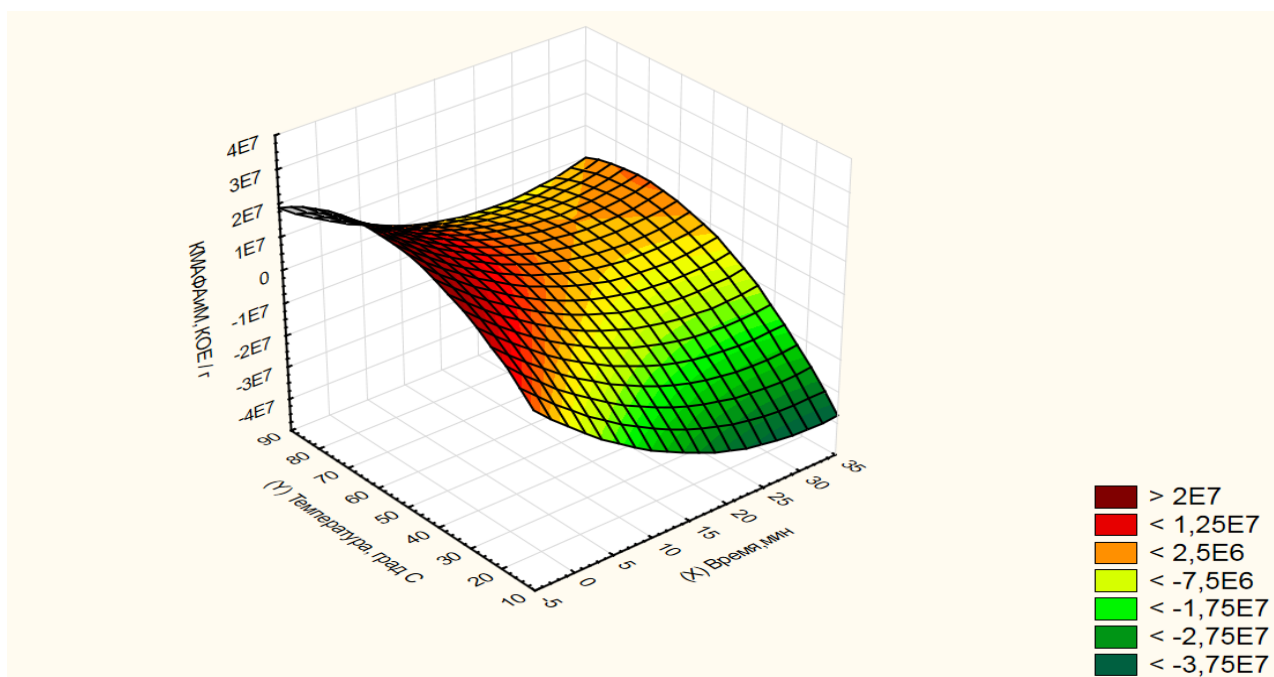


Рис. 3. Зависимость КМАФАнМ (КОЕ/г) в смеси от экспозиции (мин) и температуры (°С)

Fig. 3. Dependence of QMAFAnM (CFU/g) in the mixture on exposure (min) and temperature (°C)

На данном этапе исследований трудно говорить о конкретных значениях экономической эффективности рассматриваемого способа подготовки кормовой добавки. Для этого необходимо провести кормление животных в хозяйствах в необходимых объемах. Однако известно, что в заготовленных хозяйствами на зиму кормах часто наблюдается недостаток одних элементов и избыток других, что приводит к возникновению заболеваний, снижению продуктивности, нарушениям в воспроизводстве, ухудшению качества получаемого от коров молока и низкой эффективности использования кормов.

Научная новизна подтверждена положительным решением ФИПС от 30.03.2022 на выдачу патента на «Способ подготовки подсолнечного жмыха к скармливанию сельскохозяйственным животным» по заявке № 2021132913 от 11.11.2021. Авторы: Волончук С.К., Мотовилов О.К., Науменко И.В., Углов В.А., Резепин А.И.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. УЗ-обработка смеси жмыха в молочной сыворотке изменяет структурные параметры, происходит разрушение крупных конгломератов жмыха с размерами частиц 1370 – 1696 мкм на мелкие с размером в среднем 18 – 172 мкм с образованием гелеобразной массы. Это суще-

ственно улучшает процесс усвоения структурированных пищевых веществ жмыха при кормлении животных.

2. На данном этапе исследований установлены температурные и временные режимы (соотношения компонентов жмых/сыворотка 1 : 4, 1 : 6, 1 : 8, температура 60 – 70 °С, время обработки 20 мин. Такие режимы УЗ-обработки не приводят к денатурации белков, сохраняя питательную ценность исходного сыра.

3. УЗ-обработка смеси с соотношением 1 : 8 более благоприятна с точки зрения микробиологической безопасности кормовой добавки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Экспертиза* кормов и кормовых добавок / К.Я. Мотовилов, В.М. Позняковский, Н.Н. Ланцева [и др.] // Сиб. унив. изд-во, Новосибирск; 2010. – 343 с.

2. *Байков А.С.* Использование зернового сырья и продуктов его переработки, подвергнутых кавитационному воздействию, в рационе молодняка крупного рогатого скота: дис. ...канд. техн. наук. – Оренбург, 2020. – 147 с.

3. *Влияние* ультразвуковой кавитационной обработки на химический состав кормов, используемых при кормлении жвачных животных / А.С. Байков, И.А. Рахимжанова, Н.М. Ширнина, Б.Х. Галиев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 5. – С. 180–184.

4. *Новые* подходы к созданию кормовых продуктов на основе поликомпонентных растительно-минеральных смесей, подвергнутых кавитационной обработке / С.А. Мирошников, Д.М. Муслюмова, А.В. Быков, Ш.Г. Рахматуллин, Л.А. Быкова // Вестник мясного скотоводства. – 2012. – № 3 (77). – С. 7–11.

5. *Ашоккумар М., Ринк Р., Шестаков С.Д.* Гидродинамическая кавитация – альтернатива ультразвуковой при производстве пищевых продуктов // Техническая акустика – 2011. – Т. 11. – С. 9–10.

6. *Обзор* последних тенденций ультразвуковой обработки в продовольственном сегменте / Ambadgatti Smriti, Patil Sonal, Dabade Ashish, SS Arya, Bhushette Pravin, K. Sonawane Sachin; Департамент пищевой инженерии и технологии, Институт химической технологии, NM Parekh Marg, Матунга, Мумбаи, Индия. – DOI: 10.15414 / jmbfs.2020.10.1.1-4.

7. *Родионова К.И.* Переработка безбелковой молочной сыворотки // Тезисы доклада на конференции. – Волгоград: Волгоград. гос. техн. ун-т. – 2019. – С. 305–306.

8. *Способ* получения молочно-растительной кормовой добавки: пат. № 2154386 Российская Федерация / Куцакова В.Е., Винаров Ю.И.; заявл.04.10.2012; опубл.20.07.2014. – 5 с.

REFERENCES

1. Motovilov K.Ya., Poznyakovskij V.M., Lanceva N.N. [i dr.], *Ekspertiza kormov i kormovyh dobavok* (Examination of feed and feed additives), Sib. univ. izd-vo, Novosibirsk, 2010, 343 p.

2. Bajkov A.S. *Ispol'zovanie zernovogo syr'ya i produktov ego pere-rabotki, podvergnutyh kavitacionnomu vozdejstviyu, v racione molodnyaka krupnogo rogatogo skota* (The use of grain raw materials and products of its processing subjected to cavitation in the diet of young cattle), Extended abstract of candidate's thesis, Orenburg, 2020, 147 p. (In Russ.)

3. Bajkov A.S., Rahimzhanova I.A., Shirnina N.M., Galiev B.H., *Izvestiya Oren-burgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, No. 5, pp. 180–184. (In Russ.)

4. Miroshnikov S.A., Muslyumova D.M., Bykov A.V., Rahmatullin Sh.G., Bykova L.A., *Vestnik myasnogo skotovodstva*, 2012, No. 3 (77), pp. 7–11. (In Russ.)

5. Ashokkumar M., Rink R., Shestakov S.D., *Tekhnicheskaya akustika*, 2011, Vol. 11, pp. 9–10. (In Russ.)

6. Ambadgatti Smriti, Patil Sonal, Dabade Ashish, SS Arya, Bhushette Pravin, K. Sonawane Sachin, *Obzor poslednih tendencij ul'trazvukovoj obrabotki v prodovol'-stvennom segmente* (Overview of the latest trends in ultrasonic processing in the food segment), DOI: 10.15414 / jmbfs.2020.10.1.1-4.

7. Rodionova K.I. *Tezisy doklada na konferencii*, 2019, pp. 305–306. (In Russ.)

8. Kucakova V.E., Vinarov Yu.I., *Sposob polucheniya molochno-rastitel'noj kormovoj dobavki*
(Method of obtaining a dairy-vegetable feed additive) Patent RF, no. 2154386 (July 20, 2014), 5 p.