DOI: https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-449-456

Поступила 23.05.2023
Поступила после рецензирования 17.10.2023
Принята в печать 24.10.2023
© Волончук С. К., Мазалевский В. Б., Станкевич С. В., Чекрыга Г. П., 2023

https://www.fsjour.com/jour
Научная статья
Open access

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА КОРМОВУЮ СМЕСЬ ПОДСОЛНЕЧНОГО ЖМЫХА И МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Волончук С. К.*, Мазалевский В. Б., Станкевич С. В., Чекрыга Г. П.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р. п. Краснообск, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
жмых, сыворотка молочная, ультразвук, кавитация, кормовая добавка, безопасность

АННОТАЦИЯ

В настоящее время для кормления крупного рогатого скота широко используют побочные продукты основного производства в виде жмыха, шрота, отрубей, молочной сыворотки. Несмотря на входящие в их состав белок, жиры, углеводы, минеральные вещества и клетчатку, существует проблема низкой усвояемости этих питательных веществ. Кроме того, побочные продукты часто неблагополучны по микробиологическим показателям. Для решения данной проблемы используются различные физические, механические воздействия. В статье приведены результаты исследований влияния ультразвука (УЗ) на кормовую смесь подсолнечного жмыха и молочной сыворотки. Ультразвук — это волновые колебания с частотами более 20 кГц. Ультразвуковые волны распространяются в твердых, жидких и газообразных средах, обладают большой механической энергией и вызывают ряд физических, химических и биологических явлений. При УЗ-воздействии на смесь образуются пузырьки, при схлопывании которых выделяется большое количество энергии. Эта энергия расходуется на разрушение крупных частиц жмыха с размерами частиц 1370,8–2776,6 мкм в сухом жмыхе до 1,8–300,0 мкм в суспензии. Подавляющее большинство (60–75%) частиц имеют размеры от 11 до 30 мкм при продолжительности УЗ-обработки 20–30 мин. Это видно на фотографиях смеси под микроскопом. При этом из простой смеси компонентов образуется гомогенная гелеобразная масса, содержащая белок, жир, клетчатку, сахара, что существенно улучшает процесс усвоения животными структурированных пищевых веществ жмыха. Выявлено уменьшение содержания белка в суспензии с 10,20% до 6,65% в соотношении компонентов от 1:4 до 1:8. Установлены температурно-временные режимы для соотношений компонентов жмых/сыворотка. Оптимальная температура составляла 60–70 °С, время обработки — 20 минут. При всех временных значениях в смеси с соотношением 1:8 температура была ниже вследствие уменьшения вязкости образующейся суспензии. Под действием ультразвука происходит микробная инактивация, что важно для здоровья и продуктивности животных. В результате статистической обработки показателей процесса установлена область оптимальных значений переменных факторов, при которых происходит снижение микробиологической контаминации смеси.

Received 23.05.2023
Accepted in revised 17.10.2023
Accepted for publication 24.10.2023
© Volonchuk S. K., Mazalevskiy V. B., Stankevich S. V. Chekryga G. P., 2023

Available online at https://www.fsjour.com/jour
Original scientific article
Open access

THE EFFECT OF ULTRASOUND ON THE FEED MIXTURE OF SUNFLOWER CAKE AND WHEY

Sergey K. Volonchuk*, Viktor B. Mazalevskiy, Svetlana V. Stankevich, Galina P. Chekryga

Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Russia

KEY WORDS:
cake, milk whey, ultrasound, cavitation, feed additive, safety

ABSTRACT

At present, secondary products of the main production in the form of cake, oil meal, bran and whey are widely used for feeding cattle. Despite the presence of protein, fats, carbohydrates, minerals and fiber in their composition, there is a problem of low assimilability of these nutrients. Moreover, secondary products are often unsafe in terms of microbiological parameters. To solve this problem, various physical and mechanical impacts are used. The paper presents the results of the study of an ultrasound effect on the feed mixture of sunflower cake and whey. Ultrasound is wave oscillations with frequencies higher than 20 kHz. Ultrasound waves propagate in solid, liquid and gas media, have a high mechanical energy and cause several physical, chemical and biological phenomena. When ultrasound impacts a mixture, bubbles are formed and large amounts of energy are emitted upon their collapse. This energy is expended on destruction of large particles of cake with particle sizes of 1370.8–2776.6 μm in the dry cake and up to 1.8–300.0 μm in the suspension. The overwhelming majority (60–75%) of particles have sizes of 11 to 30 μm when duration of the ultrasound treatment is 20–30 min. This can be seen in the photographs of the mixture under a microscope. With that, the homogeneous gel-like mass containing protein, fat, fiber and sugars is formed from a simple mixture of components, which significantly improves the process of assimilation of structured nutrients of cake by animals. A decrease in the protein content from 10.20% to 6.65% has been revealed in the suspension with a component ratio of 1:4 to 1:8. Temperature-time regimes for ratios of the cake/whey components have been established. The optimal temperature was 60–70 °C, treatment time was 20 min. A temperature was lower in the mixture with a ratio of 1:8 for all time periods due to a decrease in viscosity of the formed suspension. Microbial inactivation occurs under the impact of ultrasound, which is important for animal health and productivity. As a result of the statistical processing of process indicators, a range was established for optimal values of variable factors at which a decrease in the microbiological contamination of the mixture takes place.

1. Введение

В современном обществе наблюдается постоянный рост потребления молока и продуктов его переработки благодаря их высокой питательной ценности. На увеличение производства молока существенное влияние оказывает порода продуктивных животных, а также корма, используемые для их кормления. Качество кормов зависит от их полноценности и безопасности. Эти две составляющие представляют интерес для научных исследований. Важная роль в процессе создания эффективных кормов принадлежит продуктам, получаемым в процессе переработки сельскохозяйственного сырья, побочным

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: **Волончук, С. К., Мазалевский, В. Б., Станкевич, С. В., Чекрыга, Г. П.** (2023). Влияние ультразвука на кормовую смесь подсолнечного жмыха и молочной сыворотки. *Пищевые системы*, 6(4), 449-456. https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-449-456

FOR CITATION: **Volonchuk, S. K., Mazalevskiy, V. B., Stankevich, S. V., Chekryga, G. P.** (2023). The effect of ultrasound on the feed mixture of sunflower cake and whey. *Food Systems,* 6(4), 449-456. https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-449-456

продуктам основного производства, которые в свою очередь являются вторичными ресурсами для трансфера технологий. Из научных публикаций известно, что жмых, полученный после прессования семян различных культур, относится к отходам производства растительного масла, содержащим 4–10% жира, а также большее, чем в самих семенах, количество белка (30–35%) и клетчатку. По аминокислотному составу и биологической ценности белки жмыхов превосходят белки зерновых злаков, содержащих 10% белка для 5 класса зерна пшеницы по ГОСТ 9353–2006[1]. Они содержат большее количество лизина, метионина, цистина и триптофана. Жмыхи включают в себя 6–7% минеральных веществ; кальция и фосфора в них значительно больше, чем в зерновых кормах [1]. Ультразвуковой обработкой можно модифицировать структуру жмыха с целью повышения его питательной ценности [2].

Учитывая высокие концентрации сырого жира в жмыхе [3], ученые доказали перспективность добавки жмыха для регулирования содержания жирных кислот в рубце животных. Исследование по включению жмыха в рацион молодых кур показало снижение затрат на корма и повышение экономической эффективности [4].

По сравнению с семенами, подсолнечные жмыхи имеют в своем составе больше клетчатки (31,88% и 12,64% для образцов в виде гранул) [5]. Ввиду высокого содержания белка в жмыхе его вводят в рацион кормления молодняка и взрослых животных в количестве, соответствующем современным нормативам.

Из жмыха подсолнечника перед употреблением рекомендуется удалить хлорогеновую кислоту (CGA), которая влияет на его качество [6,7]. Особенно ценным является белок подсолнечного жмыха. Установлено, что включение в рацион животных подсолнечного жмыха линейно увеличивало следующие показатели (при $p < 0,05$): общее содержание липидов, белка и холестерина в мясе, влагоудерживающую способность. В корма можно включать до 21% жмыха [8].

Ультразвуковая (УЗ) обработка способствует повышению выхода белка из жмыхов и улучшению условий для протекания этого процесса. В оптимизированных условиях были получены изоляты с содержанием белка 94,04–0,77 г/100 г и выходом 43,6–0,97% [9].

Важно отметить, что жмыхи содержат значительное количество витаминов группы В [10,11].

Пластины жмыха предварительно размалывают. При этом в связи с высокой гигроскопичностью он поглощает влагу, что ведет к разложению триглицеридов на жирные кислоты и глицерин, которые окисляются грибами и бактериями, содержащимися в жмыхе, вследствие чего он становится непригодным для кормления животных. Поэтому молотый жмых не подлежит длительному хранению. Также стоит отметить, что он имеет свойство закисать [10,11,12]. Кроме того, усвояемость физиологически ценных веществ жмыха, заключенных в крупных агрегациях после помола, является неполной [10,11,12].

Нами была поставлена задача создать кормовую добавку повышенной ценности, не имеющую указанных недостатков. В результате анализа литературных источников был выбран метод ультразвукового воздействия на компоненты добавки. Данный метод оказался эффективным при изготовлении целого ряда продуктов из различного сырья. Он успешно применялся в процессе экстракции белка из семян тыквы [9], при получении зернового сырья и продуктов его переработки для создания кормовых добавок в рацион кормов животных [10,11], а также при производстве кормовых продуктов на основе поликомпонентных растительно-минеральных смесей [12].

Механизм взаимодействия между кавитацией и пищевыми средами, подробный анализ физико-химических эффектов акустической кавитации представлен в работе [13].

При обосновании метода основным положением является то, что все виды механической и другие виды обработки сырья, связанные с приданием отдельным компонентам требуемой дисперсности или необходимых реологических свойств, не нарушают принципа суперпозиции в отношении исходных ингредиентов, биологически важных пищевых веществ [14].

Кормовая добавка из смеси подсолнечного жмыха с водой, обработанной ультразвуком, была получена в результате экспериментальных исследований в Оренбургском ГАУ. По итогам исследований было установлено, что переваримость сухого вещества превышала показатель натуральных кормов на 3,6–5,8% [10]. На повышение усвояемости сухого вещества жмыха указывают ряд публикаций. Так, в работе [15] говорится о том, что скорость разложения растворимой фракции (фракция В) и общее газообразование линейно снижались со включением подсолнечного жмыха в рацион животных. Значения pH в ротовой жидкости были выше для уровней 0, 200 и 600 г/кг$^{-1}$ подсолнечного жмыха.

Исследованиями установлено, что кавитационная обработка при разных режимах оказывает определенное влияние на химический состав, на концентрацию основных питательных веществ и на переваримость сухого вещества сырья *in vitro*. В частности, количество сырой клетчатки снизилось в подсолнечном жмыхе на 15,4–24,12%; сырого жира — на 6,4–11,2%; содержание сахаров в подсолнечном жмыхе увеличилось на 18,8–25,0%. Переваримость сухого вещества подсолнечного жмыха переработанного превышала показатель натурального на 3,6–5,8% [16,17].

Как положительный момент стоит отметить использование муки из семян подсолнечника, богатой белком, клетчаткой и антиоксидантами, полученной после отделения подсолнечного масла, в рецептуре печенья. Это значительно увеличило содержание белка в печенье, а также повысило TPC (общее содержание фенолов) и антиоксидантную способность продукта [18].

Известно, что ультразвук (УЗ) — это волновые колебания с частотами более 20 000 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, извлечение биологически важных пищевых веществ из пищевого сырья и отходов его переработки. Ультразвуковая обработка относится к категории экологически чистых технологий из-за нетоксичности последствий воздействия исполнительного механизма на сырье [19].

Воздействие определенных частот ультразвуковых колебаний способно вызывать деполимеризацию органелл микробных клеток. Под действием ультразвука в жидкой среде клетки возникает процесс кавитации. Кавитация — это образование и схлопывание пузырьков газов, сопровождающееся созданием внутри клетки высокого давления (до 10 000 атм), что приводит к разрыву клеточной оболочки и, как следствие, к гибели клетки. Благодаря бактерицидному эффекту действия ультразвука, в настоящее время УЗ-технологии применяют для стерилизации пищевых продуктов (молоко, фруктовые соки, вина). УЗ-обработка является альтернативой используемым для повышения микробиологической безопасности синтетическим химикатам, которые, хотя и выполняют свою функцию, являются небезопасными для здоровья животных и человека [19].

В качестве второго компонента кормовой добавки применяли молочную сыворотку, которая в больших количествах образуется при переработке молока, но мало используется в дальнейшем. Следует отметить тот факт, что большая часть сыворотки сливается в почву, водоемы, тем самым загрязняя их и ухудшая экологическую обстановку. Она содержит до 94% воды, 0,5% белка, 0,1% жира, имеет кислотность 5,5 pH единиц [20,21] и может повысить питательную ценность корма. Однако из патента № 2154386 РФ «Способ получения молочно-растительной кормовой добавки» известно, что срок хранения сыворотки составляет не более двух суток при температуре +6 °C. Это нужно учитывать при ее использовании.

Целью работы являлось исследование влияния ультразвукового воздействия на кормовую смесь жмыха подсолнечного и сыворотки молочной.

Для выполнения поставленной задачи необходимо было изучить режимы ультразвуковой обработки смеси жмыха и молочной сыворотки, а также их влияние на структурные показатели компонентов и микробиологическую безопасность.

2. Объекты и методы

Работа проводилась в лаборатории трансфера технологий отдела пищевых систем и биотехнологий СФНЦА РАН. В процессе исследования использовали молотый подсолнечный жмых по ГОСТ 80–96[2], который является побочным продуктом переработки семян подсолнечника на масло компании ООО «ЗК Благо», и сыворотку молочную подсырную несоленую по ГОСТ 34352–2017[3]. Молочная сыворотка является отходом переработки молока в сыр на ООО «Фабрика Фаворит».

Жмых и сыворотку смешивали в пропорции 1:4, 1:6, 1:8 (Таблица 1).

Образец смеси заливали в стеклянную банку объемом 0,5 л, УЗ-излучатель погружали вертикально в центр банки так, чтобы торец

[1] ГОСТ 9353–2006 «Пшеница. Технические условия». — Москва: Стандартинформ, 2019. — 10 с.

[2] ГОСТ 80–96 «Жмых подсолнечный. Технические условия». — Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2015. — 7 с.

[3] ГОСТ 34352–2017 «Сыворотка молочная сырье. Технические условия». — Москва: Стандартинформ, 2018. — 7 с.

УЗ-излучателя находился выше 0,5–1 см от ее дна. Каждый образец подвергали УЗ-облучению на установке «Ультразвуковой технологический аппарат «Волна» УЗТА-0,4/22-ОМ» (Центр ультразвуковых технологий, Бийск, Россия) (Рисунок 1) с продолжительностями 10, 20, 30 мин (Таблица 1). Банку со смесью вращали вокруг наконечника излучателя для ускорения процесса перехода смеси в суспензию.

Режим облучения для всех вариантов образцов:

- постоянные параметры: частота ультразвука — 22 кГц, мощность излучателя — 100 Вт, напряжение в сети электропитания — 220 В;
- варьируемые параметры — продолжительность облучения: 10, 20, 30 мин;
- регистрируемый зависимый параметр — температура смеси, измеряли с интервалом 10 мин, включая момент до начала обработки. В момент измерения генератор ультразвука выключали. Для определения температуры смеси использовали контактный мини-термометр стержневого типа (стик-термометр) Testo 905-T1 (Концерн Testo, Германия).

Обозначение опытных образцов и режимов УЗ-обработки представлено в Таблице 1.

Таблица 1. **Обозначение опытных образцов и режимов УЗ-обработки**

Table 1. **Codes of the experimental samples and regimes of the ultrasound treatment**

Образец	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продолжительность УЗ-обработки, мин	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Соотношение компонентов, ед.	1:4	1:4	1:4	1:6	1:6	1:6	1:8	1:8	1:8

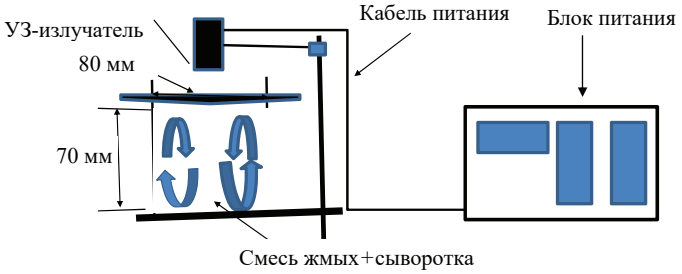


Рисунок 1. **Схема установки УЗ-обработки смесей жмыха с сывороткой**

Figure 1. **Scheme of the plant for the ultrasound treatment of mixtures of cake with whey**

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

Биохимический состав сырья и суспензии исследовали в лаборатории качества и безопасности отдела пищевых систем и биотехнологий СФНЦА РАН. Массовую долю белка определяли по ГОСТ Р 51417–99[4]. Массовую долю жира выявляли по ГОСТ 13979.2–94[5]. Массовую долю влаги рассчитывали по ГОСТ 13979.1–68[6]. Массовую долю клетчатки определяли по ГОСТ Р 52839–2007[7]

Аминокислотный состав изучали с использованием прибора «Капель 105-М» № 1679 с длиной волны 254 нм («ЛЮМЭКС», Санкт-Петербург, Россия).

Микробиологические исследования проводили в лаборатории качества и безопасности отдела пищевых систем и биотехнологий СФНЦА РАН. Микробиологические показатели выявляли методами микробиологического анализа по ГОСТ 10444.12–2013[8], ГОСТ 10444.15–94[9], ГОСТ 30726–2001[10], ГОСТ 31659–2012[11], ГОСТ 31746–2012[12], ГОСТ 31747–2012[13].

Экспериментальные данные исследований по изучению влияния параметров УЗ-обработки на контаминацию обрабатывали методом множественного регрессионного анализа на ПК с использованием программ Statistica 10 и Excel. При этом определяли следующие статистические характеристики: коэффициент регрессии (R), вероятность нулевых значений коэффициентов на уровне 0,05, критерий Фишера (F), уровень доверительной значимости (p) значения критерия Фишера, t-критерий Стьюдента для установления достоверности отличий между вариантами с различными соотношениями смеси.

3. Результаты и обсуждение

Химический состав вторичных сырьевых ресурсов представлен в Таблице 2. В Таблице 3 показано влияние УЗ-обработки на биохимические показатели суспензий.

Таблица 2. **Химический состав вторичных сырьевых ресурсов (M ± Δ)**

Table 2. **Chemical composition of the secondary raw material resources (M ± Δ)**

Наименование показателей химического состава	Подсолнечный жмых	Подсырная сыворотка
Массовая доля влаги, %	6,7 ± 0,32*	92,8 ± 0,30*
Массовая доля белка, %	39,2 ± 0,68*	0,7 ± 0,25*
Массовая доля жира, %	6,79 ± 0,04*	0,5 ± 0,03*
Клетчатка, %	24,24 ± 2,91*	–
Углеводы, %	–	3,55 ± 0,25*

Примечание: * — доверительный интервал при p < 0,05.

В работах [2,19,22] представлены обзорные данные о химическом составе жмыха подсолнечника. Показано, что содержание сырого протеина может находиться в пределах от 20,15% до 61,06%, жира — от 0,5 до 15,77%, волокон — от 4,3 до 45. Такой большой диапазон значений образуется по ряду причин. Процентное содержание питательных веществ может варьироваться из-за полной или частичной очистки от оболочек маслосемян, а также от способа производства масла. Генотипические и фенотипические вариации оказывают заметное влияние на белки подсолнечника. Имеет место также ошибочная, неточная и неполная информация об исследовании в опубликованных работах.

Результаты влияния УЗ-обработки на биохимические показатели суспензий представлены в Таблице 3.

Таблица 3. **Химические показатели суспензий после УЗ обработки смесей, (M ± m)**

Table 3. **Chemical indicators of the suspensions after the ultrasound treatment of the mixtures, (M ± m)**

N п/п	Соотношения смеси	Показатели химического состава суспензий,%			
		Влажность	Жир	Белок	Клетчатка
1	1:4	75,87 ± 0,12	3,25 ± 0,01	10,24 ± 0,08	5,8 ± 0,01
2	1:6	80,43 ± 0,20**	2,61 ± 0,01***	8,28 ± 0,01**	4,9 ± 0,01***
3	1:8	82,78 ± 0,39**	2,31 ± 0,04**	6,65 ± 0,04***	4,2 ± 0,01***

** Отличия достоверны с p < 0,01 по сравнению с вариантом 1.
*** Отличия достоверны с p < 0,001 по сравнению с вариантом 1.

Данные Таблицы 3 свидетельствуют о том, что наибольшие значения показателей содержания жира, белка, клетчатки наблюдаются в суспензии, полученной из смеси компонентов в соотношении 1:4. С увеличением содержания влаги в суспензии, полученной из смесей

[4] ГОСТ Р51417–99 «Корма, комбикорма, комбинированное сырье. Определения массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Метод Къельдаля». — Москва: Издательство стандартов, 2002. — 7 с.

[5] ГОСТ 13979.2–94. «Жмых, шроты и горчичный порошок. Метод определения массовой доли жира и экстрактивных веществ». — Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2015 – 7 с.

[6] ГОСТ 13979.1–68 «Жмых, шроты и горчичный порошок. Метод определения массовой доли влаги и летучих веществ». — Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003. — 3 с.

[7] ГОСТ Р 52839–2007 «Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации». — Москва: Стандартинформ, 2011. — 9 с.

[8] ГОСТ 10444.12–2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов». — Москва: Стандартинформ, 2014. — 11 с.

[9] ГОСТ 10444.15–94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов». — Москва: Стандартинформ, 2010. — 4 с.

[10] ГОСТ 30726–2001 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий вида Escherichia coli». — Москва: Стандартинформ, 2010. — 6 с.

[11] ГОСТ 31659–2012 «Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода Salmonella». — Москва: Стандартинформ, 2014. — 20 с.

[12] ГОСТ 31746–2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и Staphylococcus aureus». — Москва: Стандартинформ, 2013. — 22 с.

[13] ГОСТ 31747–2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)». — Москва: Стандартинформ, 2013. — 13 с.

1:6 и 1:8, эти показатели уменьшаются, что объясняется уменьшением концентрации сухих веществ в единице объема суспензии. Незначительное снижение количества белка в составе компенсируется наиболее благоприятной для физиологии пищеварения жвачных животных структурой кормовой добавки, содержащей белок, жир, клетчатку [10,16,17].

О ценности корма можно судить не только по количеству белка, но и по его аминокислотному составу, играющему важнейшую роль в процессах пищеварения животного.

Из анализа данных следует вывод, что аминокислотный состав суспензии зависит от аминокислотного состава сырья. При меньшем содержании аминокислоты в сыворотке, чем в жмыхе, происходит снижение содержания их в суспензии и наоборот. Увеличение количества аминокислот, Lys, Leu+lie, Met связано с их синтезом под действием аспарагиновой кислоты сыворотки. Также наблюдается незначительное снижение значений, связанное с разведением смеси.

На Рисунке 2 представлены данные по аминокислотному составу сырья и суспензий.

Данные, представленные на Рисунке 2, свидетельствуют о том, что УЗ-обработка не оказывает отрицательного влияния на аминокислотный состав суспензии.

Визуально было отмечено, что после УЗ-обработки смесь переходит в состояние гелеобразной суспензии. Это является результатом ударного воздействия, турбулентности, а также трения, возникающих вследствие диспергирования крупных частиц жмыха и их перемешивания с сывороткой.

На снимках микроструктуры образцов жмыха и суспензии, сделанных с помощью электронного микроскопа (Рисунки 3а, 3б, 3в, 3г), видно, что частицы жмыха существенно уменьшились с 1370,8–2776,6 мкм в сухом жмыхе до 1,8–300 мкм в суспензии. Причем подавляющее большинство частиц (60–75%) имеют размеры от 11 до 30 мкм при продолжительности УЗ-обработки 20 мин. В целом наблюдалась тенденция уменьшения размеров частиц с увеличе-

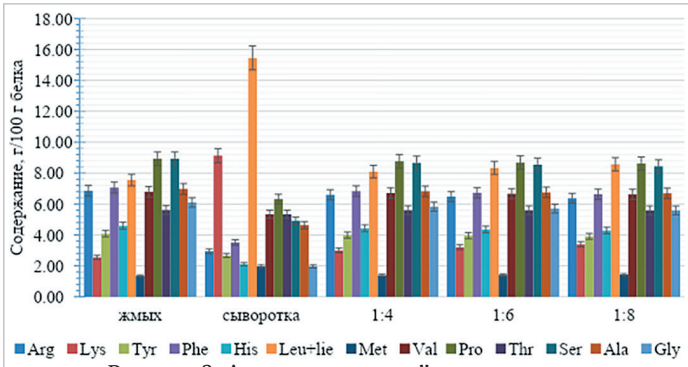
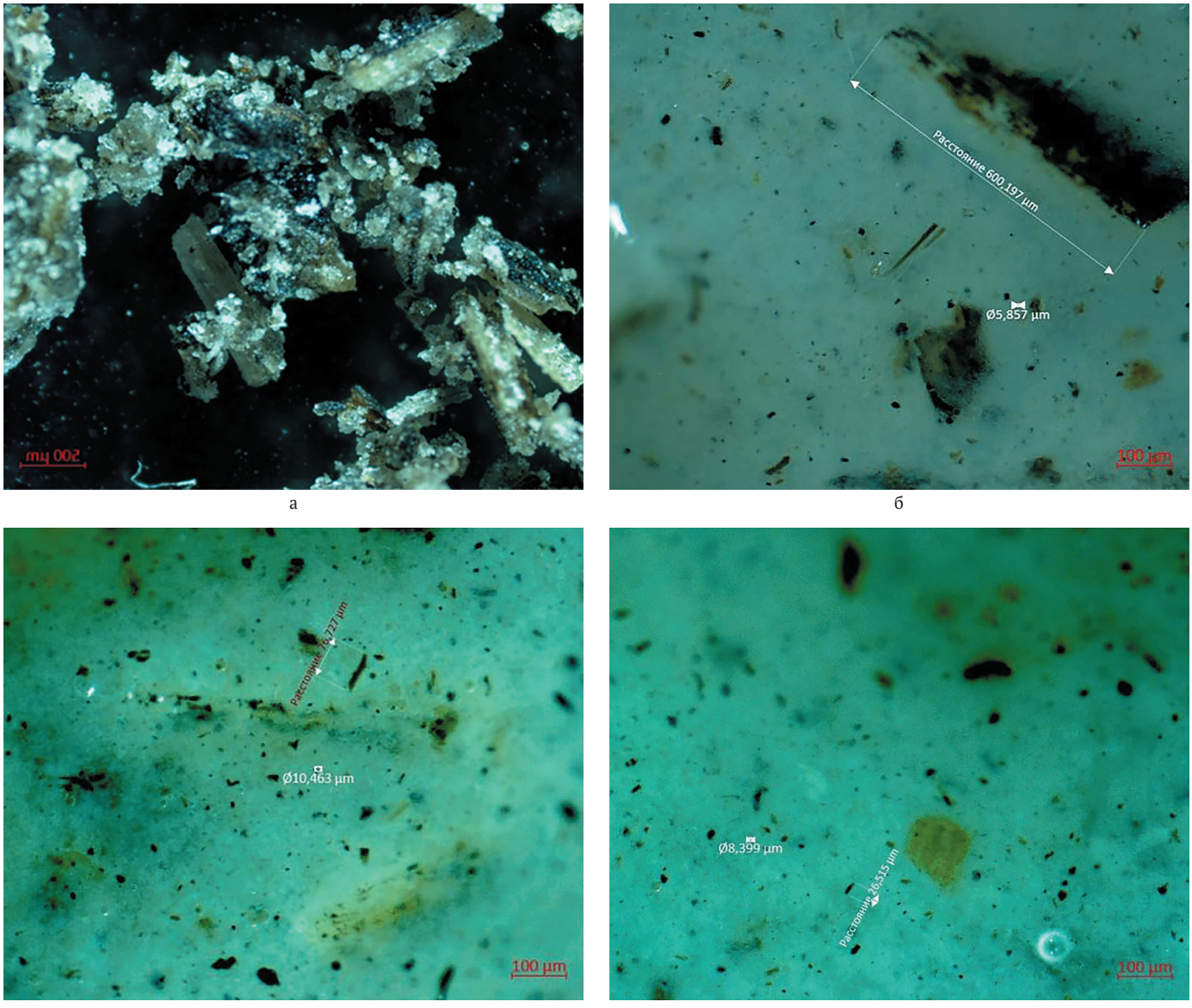


Рисунок 2. **Аминокислотный состав сырья и полуфабрикатов (при p < 0,05)**

Figure 2. **Amino acid composition of raw materials and semi-finished products (at p < 0.05)**



а б в г

Рисунок 3. **Микроструктура: а — жмыха; б — образца суспензии 1; в — образца 2; г — образца 3**

Figure 3. **Microstructure: а — cake; б — suspension sample 1; в — sample 2; г — sample 3**

нием времени УЗ-обработки. Темные изображения на Рисунке 3 (б, в, г) — это кусочки скорлупы семени подсолнечника. Белки, жиры, клетчатка ядра семени перешли в гель суспензии. Это существенно улучшает процесс усвоения структурированных пищевых веществ жмыха при кормлении животных, что отмечено в публикациях российских и зарубежных авторов [10,15,16,17,21].

На Рисунке 4 показано процентное распределение размеров частиц жмыха в суспензии, полученной после УЗ-обработки. Из диаграммы видно, что в суспензии, образованной при соотношении компонентов смеси в зависимости от продолжительности обработки, присутствует от 10 до 34% частиц с размерами меньше 10 мкм. В основном это частицы от 11 до 30 мкм и около 5% крупных частиц с размером более 300 мкм.

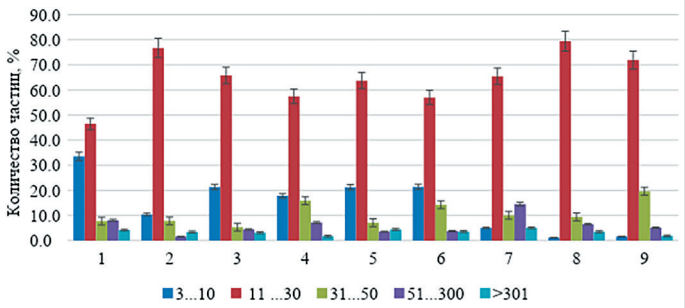


Рисунок 4. **Распределение частиц в образцах 1–9 по размерам, % (при p < 0,05)**

Figure 4. **Distribution of particles in samples 1–9 by sizes,% (at p < 0.05)**

Анализ данных Рисунка показал, что при увеличении продолжительности обработки с 10 до 20 мин происходит значительный рост доли частиц размерами от 11 до 30 мкм за счет дробления частиц размерами от 31 мкм. Также наблюдается уменьшение доли частиц размерами от 3 до 10 мкм, вероятно, из-за их измельчения до частиц размерами менее 3 мкм, которые трудно различить при использовании светового микроскопа. При увеличении времени обработки с 20 до 30 мин наблюдается уменьшение доли частиц размерами от 11 до 30 мкм и повышение доли частиц от 3 до 10 мкм, что связано с дроблением частиц размерами от 11 до 30 мкм до частиц размерами от 3 до 10 мкм.

Данные Рисунков 3 и 4 позволили сделать вывод о том, что под влиянием УЗ-обработки достигнута модификация жмыха, удовлетворяющая условию улучшения усвояемости его питательных веществ.

В результате исследований установлено, что при увеличении продолжительности УЗ-обработки от 10 до 30 минут температура смеси повышалась в пропорции 1:4 с 19,0 °С до 83,9 °С, в пропорции 1:6 с 15,0 °С до 77,0 °С и в пропорции 1:8 с 17,0 °С до 74,0 °С. Максимальная температура 83,9 °С была отмечена в образце № 3 при УЗ-обработке в течение 30 минут в смеси с пропорцией компонентов 1:4. Более низкая температура (77,0 °С и 74,0 °С) наблюдалась в пропорции смесей 1:6 и 1:8. При соотношении 1:8 температура смеси при всех временных значениях была ниже вследствие уменьшения вязкости образующейся суспензии. При исследовании влияния температуры на компоненты смеси учитывали тот факт, что нагревание до высокой температуры понижает переваримость белков жмыха и ухудшает его вкус.

Зависимость температуры от продолжительности обработки и соотношения компонентов смеси представлена на Рисунке 5.

Анализ регрессионного уравнения (Рисунок 5) позволил сделать вывод, что на температуру смеси большое влияние оказывает фактор продолжительности УЗ-обработки. Уравнение регрессии достоверно — расчетный уровень доверительной значимости ($p = 2 \times 10^{-6}$) меньше принятого $p = 0,05$), значение критерия Фишера $F = 172,4$ ($Fф > Fт$). Коэффициент регрессии ($R = 0,99$) свидетельствует о наличии корреляции связи между зависимыми и независимыми переменными факторами.

Зависимость количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) от продолжительности УЗ-обработки и соотношения компонентов смеси представлена на Рисунке 6.

При всех соотношениях смеси с увеличением времени УЗ-обработки область меньших значений КМАФАнМ соответствует продолжительности обработки 16–30 мин. Это объясняется тем, что в условиях длительной УЗ-обработки смесь разжижается, и кавитация пузырьков и их воздействие на микроорганизмы становятся более интенсивными.

Анализ регрессионного уравнения (Рисунок 6) показал, что на содержание КМАФАнМ большое влияние оказывают оба фактора: продолжительность, соотношение компонентов в смеси и их совместное действие. Об этом свидетельствуют большие коэффициенты при «x» и «y». Уравнение регрессии достоверно — расчетный уровень доверительной значимости ($p = 0,003$ меньше принятого $p = 0,05$), значение критерия Фишера $F = 58,6$ ($Fф > Fт$). Коэффициент регрессии ($R = 0,99$) свидетельствует о наличии тесной корреляции между зависимыми и независимыми переменными факторами.

Анализ графиков на Рисунках 5 и 6 показал, что области более высоких температур (70–80 °С) соответствовали более низкие значения КМАФАнМ. Это говорит о том, что не только кавитация, но и температура, которая зависит от энергии, выделяемой при кавитации, влияла на содержание КМАФАнМ при УЗ-обработке смеси.

В Таблице 4 представлены результаты микробиологических исследований сырья и суспензии по вариантам.

Во введении уже поднимался вопрос отрицательного влияния микроорганизмов «порчи» (плесневых грибов и дрожжей) во влажной среде на качественные характеристики кормовой добавки). Установлено, что подсолнечный жмых содержит плесневые грибы $1,00 \times 10$ КОЕ в грамме продукта, дрожжи — $2,45 \times 10^2$. Сыворотка с ее значением pH 5,5 ед. способствовала созданию кислой среды смеси,

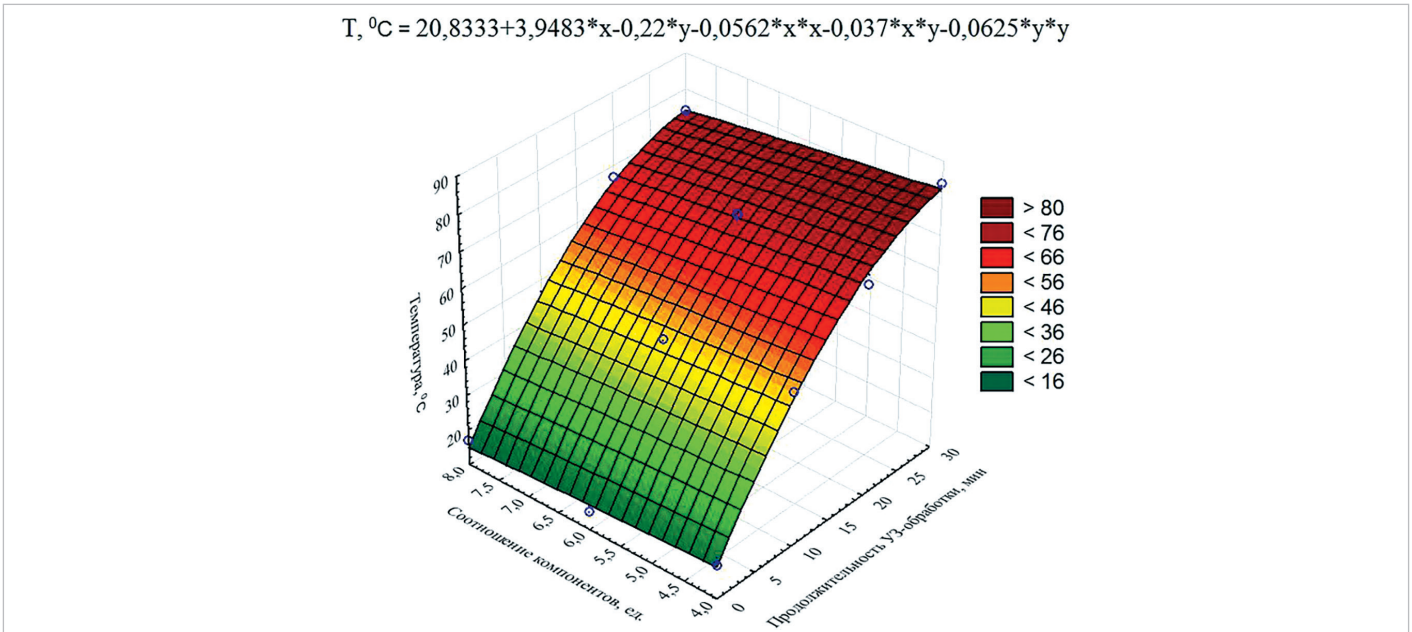


Рисунок 5. **Зависимость температуры от продолжительности обработки и соотношения компонентов смеси**

Figure 5. **Dependence of a temperature on treatment duration and a ratio of mixture components**

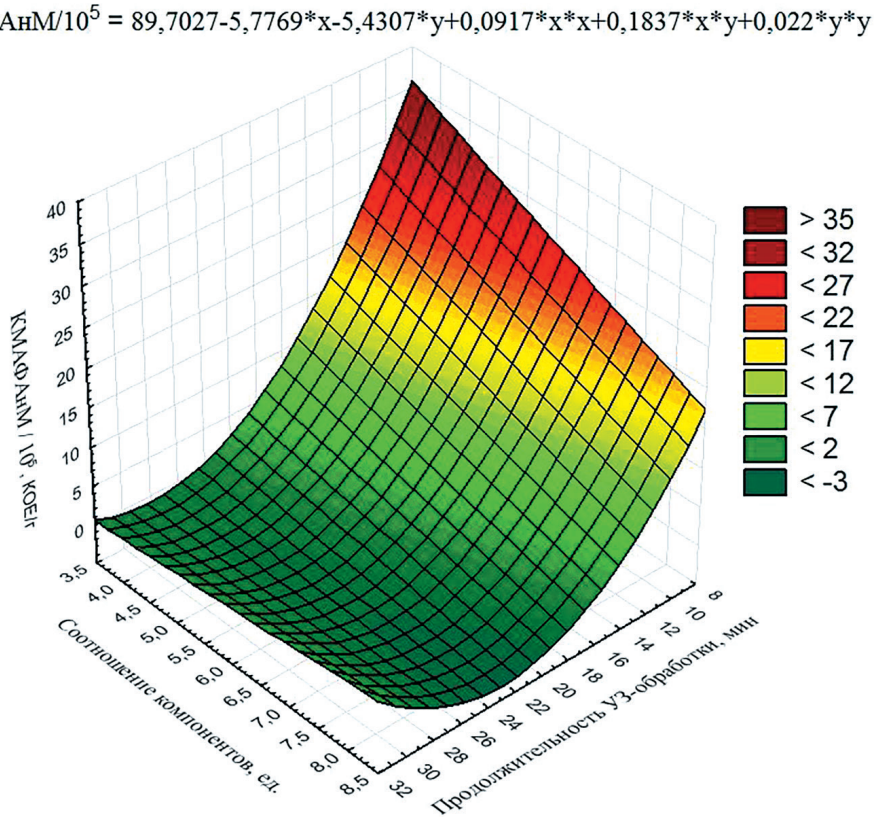


Рисунок 6. **Зависимость КМАФАнМ от продолжительности УЗ-обработки и соотношения компонентов смеси**
Figure 6. **Dependence of QMAFAnM on ultrasound treatment duration and a ratio of mixture components**

необходимой для их развития. Исследованием обнаружены в смеси плесневые грибы рода *Aspergillus*, *Mucor*, анаэробные дрожжи и актиномицеты (лучистые грибы). Известно, что некоторые аминокислоты являются питательной средой для выявленных грибов. Этим объясняется некоторое уменьшение содержания аминокислот.

Таблица 4. **Результаты микробиологического анализа сырья и суспензии по вариантам**
Table 4. **Results of the microbiological analysis of the raw materials and suspensions by variants**

Образец	КМАФАнМ, КОЕ/г	Результат							
		БГКП		*Salmonella*	*E. coli*	*S. aureus*	*B. cereus*	Плесневые грибы, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г
		10^1	10^2						
Жмых подсолнечный	$2{,}47\times10^5$	+	+	_	+	н/о	+	$1{,}00\times10$	$2{,}45\times10^2$
Сыворотка подсырная	$9{,}54\times10^6$	+	+	–	+	+	н/о	н/о	н/о
1 (1:4,10 мин)	$2{,}79\times10^6$	+	+	–	+	+	+	$1{,}00\times10$	~
2 (1:4,20 мин)	$2{,}73\times10^5$	+	+	–	+	+	+	н/р	$2{,}25\times10^4$
3 (1:4,30 мин)	$3{,}00\times10^4$	–	–	–	–	+	+	н/р	$2{,}59\times10^2$
4 (1:6,10 мин)	$2{,}04\times10^6$	+	+	–	+	+	+	н/р	$1{,}00\times10^3$
5 (1:6,20 мин)	$6{,}82\times10^4$	–	–	–	–	+	+	н/р	$5{,}00\times10$
6 (1:6,30 мин)	$6{,}36\times10^4$	–	–	–	–	+	+	н/р	$3{,}60\times10$
7 (1:8,10 мин)	$1{,}29\times10^6$	+	+	–	+	+	+	н/р	$8{,}40\times10^3$
8 (1:8,20 мин)	$1{,}30\times10^4$	–	–	–	–	+	+	н/р	$2{,}04\times10^2$
9 (1:8,30 мин)	н/р	–	–	–	–	–	–	н/р	$1{,}54\times10$
Требования СанПиН 2.3.2.1078–01	2×10^5	0,01		в 25 г	–	0,1	0,1	50 КОЕ/г	–

Примечание: «+» — обнаружено, «–» — не обнаружено, «~» — сплошной рост, «н/о» — не определяли согласно требованиям НД, «н/р» — нет роста.

Анализ результатов микробиологических исследований (Таблица 4 и Рисунок 6) свидетельствует о том, что при использовании сырья, неблагополучного по микробиологическим показателям, с увеличением времени УЗ-обработки и по мере повышения степени разведения наблюдалось снижение КМАФАнМ, а требуемый уровень безопасности был достигнут при соотношении компонентов 1:8 и при продолжительности УЗ-обработки 30 мин (режим 9). Возможно, что при применении сырья, не обсемененного *S. aureus* и *B. Cereus*, приемлемая микробиологическая чистота будет обеспечена также при режимах 3, 5, 6, 8.

Частично инактивацию микроорганизмов можно объяснить воздействием свободных радикалов, которые образуются в жидкой суспензии под действием УЗ-волн. На этот эффект инактивации микроорганизмов указывается в работе [19].

Стандартная процедура изучения микробиологической загрязненности свидетельствует о том, что различные микроорганизмы обладают неодинаковой чувствительностью к воздействию ультразвука. Бактерии более чувствительны, чем дрожжи, споровые формы бактерий более устойчивы, чем вегетативные клетки. Отсутствуют неспорообразующие бактерии БГКП, в том числе *E. coli, S. aureus, Salmonella*. Установлено, что УЗ-обработка смеси с соотношением компонентов 1:8 более эффективна в отношении количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАиМ) кормовой добавки.

4. Выводы

1. Исследованием установлено, что ультразвуковая обработка с частотой 20 кГц смеси жмыха подсолнечного и молочной сыворотки приводит к распаду крупных частиц жмыха размером 1370,8–2776,6 мкм на мелкие размером до 1,8–300 мкм в суспензии. Причем подавляющее большинство частиц (60–75%) имеют размеры от 11 до 30 мкм при продолжительности УЗ-обработки 20 мин. При этом образуется гомогенная гелеобразная масса, содержащая питательные вещества в более доступной форме.
2. Установлено, что под действием кавитации при УЗ-обработке и за счет воздействия температуры от 74,0 до 83,9 °С численность всех представителей микробиоты кормовой смеси снижалась до уровня безопасного для животного.
3. Для определения эффективности рассматриваемого способа подготовки кормовой добавки необходимо провести кормление животных в хозяйствах в достаточных объемах.
4. Проведенные исследования представляют интерес в научно-практическом плане для трансфера технологий с целью получения нового продукта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мотовилов, К. Я., Булатов, А. П., Позняковский, В. М., Ланцева, Н. Н. (2010). Экспертиза кормов и кормовых добавок. Глава в книге: Корма и кормовые добавки для сельскохозяйственных животных. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2010.
2. Subaşi, B. G., Vahapoğlu, B., Capanoglu, E., Mohammadifar, M. A. (2022). A review on protein extracts from sunflower cake: Techno-functional properties and promising modification methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(24), 6682–6697. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1904821
3. Zubiria, I., Garcia-Rodriguez, A., Atxaerandio, R., Ruiz, R., Benhissi, H., Mandaluniz, N. et al. (2019). Effect of feeding cold-pressed sunflower cake on Ruminal fermentation, lipid metabolism and bacterial community in dairy cows. *Animals*, 9(10), Article 755. https://doi.org/10.3390/ani9100755
4. Souza, D. H., Freitas, E. R., Alencar, A. V. O., Costa, M. K. O., Santos, A. S., Freire J. F. et al. (2020). Sunflower cake in brown-egg laying pullet diets: Effects on the growing phase and on the beginning of production cycle. *Animal Feed Science and Technology*, 269, Article 114663. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114663
5. Petraru, A., Ursachi, F., Amariei, S. (2021). Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake. Perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. *Plants*, 10(11), Article 2487. https://doi.org/10.3390/plants10112487
6. Zardo, I., de Espíndola Sobczyk, A., Marczak, L. D. F., Sarkis, J. (2019). Optimization of ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from sunflower seed cake using response surface methodology. *Waste and Biomass Valorization*, 10, 33–44. https://doi.org/10.1007/s12649-017-0038-3
7. Neves, G. N., Alonso, E. (2021). Valorization of sunflower by-product using microwave-assisted extraction to obtain a rich protein flour: Recovery of chlorogenic acid, phenolic content and antioxidant capacity. *Food and Bioproducts Processing*, 125, 57–67. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.008
8. Oliveira, V. da S., Oliveira, R. L., Goes, R. H. T. B., Silva, T. M., Silva, L. F., Freitas, L. S. et al. (2019). Physicochemical composition, fatty acid profile and sensory attributes of the meat of young Nellore bulls fed sunflower cake from the biodiesel industry. *Livestock Science*, 227, 97–104. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.07.012
9. Sert, D., Rohm, H., Struck, S. (2022). Ultrasound-assisted extraction of protein from pumpkin seed press cake: Impact on protein yield and techno-functionality. *Foods*, 11(24), Article 4029. https://doi.org/10.3390/foods11244029
10. Байков, А. С. (2021). Использование зернового сырья и продуктов его переработки, подвергнутых кавитационному воздействию, в рационе молодняка крупного рогатого скота. Автореф. дис. канд. техн. наук. Оренбург: Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий. — 25 с.
11. Байков, А. С., Рахимжанова, И. А., Ширнина, Н. М., Галиев, Б. Х. (2017). Влияние ультразвуковой кавитационной обработки на химический состав кормов, используемых при кормлении жвачных животных. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 6(68), 180–184.
12. Мирошников, С. А., Муслюмова, Д. М., Быков, А. В., Рахматуллин, Ш. Г., Быкова, Л. А. (2012). Новые подходы к созданию кормовых продуктов на основе поликомпонентных растительно — минеральных смесей, подвергнутых кавитационной обработке. *Вестник мясного скотоводства*, 3(77), 7–11.
13. Ashokkumar, M., Rink, R., Shestakov, S. D. (2011). Hydrodynamic cavitation — an alternative to ultrasonic food processing. *Technical Acoustics,* 11, Article 9.
14. Просеков, А. Ю. (2005). Научные основы производства продуктов питания: Учебное пособие. Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2005.
15. Goes, R. H. de T. e B. de, Silva, L. H. X. da, Díaz, T. G., Branco, A. F., Teodoro, A. L., Ferreira, G. R. (2019). Sunflower cake in diets for beef cattle: Digestibility, kinetics and in vitro ruminal fermentation parameters. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 41(1), Article e39492. https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.39492
16. Ширнина, Н. М., Галиев, Б. Х., Картекенов, К. Ш., Мирошников, И. С., Балмугамбетова, А. Ж., Рябов, Н. И. (2017). Влияние кавитационного воздействия на химический состав и переваримость сухого вещества грубых кормов используемых в животноводстве. *Вестник мясного скотоводства*, 3(99), 134–139
17. Мирошников, И. С., Холодилина, Т. Н., Дускаев, Г. К., Васильченко, А. С. (2016). Физико-химические свойства и переваримость кормовых добавок, подвергнутых кавитационной обработке. *Вестник мясного скотоводства*, 4(96), 131–135.
18. Grasso, S., Omoarukhe, E., Wen, X., Papoutsis, K., Methven, L. (2019). The use of upcycled defatted sunflower seed flour as a functional ingredient in biscuits. *Foods*, 8(8), Article 305. https://doi.org/10.3390/foods8080305
19. Sonawane, S. K., Ambadgatti, S., Patil, S., Dabade, A., Arya, S. S., Bhushette, P. (2020). A review on recent trends of ultrasound assisted processing in food segment. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 10(1), 1–4. https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.10.1.1-4
20. Shah, N. P., Patel, A. R. (2019). Prospective utilization of valuable dairy by-product: Whey. *Annals. Food Science and Technology*, 20(2), 260–267.
21. Плотникова, И. В., Шенцова, Е. С., Полянский, К. К., Писаревский, Д. С. (2020). Химический состав и технологические свойства различных видов молочной сыворотки. Сыроделие и маслоделие, 3, 43–45. https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-3-43-45
22. Arrutia, F., Binner, E, Williams, P., Waldron, K. W. (2020). Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements. *Trends in Food Science and Technology*, 100, 88–102. http://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.044

REFERENCES

1. Motovilov, K. Ya., Bulatov, A. P., Poznyakovsky, V. M., Lantseva, N. N. (2010). Examination of feed and feed additives. Chapter in the book: Feed and feed additives for farm animals. Novosibirsk: Siberian University publishing house, 2010. (In Russian)
2. Subaşi, B. G., Vahapoğlu, B., Capanoglu, E., Mohammadifar, M. A. (2022). A review on protein extracts from sunflower cake: Techno-functional properties and promising modification methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(24), 6682–6697. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1904821
3. Zubiria, I., Garcia-Rodriguez, A., Atxaerandio, R., Ruiz, R., Benhissi, H., Mandaluniz, N. et al. (2019). Effect of feeding cold-pressed sunflower cake on Ruminal fermentation, lipid metabolism and bacterial community in dairy cows. *Animals*, 9(10), Article 755. https://doi.org/10.3390/ani9100755
4. Souza, D. H., Freitas, E. R., Alencar, A. V. O., Costa, M. K. O., Santos, A. S., Freire, J. F. et al. (2020). Sunflower cake in brown-egg laying pullet diets: Effects on the growing phase and on the beginning of production cycle. *Animal Feed Science and Technology*, 269, Article 114663. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114663
5. Petraru, A., Ursachi, F., Amariei, S. (2021). Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake. Perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. *Plants*, 10(11), Article 2487. https://doi.org/10.3390/plants10112487
6. Zardo, I., de Espíndola Sobczyk, A., Marczak, L. D. F., Sarkis, J. (2019) Optimization of ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from sunflower seed cake using response surface methodology. *Waste and Biomass Valorization*, 10, 33–44. https://doi.org/10.1007/s12649-017-0038-3
7. Neves, G. N., Alonso, E. (2021). Valorization of sunflower by-product using microwave-assisted extraction to obtain a rich protein flour: Recovery of chlorogenic acid, phenolic content and antioxidant capacity. *Food and Bioproducts Processing*, 125, 57–67. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.008
8. Oliveira, V. da S., Oliveira, R. L., Goes, R. H. T. B., Silva, T. M., Silva, L. F., Freitas, L. S. et al. (2019). Physicochemical composition, fatty acid profile and sensory attributes of the meat of young Nellore bulls fed sunflower cake from the biodiesel industry. *Livestock Science*, 227, 97–104. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.07.012
9. Sert, D., Rohm, H., Struck, S. (2022). Ultrasound-assisted extraction of protein from pumpkin seed press cake: Impact on protein yield and techno-functionality. *Foods*, 11(24), Article 4029. https://doi.org/10.3390/foods11244029
10. Baykov, A. S. (2021). The use of grain raw materials and products of its processing subjected to cavitation in the diet of young cattle. Author's abstract of the dissertation for the scientific degree of Candidate of Technical Sciences. Orenburg, Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies. — 25 p. (In Russian)
11. Baykov, A. S., Rakhimzhanova, I. A., Shirnina, N. M., Galiev, B. H. (2017). Influence of ultrasound cavitation treatment on chemical composition of feeds used in feeding of ruminants. *Izvestia Orenburg State Agrarian University,* 6(68), 180–184. (In Russian)
12. Miroshnikov, S. A., Muslyumova, D. M., Bykov, A. V., Rakhmatullin, Sh. G., Bykova, L. A. (2012). New approaches to the creation of feed products based on multicomponent plant- mineral mixtures subjected to cavitation treatment. *Bulletin of Beef Cattle Breeding*, 3(77), 7–11. (In Russian)
13. Ashokkumar, M., Rink, R., Shestakov, S. D. (2011). Hydrodynamic cavitation — an alternative to ultrasonic food processing. *Technical Acoustics*. 11, Article 9.
14. Prosekov, A. Yu. (2005). Scientific foundations of food production. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry, 2005. (In Russian)
15. Goes, R. H. de T. e B. de, Silva, L. H. X. da, Díaz, T. G., Branco, A. F., Teodoro, A. L., Ferreira, G. R. (2019). Sunflower cake in diets for beef cattle: Digestibility, kinetics and in vitro ruminal fermentation parameters. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 41(1), Article e39492. https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.39492
16. Shirnina, N. M., Galiyev, B. K., Kartekenov, K. S., Miroshnikov, I. S., Balmugambetova, A. Z., Ryabov, N. I. (2017). Effect of cavitation on chemical composition and digestibility of dry matter of coarse forage used in animal husbandry. *Bulletin of Beef Cattle Breeding*, 3(99), 134–139. (In Russian)
17. Miroshnikov, I. S., Kholodilina, T. N., Duskaev, G. K., Vasilchenko, A. S. (2016). Physico-chemical properties and digestibility of feed additives, subjected to the cavitation. *Bulletin of Beef cattle Breeding*, 4(96), 131–135. (In Russian)
18. Grasso, S., Omoarukhe, E., Wen, X., Papoutsis, K., Methven, L. (2019). The use of upcycled defatted sunflower seed flour as a functional ingredient in biscuits. *Foods*, 8(8), Article 305. https://doi.org/10.3390/foods8080305
19. Sonawane, S. K., Ambadgatti, S., Patil, S., Dabade, A., Arya, S., Bhushette, P. (2020). A review on recent trends of ultrasound assisted processing in food segment. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 10(1), 1–4. https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.10.1.1-4
20. Shah, N. P., Patel, A. R. (2019). Prospective utilization of valuable dairy by-product: Whey. *Annals. Food Science and Technology*, 20(2), 260–267.
21. Plotnikova, I. V., Shentsova, E. S., Polyansky, K. K., Pisarevskiy, D. S. (2020). Chemical composition and technological properties different types of whey. *Cheesemaking and Buttermaking,* 3, 43–45. https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-3-43-45
22. Arrutia, F., Binner, E, Williams, P., Waldron, K. W. (2020). Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements. *Trends in Food Science and Technology*, 100, 88–102. http://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.044

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	**Affiliation**
Волончук Сергей Константинович — кандидат технических наук, научный сотрудник, отдел пищевых систем и биотехнологий, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук 630501, Новосибирская обл., р. п. Краснообск, а/я 463 Тел.: +7–913–781–90–94 E-mail: volonchuk2015@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6697-8736 * автор для контактов	**Sergey K. Volonchuk**, Candidate of Technical Sciences, Researcher, Department of Food Systems and Biotechnologies, Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences Box 463, Novosibirsk region, 630501, Krasnoobsk, Russia Tel.: +7–913–781–90–94 E-mail: volonchuk2015@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6697-8736 * corresponding author
Мазалевский Виктор Борисович — кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, отдел пищевых систем и биотехнологий, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук 630501, Новосибирская обл., р. п. Краснообск, а/я 463 Тел.: +7–999–464–35–36 E-mail: mazalevskij@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5870-2350	**Viktor B. Mazalevskiy**, Candidate of Technical Sciences, Docent, Senior Researcher, Department of Food Systems and Biotechnologies, Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences Box 463, Novosibirsk region, 630501, Krasnoobsk, Russia Tel.: +7–999–464–35–36 E-mail: mazalevskij@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5870-2350
Станкевич Светлана Владимировна — кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, отдел пищевых систем и биотехнологий, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук 630501, Новосибирская обл., р. п. Краснообск, а/я 463 Тел.: +7–913–765–31–15 E-mail: sveticstank@yandex.ru ORCID: https://orcid.org 0000-0002-5157-2004	**Svetlana V. Stankevich**, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Department of Food Systems and Biotechnology, Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences Box 463, Novosibirsk region, 630501, Krasnoobsk, Russia Tel.: +7–913–765–31–15 E-mail: sveticstank@yandex.ru ORCID: https://orcid.org 0000-0002-5157-2004
Чекрыга Галина Петровна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, отдел пищевых систем и биотехнологий, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук 630501, Новосибирская обл., р. п. Краснообск, а/я 463 Тел.: +7–913–394–14–42 E-mail: niip56@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3756-79	**Galina P. Chekryga**, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Department of Food Systems and Biotechnology, Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences Box 463, Novosibirsk region, 630501, Krasnoobsk, Russia Tel.: +7–913–394–14–42 E-mail: niip56@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3756-98

Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.

Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.