

УДК 628.35

Поступила в редакцию 06.01.2026
Received 06.01.2026**А. В. Куликов, Д. А. Зайченко, А. А. Садовский***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь***УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СУХОГО
КАРТОФЕЛЬНОГО ПЮРЕ ЗА СЧЕТ ПЕРЕРАБОТКИ
КАРТОФЕЛЕКРАХМАЛЬНОЙ СУСПЕНЗИИ**

Аннотация. В статье описаны результаты исследований физико-химических показателей картофелекрахмальной суспензии, образующейся при производстве сухого картофельного пюре и ее оценка по основным нормируемым показателям по загрязнениям. Обоснованы способы, обеспечивающие снижение взвешенных веществ и очистку данной суспензии. Изучены образующиеся фракции после переработки суспензии, даны рекомендации по их использованию. По результатам проведенных исследований сформирована усовершенствованная аппаратурно-технологическая схема производства сухого картофельного пюре за счет переработки картофелекрахмальной суспензии.

Ключевые слова: технология, показатели, картофельное пюре, картофелекрахмальная суспензия, переработка, очистка, взвешенные вещества, микроорганизмы.

A. V. Kulikou, D. A. Zaichenko, A. A. Sadouski*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus***IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF PRODUCING DRY MASHED
POTATOES BY PROCESSING POTATO STARCH SUSPENSION**

Abstract. This article describes the results of a study of the physicochemical properties of a potato starch suspension formed during the production of dry mashed potatoes and its evaluation against key standardized contaminant parameters. Methods for reducing suspended solids and purifying this suspension are substantiated. The resulting fractions after processing the suspension are studied, and recommendations for their use are provided. Based on the results of the study, an improved equipment and process flow diagram for the production of dry mashed potatoes through the processing of potato starch suspensions has been developed.

Keywords: technology, indicators, mashed potatoes, potato starch suspension, processing, cleaning, suspended solids, microorganisms.

Введение. При производстве сухого картофельного пюре образуется 2 вида отходов: твердые и жидкие, из которых используются в основном только твердые в качестве кормового продукта для животных, так как они являются продуктами транспортабельными и более ценными по своим свойствам. Образующиеся жидкие отходы (картофелекрахмальная суспензия) в силу своей малой эффективности из-за низкого содержания сухих веществ 2–4 % используется в незначительной степени, хотя по подсчетам в ней остается до 50 % всех сухих веществ картофеля, переходящего в отходы. По своему физическому состоянию данная суспензия представляет собой полидисперсную систему, дисперсионной средой в которой является вода с частью растворенных в ней компонентов картофеля, а дисперсной фазой являются частицы разрушенного клейстеризованного крахмального зерна, а также частицы разваренного и сырого картофеля различных размеров, образовавшиеся в процессе его механической и термической обработки [1]. При этом более 25 % сухих веществ в картофелекрахмальной суспензии составляют растворимые сухие вещества, выделить которые известными механическими способами разделения суспензий практически невозможно.

Данная суспензия зачастую сбрасывается на поля фильтрации, где происходит образование осадка, легко переходящего в гнилостное состояние, с выделением при этом сероводорода, имеющего неприятный запах, развития грибковых обрастаний по ложу фильтрационных полей, уход-

шая экологическую ситуацию на предприятии и близлежащих территориях [2-4]. При сбросе ее в городские канализационные сети предприятия вынуждены выплачивать штрафы с повышенным коэффициентом из-за высокого содержания загрязняющих компонентов, ХПК, БПК и др.

Анализ литературных данных, а также патентных исследований (RU2644904C1, RU9456U1, РФ2439001, RU195070U1, CN101423298A, JP2008264755A и др.) показал, что для очистки различных видов производственных суспензий и сточных вод эффективно используются специализированные микроорганизмы-деструкторы органических веществ.

Процесс биологической очистки основан на способности микроорганизмов использовать для своего питания, находящиеся в сточных водах и суспензиях органические вещества (углеводы, белки, жиры и др. вещества). Азот, который необходим бактериям для жизнедеятельности, они извлекают из аммиака, нитратов, аминокислот, фосфор и калий – из минеральных солей, содержащихся в стоках [5].

Однако, на отечественных предприятиях по производству сушеных картофелепродуктов отсутствуют системы микробной очистки картофелекрахмальных суспензий.

На основании вышеизложенного **целью исследований** являлось усовершенствование технологии производства сухого картофельного пюре за счет переработки картофелекрахмальной суспензии и ее рециклинга, используя комбинацию механических и биологических методов обработки.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования являлся процесс очистки картофелекрахмальной суспензии, образующейся при производстве сухого картофельного пюре, физико-механическими (отстаивание, центрифугирование, фильтрация) и биологическими методами путем применения микроорганизмов-деструкторов органических веществ.

Анализ основных нормируемых показателей по загрязнениям данной суспензии (ХПК, N, P) проводили с использованием общепринятых методик по руководствам:

- ♦ ГОСТ 31859-2012 Вода. Метод определения химического потребления кислорода;
- ♦ ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ;
- ♦ ПНД Ф 14.1:2:4.248-07 Методика выполнения измерений массовых концентраций ортофосфатов, полифосфатов и фосфора общего в питьевых, природных и сточных водах фотометрическим методом;
- ♦ ПНД Ф 14.1:2:4.254-09 Методика измерений массовых концентраций взвешенных и прокаленных взвешенных веществ в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом.

Результаты и их обсуждение. Для оценки возможного использования и переработки картофелекрахмальной суспензии, образующейся при производстве сухого картофельного пюре исследованы ее физико-химические показатели, представленные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1. Физико-химические показатели картофелекрахмальной суспензии, полученной при производстве сухого картофельного пюре
T a b l e 1. Physicochemical properties of potato starch suspension obtained in the production of dry mashed potatoes

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Массовая доля сухих веществ / в растворенном состоянии	% к массе суспензии	2,8 / более 0,7
Массовая доля жиров	%	0,1
Массовая доля белков	%	0,08
Массовая доля углеводов (включая клетчатку)	%	2,38 (0,8)
Массовая доля золы (макро и микроэлементы)	%	0,24
Плотность	кг/м ³	1,06

Анализ таблицы 1 показывает, что картофелекрахмальная суспензия содержит ценные компоненты, в основном углеводного (85 % по массе) происхождения – крахмал, клетчатку.

Если же при определенных условиях основная масса сухих веществ данной суспензии может быть извлечена, а затем совместно с твердыми отходами посредством дополнительного обезвоживания доведена до состояния равновесной влажности, то полученный таким образом продукт может более длительное время сохраняться и использоваться для кормовых целей. С другой стороны, образующийся в процессе обезвоживания суспензии осадок можно будет в дальнейшем использовать как удобрение полей сельскохозяйственного назначения.

Далее была проведена мониторинговая оценка картофелекрахмальной суспензии по основным нормируемым показателям, результаты которой представлены в таблице 2.

Таблица 2. Анализ картофелекрахмальной суспензии по основным нормируемым показателям в разрезе основных фракций
Table 2. Analysis of potato starch suspension according to the main standardized indicators in the context of the main fractions

Показатель	ПДК	Фракция картофелекрахмальной суспензии:		
		исходная фракция	осветленная фракция (после отстаивания)	осадок
Химическое потребление кислорода, мг O ₂ /л	1 250	12 000–50 000	8 150–13 628	107 320
Аммонийный азот, мг/л	35	14,17	11,82	55,02
Фосфор общий мг/л	10	125,72	172,68	612,4
Взвешенные вещества, мг/л	500	51 750	1 740	135 490

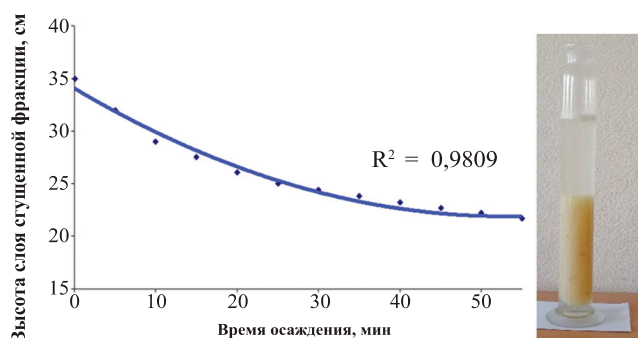


Рис. 1. Зависимость высоты слоя сгущенной фракции от времени осаждения
Fig. 1. Dependence of the height of the thickened fraction layer on the sedimentation

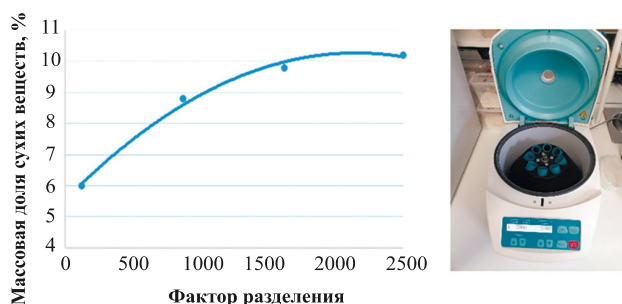


Рис. 2. Зависимость массовой доли сухих веществ картофелекрахмальной суспензии от фактора разделения центрифуги
Fig. 2. Dependence of the mass fraction of dry substances of potato starch suspension on the centrifuge separation factor

суспензии массовая доля сухих веществ осадка увеличивается до 11 %, при этом объем осадка составляет 12 % от исходного, а показатель ХПК снижается с 12000 до 7660 мг O₂/л (на 36 %).

Установлено, что фильтрация данной суспензии невозможна из-за гелеобразной структуры осадка.

Далее осуществлены исследования по очистке картофелекрахмальной суспензии микроорганизмами-деструкторами органических веществ, которые позволили снизить показатель по ХПК с 8 145 до 1 184 мг O₂/л за 14 суток при использовании предварительного отстаивания (степень очистки – 85,5 %), по аммонийному азоту до 22,6 мг/л, по общему фосфору до 46,3 мг/л. Установлено, что без использования предварительного отстаивания либо центрифугирования, продолжительность микробной очистки данной суспензии до показателя по ХПК=1 184 мг O₂/л составляет 21 сутки, т. е. увеличивается на 33 %.

На рисунке 3 представлена визуализация очистки картофелекрахмальной суспензии в течение 14 суток.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что нормируемые показатели картофелекрахмальной суспензии значительно превышают предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ за исключением аммонийного азота. Превышение ПДК по ХПК составляет до 40,1 раз, по общему фосфору – в 12,6 раз, по взвешенным веществам – в 103,5 раз.

С целью снижения взвешенных веществ проведены исследования по очистке данной суспензии физико-механическими методами: отстаиванием, центрифугированием, фильтрацией.

На рисунке 1 представлена зависимость высоты слоя сгущенной фракции суспензии от времени осаждения.

Исследования показали, что при отстаивании картофелекрахмальной суспензии массовая доля сухих веществ осадка увеличивается с 2,8 % до 6 %, при этом объем осадка составляет около 50 % от исходного; рациональная продолжительность процесса составляет около 60 мин; показатель ХПК снижается с 12000 до 8145 мгO₂/л (на 32 %).

На рисунке 2 представлена зависимость массовой доли сухих веществ картофелекрахмальной суспензии от фактора разделения при очистке на центрифуге лабораторной.

Исследования показали, что при центрифугировании картофелекрахмальной

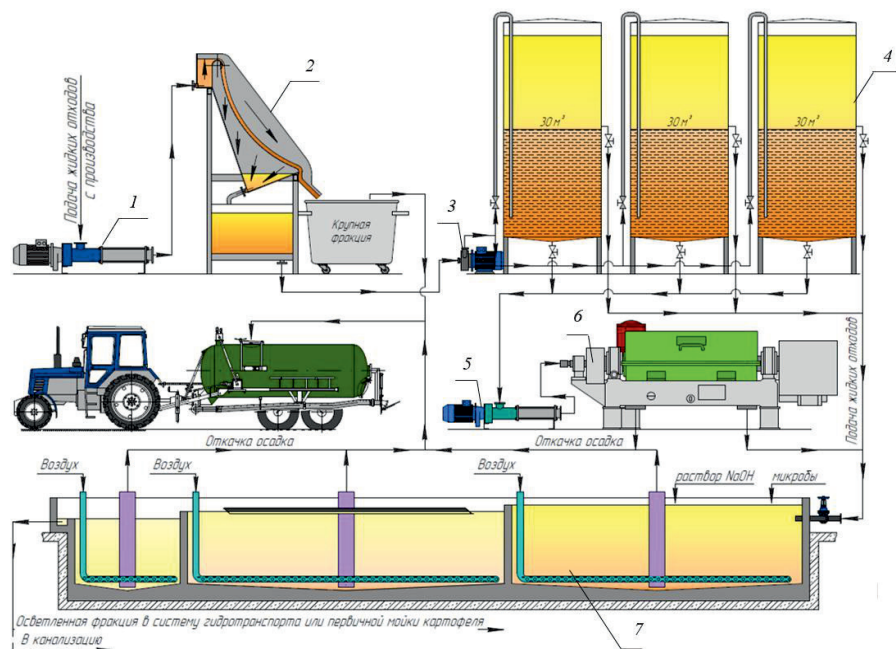
Осуществлено сравнение показателей по загрязнению осветленной фракции крахмальной суспензии после микробной обработки и транспортно-моечных вод производства сухого картофельного пюре. Проведенный сравнительный анализ показал, что микробиологические показатели осветленной после микробной очистки жидкой фракции суспензии (ОМЧ=8,0×10⁵ КОЕ/мл, количество граммотрицательных энтеробактерий – 6,4×10³ КОЕ/мл) ниже, чем в производственной транспортно-моечной воде (ОМЧ=1,2×10⁷ КОЕ/мл, количество граммотрицательных энтеробактерий – 4,2×10⁴ КОЕ/мл), а также органолептические показатели были лучше, что указывает на возможность использования осветленной фракции суспензии в технологии производства сухого картофельного пюре для первичной мойки или гидротранспортирования картофеля.

Проведены исследования образующегося осадка в процессе обработки крахмальной суспензии. На основании установленных показателей осадка (содержание сухого вещества – 7,5 %, рН – 4,01, общий азот – 1,5 кг/т, общий фосфор – 0,5 кг/т, общий калий – 1,3 кг/т, содержание свинца <0,03 мг/кг, содержание кадмия <0,01 мг/кг, класс опасности по свойству «токсичность» – 4), получено заключение от РУП «Институт почвоведения и агрохимии» о возможности использования получаемого осадка в качестве компонента органических удобрений.

Учитывая результаты проведенных исследований разработана схема переработки крахмальной суспензии в процессе производства сухого картофельного пюре (рисунок 4).



Рис. 3. Визуализация очистки крахмальной суспензии
Fig. 3. Visualization of potato starch suspension purification



1,5 – винтовой насос, 2 – дуговое сито, 3 – центробежный насос, 4 – емкость для отстаивания, 6 – центрифуга, 7 – аэротенк для микробной очистки частично осветленной фракции крахмальной суспензии после отстаивания

Рис. 4. Схема переработки крахмальной суспензии, образующейся при производстве сухого картофельного пюре

1.5 – screw pump, 2 – arc sieve, 3 – centrifugal pump, 4 – settling tank, 6 – centrifuge,

7 – aeration tank for microbial purification of the partially clarified fraction of the potato starch slurry after settling

Fig. 4. Schematic diagram of the potato starch slurry processing system generated during the production of dry mashed potatoes

Заключение. По результатам проведенных исследований установлено, что реализация усовершенствованной технологии производства сухого картофельного пюре за счет переработки картофелекрахмальной суспензии позволит предприятиям сократить общие затраты за сброс отходов в городские очистные сооружения и за счет экономии воды, использовать осветленную фракцию суспензии в оборотном водоснабжении предприятия, образующийся осадок применять в качестве компонента органических удобрений для полей с/х назначения, при этом улучшить экологическую ситуацию на предприятии и близлежащих территориях.

Список использованных источников

1. Куликов, А. В. Характеристики сырья и отходов в картофелеперерабатывающей промышленности Республики Беларусь / А. В. Куликов, О. М. Куликова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – № 3. – С. 31–37.
2. Юрченко, А. Е. Вторичные материальные ресурсы пищевой промышленности (образование и использование). Справочник / А. Е. Юрченко. – М.: Экономика, 1984. – 327 с.
3. Серпова, О. С. Ресурсосберегающие технологии переработки картофеля: Научный аналитический обзор / О. С. Серпова, Л. А. Борченкова. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 84 с.
4. Калашников, Г. В. Анализ вторичного пищевого сырья при производстве быстрорастворимых картофельных хлопьев и переработки картофеля / Г. В. Калашников, Л. В. Шухмина, Д. В. Назаретьян // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. – 2016. – № 6 (14). – С. 69–74.
5. Максимов, С. П. Обзор методов биологической очистки сточных вод / С. П. Максимов, И. А. Алексеев // Технические науки – от теории к практике: материалы XLI международной научно-практической конференции № 12(37). – Новосибирск: СибАК, 2014. – С. 95–101.

Информация об авторах

Куликов Алексей Валентинович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: newteh@belproduct.com

Зайченко Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора по научной и инновационной работе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: zaichenko@belproduct.com

Садовский Александр Александрович, кандидат технических наук, начальник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: sadouski.A@gmail.com

Information about the authors

Kulikou Alexey Valentinovich, PhD. (Technical), Associate Professor, Senior Researcher of the Department of New Technologies and Engineering of RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: newteh@belproduct.com

Zaichenko Dmitry Alexandrovich, PhD. (Technical), Associate Professor, Deputy General Director for Scientific and Innovative Work of RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: zaichenko@belproduct.com

Sadouski Alexander Alexandrovich, PhD. (Technical), Department head of New Technologies and Engineering of RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: sadouski.A@gmail.com