

УДК 664.22

Поступила в редакцию 27.01.2025
Received 27.01.2025**А. В. Куликов***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ КРАХМАЛЬНЫХ
СУСПЕНЗИЙ НА ОСНОВЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ РЕОЛОГИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ**

Аннотация. В статье описаны результаты исследований разделения различных крахмальных суспензий за счет изменения реологических свойств дисперсионной фазы путем внесения гидратов, позволяющие снизить производственные потери крахмала и повысить его качественные показатели. Осуществлено обоснование необходимого оборудования и сформированы рекомендации по использованию данных результатов для предприятий крахмалопаточных производств.

Ключевые слова: способ, разделение, крахмальные суспензии, дисперсионная среда, седиментационные свойства, гидраты

A. V. Kulikou*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus***STUDY OF THE SEPARATION PROCESS OF STARCH SUSPENSIONS
BASED ON CHANGES IN THEIR RHEOLOGICAL PROPERTIES**

Abstract. The article describes the results of studies of separation of various starch suspensions by changing the rheological properties of the dispersion phase by introducing hydrates, which allows reducing production losses of starch and improving its quality indicators. The necessary equipment was substantiated and recommendations were developed for the use of these results for starch and syrup production enterprises.

Key words: method, separation, starch suspensions, dispersion medium, sedimentation properties, hydrates.

Введение. В процессе производства крахмала образуются различные крахмальные суспензии: измельченная картофельная кашка (смесь крахмала, мезги и клеточного сока), крахмальное молочко (смесь крахмала, воды и мелкой мезги), жидкие отходы (смесь мезги, соковых вод и крахмала). От степени разделения данных суспензий на отдельные фазы и эффективности извлечения крахмала зависят его качественные характеристики, а также экономические показатели работы предприятия.

Согласно ГОСТ 7699-78, содержание крапин (неизвлеченной мелкой мезги) в картофельном крахмале является основным показателем его пригодности в качестве крахмалов «экстра» (60 шт. на 1 дм² поверхности крахмала) и «медицинского» (должен вырабатываться без механических примесей с количеством крапин до 40 шт.), для получения которых необходима дополнительная очистка крахмала от мелкой мезги. Крахмал сорта «Экстра» в Республике Беларусь без изменения существующей технологии может вырабатывать лишь ОАО «Рогозницкий крахмальный завод», на котором установлено современное шведское оборудование. Однако данный процесс является достаточно затратным из-за использования энергоемкого оборудования для дополнительной очистки от мелкой мезги. Разница в стоимости крахмала «экстра» и «высшего сорта» достигает 10% и более, поэтому поиск эффективных путей очистки суспензии крахмального молочка от мелкой мезги для крахмальных заводов РБ является актуальной задачей.

В то же время, для отдельных потребителей готового крахмала не требуется соблюдение всех стандартных показателей качества. В частности, для крахмала, используемого для технических целей — в составе флотационного реагента при производстве калийных удобрений на ОАО «Беларуськалий», показатель относительного содержания мезги в крахмале практически не влияет на производственный процесс флотации калийной руды. И по действующему технологическому процессу получают 2 вида конечного продукта, которые используются на процессе флотации: реагент — сухой крахмал невысокой степени очистки от мелкой мезги в количестве 60% от всего крахмала, содержащегося в картофеле; влажная отпрессованная мезга с оставшимся невыделенным крахмалом (40%).

Данный процесс получения крахмала из измельченной картофельной кашки достаточно затратный из-за использования морально устарелого и энергоемкого центробежного оборудования. Поэтому актуальной задачей для этой технологии также является поиск путей по снижению затрат на выделение крахмала.

В дополнение к вышеизложенному, в крахмальном производстве РБ часть извлекаемого свободного крахмала с жидкой мезгой выводится из производства в виде отходов (в зависимости от степени измельчения картофеля и извлечения крахмала на гидроциклонных установках). В случае полного разделения суспензии жидких отходов крахмального производства можно будет получать крахмал без содержания мезги, снизить его производственные потери, а очищенную жидкую фазу можно будет использовать в системе гидротранспортирования картофеля или без существенных затрат сбрасывать на поля фильтрации, а также в канализационные сети ЖКХ.

На основании вышеизложенного **целью исследований** является решение обозначенных проблемных вопросов за счет разработки и апробации нового способа разделения крахмальных суспензий на основе изменения их реологических свойств.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись крахмальные суспензии ОАО «Рогозницкий крахмальный завод» — измельченная картофельная кашка, крахмальное молочко, жидкие отходы производства, которые представляют собой гетерогенную систему, состоящую из однородных частей (фаз): зерен крахмала, частиц мезги и клеточного сока. Все три фазы отличаются по составу, физико-химическим и реологическим свойствам.

Частицы мезги (клетчатки) в процессе технологической обработки не изменяют своих реологических свойств. Их физические свойства могут изменяться за счет изменения размера. При этом их плотность составляет 1,07–1,1 г/см³ [1].

Зерна крахмала в процессе технологической обработки не изменяют физических, химических, реологических свойств. При этом их плотность составляет 1,55–1,6 г/см³ [1].

Клеточный сок в процессе технологической обработки изменяет реологические свойства: плотность, концентрацию, вязкость.

В связи с чем для повышения эффективности разделения вышеуказанных крахмальных суспензий предложен способ, основанный на изменении свойств дисперсионной среды (клеточного сока, соковых вод картофеля). Т.е. искусственно внося в клеточный сок воду или растворенные химические вещества (например, солевые растворы) можно создать необходимую плотность дисперсионной среды крахмальных суспензий, которая должна быть больше плотности клетчатки и меньше плотности зерен крахмала, что способствовало бы разделению данных фаз, т.е. всплыванию частиц клетчатки в поверхностную часть крахмальной суспензии, как более легких, и осаждению зерен крахмала, как более тяжелых.

В связи с чем были подобраны наиболее доступные и безопасные вещества, способные растворяться в жидкой среде и изменять ее плотность — соли (KCl, NaCl). Выбор данных веществ неслучаен. Так, при производстве калийных удобрений на ОАО «Беларуськалий» в огромном количестве образуются побочные продукты — водные растворы калийных солей различных концентраций. Аналогичная ситуация с образованием побочных продуктов в виде водных растворов натриевых солей на ОАО «Мозырьсоль».

Результаты исследований и обсуждение. Исследовано влияние растворенных веществ выбранных реагентов (NaCl, KCl) в дисперсионной среде на ее плотность в суспензии, в результате чего для проведения дальнейших исследований можно рекомендовать необходимую концентрацию реагентов для достижения требуемой плотности дисперсионной среды (>1,1 г/см³ и <1,5 г/см³) — 150–300 г/л.

Далее проведены экспериментальные исследования по разделению крахмальных суспензий и определению седиментационных свойств картофельного крахмала и мезги в дисперсионных средах с различной плотностью. В качестве реагента использовали насыщенный раствор NaCl плотностью ≈1,25 г/см³.

Разделение суспензии картофельной кашки. Согласно типовой технологической схемы производства сырого картофельного крахмала [1,3,5], была осуществлена предварительная промывка кашки от клеточного сока с целью недопущения потемнения крахмала при последующих операциях, а также снижения плотности жидкой дисперсионной фазы получаемой суспензии (с 1,07-1,1 до 1-1,02 г/см³). Далее кашку помещали в мерный цилиндр, после чего добавляли подготовленный жидкий реагент плотностью $\rho \approx 1,25$ г/см³ в соотношении 1:2, перемешивали образующуюся крахмальную суспензию и давали отстояться. Результаты эксперимента представлены на рис. 1.



Рис. 1. Процесс разделения картофельной кашки в соляном растворе $\rho \approx 1,25$ кг/м³
Fig. 1. The process of separating potato mash in a saline solution $\rho \approx 1.25$ kg/m³

Из рис. 1 видно, что наблюдается четкое фазовое разделение компонентов измельченной картофельной кашки при помещении в солевой раствор: крахмал, как более плотный, осел на дно, а мезга — всплыла в поверхностную часть цилиндра. При этом в осевшем крахмале следов мезги визуальнo не обнаружено, запах и цвет также не изменились.

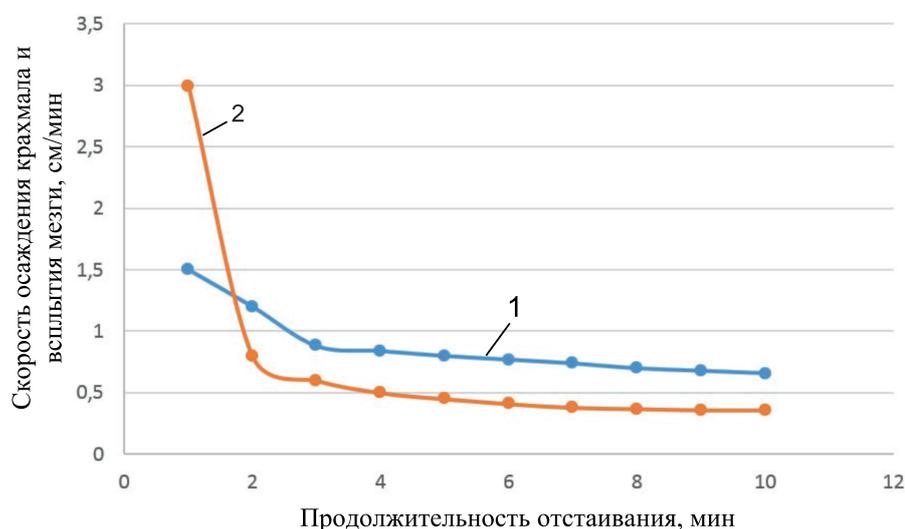


Рис. 2. Зависимость скорости осаждения крахмала (1) и скорости всплытия мезги (2) от продолжительности отстаивания в соляном растворе $\rho \approx 1,25$ кг/м³
Fig. 2. Dependence of the starch sedimentation rate (1) and the pulp floating rate (2) on the duration of settling in a saline solution $\rho \approx 1.25$ kg/m³

На рис. 2 представлены зависимости скорости осаждения крахмала и всплытия мезги от продолжительности отстаивания в соляном растворе. Изначально происходит интенсивное движение более крупных частиц крахмала ко дну цилиндра, и в течение около 30-40 сек начинает устанавливаться одна четкая граница раздела фаз, которая затем с убывающей

скоростью движется к низу мерного цилиндра. Аналогичная ситуация наблюдается при всплытии картофельной мезги в поверхностную часть цилиндра. При этом процесс осаждения крахмала и всплытия мезги можно считать окончанным по истечении 7–8 минут из-за сильного падения скоростей и незначительного прироста их объемов.

Разделение суспензии крахмального молочка (рафинирование). Согласно типовой технологической схемы производства крахмала [1,3], важным процессом является очистка крахмального молочка от остатков мелкой мезги (рафинирование), наличие которой влияет на сортность готового крахмала. Данный процесс в производственных условиях осуществляют на непрерывнодействующих гидроциклонных установках, различных ситовых аппаратах. В нашем случае суспензию крахмального молочка очищали от мезги новым способом — путем добавления солевого раствора с целью изменения плотности дисперсионной фазы. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.



Рис. 3. Разделение суспензии крахмального молочка
Fig. 3. Separation of starch milk suspension

Из рис. 3 видно, что добавление гидрата в крахмальное молочко позволяет осуществлять его очистку от имеющихся частиц мезги, которые всплывают в поверхностную часть цилиндра.

Разделение суспензии жидкой мезги. Согласно [4–5], потери крахмала с мезгой с сточными водами могут составлять около 3%. На основании чего осуществлены экспериментальные исследования по выделению крахмала из жидкой мезги ОАО «Рогозницкий крахмальный завод» путем добавления в нее солевого раствора. Результат представлен на рис. 4.



Рис. 4. Выделение крахмала из жидкой мезги
Fig. 4. Extraction of starch from liquid pulp

По истечении нескольких минут мезга при добавлении гидрата в цилиндр полностью всплыла и распределилась в верхней части. При этом на дне цилиндра были видны следы крахмала (т.к. их плотность $\approx 1,5$ г/мл $>$ плотности гидрата $\approx 1,25$ г/мл) в ничтожном количестве. Это связано с тем, что оборудование, установленное на ОАО «Рогозницкий крахмальный завод», позволяет с высокой степенью осуществлять измельчение картофеля и извлечение крахмала, а также очистку от песка, грязи и других примесей.

Установлено, что предложенный способ разделения суспензий как минимум не снижает органолептических показателей выделяемого крахмала картофельного (цвет, запах), при этом правильная организация производства позволит снизить в нем наличие неизвлеченных частиц мезги (крапин) и, тем самым, получать крахмал более высокого качества, снизить потери крахмала с жидкой мезгой. При этом осветленную фракцию использовать в оборотном водоснабжении для мойки или гидротранспортирования картофеля, а извлеченные частицы мезги — для кормовых либо технических целей.

При реализации предложенного способа разделения суспензий в производственных условиях отпадает необходимость в использовании энергоемкого механического оборудования для выделения крахмала (сепараторов, центрифуг, гидроциклонной установки и др.) за счет применения простого емкостного и менее энергозатратного насосного оборудования и доступных реагентов.

Заключение. Проведенные исследования демонстрируют эффективность использования растворов NaCl и KCl для регулирования плотности дисперсионной среды (1,1–1,5 г/см³) при разделении крахмальных суспензий. Установлено, что оптимальная концентрация реагентов для достижения требуемой плотности составляет 150–300 г/л, при этом насыщенный раствор NaCl ($\rho \approx 1,25$ г/см³) обеспечивает четкое фазовое разделение компонентов: крахмал оседает, а мезга всплывает.

Внедрение метода на предприятиях крахмальной промышленности позволит оптимизировать технологические процессы, снизить себестоимость продукции и минимизировать экологическую нагрузку. На основании полученных результатов обоснована необходимость разработки оборудования и сформированы рекомендации для предприятий крахмалопаточных производств по повышению эффективности разделения крахмальных суспензий за счет изменения реологических свойств дисперсионной фазы при производстве крахмала для пищевых и технических целей.

Список использованных источников

1. Андреев, Н.Р. Основы производства нативных крахмалов. — М.: Пищепромиздат, 2001. — С. 289.
2. Справочник химика [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/70708/>. — Дата доступа: 21.01.2025.
3. Трегубов, Н.Н. Технохимический контроль крахмалопаточного производства/ Н.Н. Трегубов, В.Г. Костенко. — М.: Агропромиздат, 1991. — С. 264.
4. Производство картофельного крахмала, технология [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://carbofood.ru/starch-technology/16-potato-tech>. — Дата доступа: 22.01.2025.
5. Технология крахмала и крахмалопродуктов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://zinref.ru/000_uchebniki/04200produkty/006_00_tehnologia_pishevih_proizvodstv_kovalskaia_1997/056.htm. — Дата доступа: 22.01.2025.

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: ont_i_t@mail.ru

Information about the authors

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

E-mail: ont_i_t@mail.ru