

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ НАТИВНОГО КРАХМАЛА НА ФРАКЦИИ, ОТЛИЧАЮЩИЕСЯ РАЗМЕРОМ ГРАНУЛ

*А.А. Заболотец, ФММП БНТУ, г. Минск;*

*доктор техн. наук, канд. хим. наук В.В. Литвяк, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Московская обл., Российская Федерация; канд. техн. наук, доцент А.И. Ермаков, ФММП БНТУ, г. Минск*

*Резюме - актуальной проблемой современной технологии получения крахмала и крахмалопродуктов является разработка современных высокоэффективных методов целенаправленного изменения физико-химических свойств нативных (натуральных) крахмалов без использования модифицирующих факторов [1-4]. Особенности формирования крахмальной гранулы зависят от многих геоклиматических факторов (температуры окружающей среды, количества осадков, количества солнечных дней, плодородия почвы и т.д.), контролируются [3-5]. Для регулирования физико-химических свойств нативного крахмала, полученного из растительного крахмалосодержащего сырья, без использования модифицирующих факторов необходимо проводить более тщательную переработку этого сырья, т.к. размер гранул натуральных крахмалов колеблется в широком диапазоне (от 5 до 200 мкм) [5]. В работе рассматривается влияние времени отстаивания, концентрации крахмальной суспензии, времени перемешивания и частоты вращения мешалки на процесс разделения частиц крахмала на фракции.*

*Ключевые слова: крахмал, крахмальная суспензия, нативный крахмал, частица, крахмальная гранула, отстаивание, процесс осаждения, разделение.*

**Введение.** Актуальной проблемой современной технологии получения крахмала и крахмалопродуктов является разработка современных высокоэффективных методов целенаправленного изменения физико-химических свойств нативных (натуральных) крахмалов без использования модифицирующих факторов [1-4]. Именно крахмальная гранула заключает в себе все особенности молекулярного и надмолекулярного строения нативного крахмала и является его основной структурной характеристикой. Особенности формирования крахмальной гранулы зависят от многих геоклиматических факторов (температуры окружающей среды, количества осадков, количества солнечных дней, плодородия почвы и т.д.), контролируются [3-5]. Размер и форма крахмальных гранул нативного крахмала определяют проявление физико-химических характеристик натурального крахмала различного ботанического происхождения. Установлено, что для регулирования физико-химических свойств нативного крахмала, полученного из растительного крахмалосодержащего сырья, без использования модифицирующих факторов необходимо проводить более тщательную переработку этого сырья, т.к. размер гранул натуральных крахмалов колеблется в широком диапазоне (от 5 до 200 мкм) [5].

**Основная часть.** Объектом исследований являлся процесс разделения крахмальной суспензии по размеру на фракции в гидравлическом классификаторе. Основной задачей экспериментальных исследований является получение достоверных данных об объекте исследований. Обработка и визуализация полученных данных может позволить определить параметры известных аналитических зависимостей, описывающих объект исследований, подтвердить или опровергнуть результаты теоретических исследований, найти новые эмпирические зависимости или выявить другие скрытые закономерности [5-6]. С целью сокращения количества опытов экспериментальные исследования процесса разделения гранул нативного крахмала по размерам на фракции решено проводить для нативного картофельного крахмала, который получил в Республике Беларусь наиболее широкое распространение. Для проведения экспериментальных исследований процесса классификации крахмальных гранул по размеру на фракции были созданы условия, максимально приближенные к тем, в которых будет осуществляться процесс разделения с использованием гидравлического классификатора. Экспериментальные исследования процесса очистки гранул крахмальной суспензии по размеру на фракции в лабораторном классификаторе было решено проводить в два этапа. На первом этапе исследовалось статическое разделение (классификация) крахмальных гранул по размеру в поле гравитационных сил (методом осаждения). В ходе проведения экспериментального исследования учитывались такие показатели как:

- время отстаивания  $t_{отст}$ , мин
- концентрация крахмальной суспензии  $K$ , %;
- объем разделяемой крахмальной суспензии  $V$ , мл.

На втором этапе исследовалось динамическое разделение (классификация) крахмальных гранул по размеру в поле гравитационных сил (методом осаждения). В ходе проведения экспериментального исследования учитывались такие показатели как:

- время отстаивания  $t_{отст}$ , мин;
- концентрация крахмальной суспензии  $K$ , %;
- частота вращения мешалки  $\omega$ , об/мин;
- время перемешивания  $T$ , мин.

Для проведения экспериментальных исследований использовались: магнитная мешалка с подогревом yellow MAG HS 7, имеющая диапазон скорости перемешивания от 100 до 1500 об/мин; секундомер. Морфологию структурных элементов крахмала – крахмальные гранулы (размеры, форма и особенности их поверхности) изучали с использованием сканирующего электронного микроскопа LEO 1420 (Германия) [1–3]. Обработка

статистическая полученных результатов исследования осуществлена с применением различных компьютерных способов: MathCAD PRO, MS Office Excel, STATGRAPHICS Plus, STATISTICA 6.0 по общепринятым методикам [9].

Для описания влияния режимных параметров работы лабораторного классификатора на процесс гидравлического разделения гранул нативного крахмала по размеру на фракции был построен ряд графических зависимостей (рисунок 1).

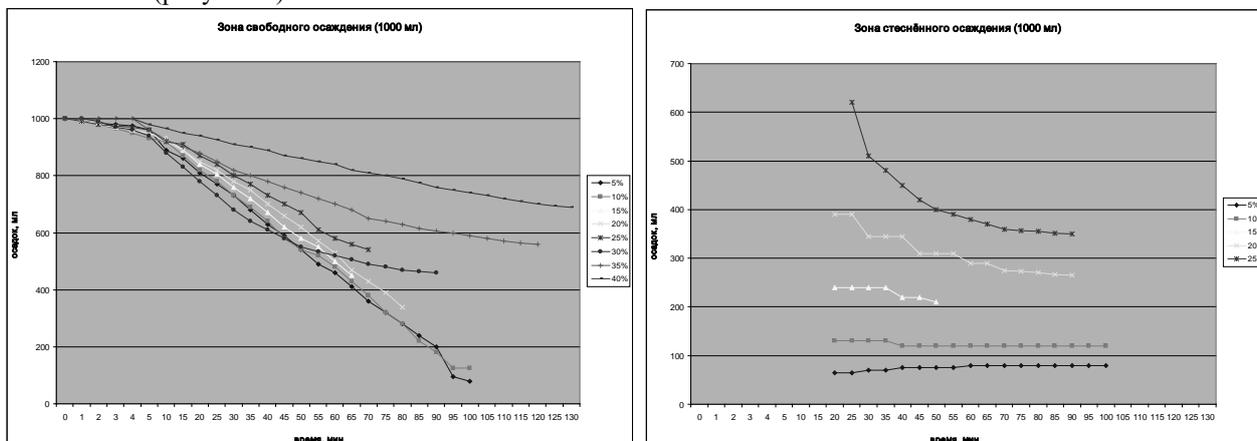


Рисунок 1 – График зависимости скорости осаждения от времени осаждения в свободной зоне при объеме мерного цилиндра 1000 мл: *a* – в зоне свободного осаждения, *б* – в зоне стесненного осаждения

Полученные экспериментальные данные позволяют установить, что процесс статического разделения гранул суспензии нативного крахмала по размеру на фракции протекает с образованием нескольких зон осаждения: зона стеснённого осаждения и зона свободного осаждения. При осаждении частиц в стесненных условиях, когда их концентрация велика, проявляются следующие эффекты: столкновение частиц, приводящее к гашению скорости и к увеличению сопротивления; увлечение тихоходных частиц (малых) более быстроходными (большими).

Построены поверхности отклика по максимальному, среднему и минимальному размеру крахмальных гранул в сливе и остатке при разных концентрациях крахмальной суспензии (рисунок 2).

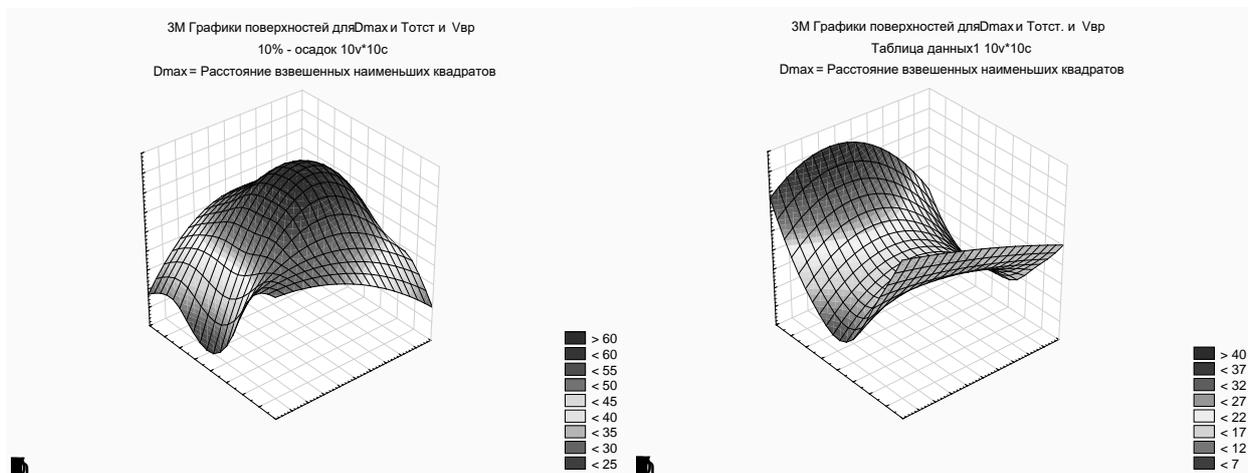


Рисунок 2 – Графики поверхности отклика при концентрации суспензии 10%: *a* – в остатке, *б* – в сливе

В результате эксперимента установлено, что процесс разделения крахмальных гранул по размеру в поле гравитационных сил осуществим. Более крупные частицы крахмальной суспензии осаждаются быстрее, чем мелкие. Т.е. скорость осаждения частиц тем больше, чем больше ее диаметр (или радиус). Кроме того, на размер крахмальных гранул в процессе осаждения влияет процентное содержание нативного крахмала в воде, т.е. чем меньше процентное содержание крахмальной суспензии, тем более четкое прослеживается разделение. Таким образом, прослеживается значительная разница между средними размерами гранул крахмала в сливе и остатке. Процентное содержание нативного крахмала в воде также влияет и на скорость протекания процесса осаждения. При меньшей концентрации крахмальной суспензии времени на осаждения потребовалось меньше. Отмечено, что с увеличением времени отстаивания средний размер гранул нативного крахмала в сливе уменьшается. Т.е., чем дольше по времени осуществляется процесс разделения, тем меньший наблюдается размер гранул в сливе.

**Заключение.** При проектировании лабораторной установки по разделению крахмальных гранул методом отстаивания, необходимо производить расчет технических параметров оборудования основываясь на экспериментальные данные частиц меньшего размера, т.к. если создать условия для осаждения мелких частиц, то для крупных они будут заведомо достаточны. Для более эффективного проведения процесса отстаивания следует оказывать воздействие на скорость осаждения уменьшая вязкость и плотность среды путем, например, повышения ее температуры. При этом температуру можно повышать очень осторожно, не допуская клейстеризации крахмальных гранул, т.е. температура не должна превышать +50°C.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Заболотец, А.А. Методика получения комбинаторных нативных картофельных крахмалов / А.А. Заболотец, В.В. Литвяк, А.И. Ермаков // Техника и технология пищевых производств: материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф., 23–24 апреля 2020 г., в 2-х т., Могилев / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А.В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев: МГУП, 2020. – Т.1. – С. 400–401.
2. Заболотец, А.А. Получение комбинаторных нативных крахмалов / А.А. Заболотец, В.В. Литвяк, А.И. Ермаков // Международная научно-практическая конференция «Зерновая отрасль: состояние и перспективы развития», посвященная 70-летию академика Национальной Академии наук Республики Казахстан Изтаева Ауельбека Изтаевича (28 февраля 2020г.) – Алматы: АТУ, 2020. – с.140 – 142.
3. Литвяк, В.В. Способ получения комбинированных нативных крахмалов: Патент № 2727282. RU, МПК7 С 08В 30/00 / В.В. Литвяк, В.Г. Лобанов, Ю.Ф. Росляков, А.А. Заболотец, Д.И. Гоман, М.С. Алексеенко, А.И. Ермаков; заявка №2019122198; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВПО «КубГТУ»); опубл. 24.07.2020 // Государственный реестр изобретений Российской Федерации. – 2020.
4. Петюшев, Н.Н. ТУ ВУ 190239501.955-2020 «Крахмал нативный комбинаторный» / Н.Н. Петюшев, А.А. Заболотец, В.В. Литвяк // РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Минск, 2020. – 19 с. – Государственная регистрация №059802 от 27.09.2020 г.
5. Андреев, Н.Р. Новые исследования в области химии, технологии и маркетинга крахмала и крахмалопродуктов. О международной конференции «Химия и технология крахмала» г. Детмольд, Германия / Н.Р. Андреев, Д.Н. Лукин, В.Г. Гольдштейн // Пищевая промышленность. – 2017. – № 1. – С. 25–31.
6. Андреев, Н.Р. Основы производства нативных крахмалов / Н.Р. Андреев. – М.: Пищепромиздат, 2001. – 289 с.
7. Грошева, Л.П. Растворы. Расчет составов. Разбавление, смешение, концентрирование растворов. Расчет состава и характеристик твердых материалов: Методическое пособие / Л.П. Грошева. – Великий Новгород: Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, 2006. – 13 с.
8. Заболотец, А.А. Инновационный способ получения нативного крахмала фракционированного по размеру крахмальных гранул / А.А. Заболотец, А.И. Ермаков, В.В. Литвяк, Д.А. Соломин // Пищевая промышленность, – Москва: «Пищевая промышленность», 2020. – №9 – с.12-17.
9. Гоулдстейн, Дж. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ : В 2-х кн. / Дж. Гоулдстейн, Д. Ньюбери, П. Эчлин, Д. Джой, Ч. Фиори, Ф. Лифшин; Пер. с англ. Р.С. Гвоздовер, Л.Ф. Комоловой. – Книга 1. – М.: Мир, 1984. – 303 с.

УДК 658.5

#### ПРИМЕНЕНИЕ QFD МЕТОДОЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

канд. техн. наук *М. Л. Зенькова*, БГЭУ, г. Минск

*Резюме – рассмотрен принцип планирования, проектирования и производства пищевой продукции на основе применения QFD методологии, изучен зарубежный опыт и перспективы использования в Беларуси при разработке пищевой продукции. Использование данной методологии позволяет создать продукты, отвечающие желаниям потребителей. QFD методология позволяет наглядно сформировать модель желаний потребителей, преобразовать желания в свойства продукта и разработать показатели качества продукта, а также принять решения при проектировании производства продукции.*

*Ключевые слова: развертывание функции качества, планирование продукта, потребительские свойства*

**Введение.** QFD – это детально разработанная систематизированная методология, направленная на максимально полное удовлетворение ожиданий потребителей от продукции. Применяя данную методологию при разработке пищевой продукции необходимо установить: что представляют собой ожидания потребителей, какими они бывают и каким образом их можно удовлетворить? Для использования QFD методологии необходимо создать команду специалистов из разных областей, которая обозначит стратегию разработки продукта, определит, какие сегменты рынка следует обработать и к каким целевым группам следует обратиться. Этот шаг важен, потому что желания относительно продукта различаются в зависимости от целевых потребителей. Если необходимо рассмотреть разные целевые сегменты, для каждого требуется отдельный проект QFD.