

# О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ КРАХМАЛСОДЕРЖАЩЕГО И ИНУЛИНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

С.В. Янкевич, А.А. Фошин, А.Ю. Головин

Общество с ограниченной ответственностью  
"НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ДЖЕНЕРУС"  
*(ультразвуковые системы)*



ПРЕЗЕНТАЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

GENERUS

GENERUS

Современные ультразвуковые установки представляют собой новый подход к решению различных технологических задач современных производств пищевой промышленности. Использование ультразвуковых колебаний высокой интенсивности позволяет ускорить традиционные и реализовать новые процессы в пищевой промышленности в жидких, твердых и газообразных средах.

В настоящее время особую актуальность в пищевой промышленности приобретает поиск технологии «холодных» экстрактов, которые в отличие от «горячих» экстрактов, содержат полный спектр биологически активных веществ в неразрушенном состоянии, при этом вместо нагрева для повышения диффузии могут использоваться различные физические приемы воздействия. В качестве такого приема можно рассматривать ультразвуковое воздействие.

*Целью* данного исследования является иллюстрации перспективности ультразвукового способа воздействия для усиления экстракции инулина и получения дополнительного выхода свободного крахмала при минимальном потреблении энергии.

## Объекты и методы исследования

Объектами исследования в настоящей статье являются крахмалсодержащее и инулин содержащее сырье, на которое оказывается ультразвуковое воздействие при помощи мощных магнитострикционных преобразователей.

Экспериментальным методом исследования и при помощи математической обработки данных было установлено, что максимальное количество связанного крахмала, перешедшего в свободный крахмал, достигает 1% (рис.1) от исходного содержания крахмала в перерабатываемом картофеле при применении ультразвукового воздействия с импульсным режимом работы при следующих электрических параметрах:

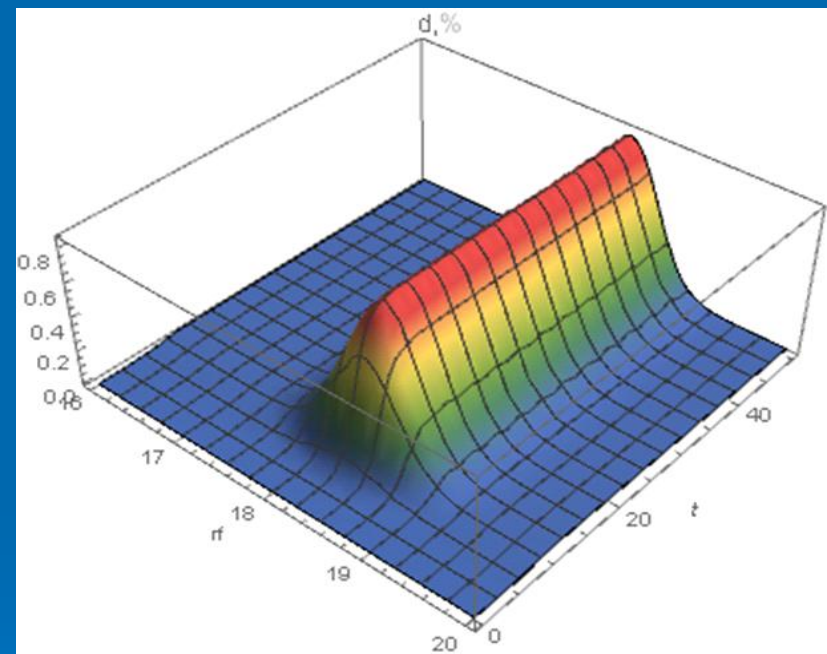


Рис. 1. Зависимость извлечения связанного крахмала, % от массовой доли крахмала в картофеле ( $d$ , %) от частоты ( $f$ , кГц) и продолжительности процесса ( $t$ , мин).

# Объекты и методы исследования

$P_{и} = 9330$  Вт - импульсная мощность на нагрузке;

$f_p = 18,5$  кГц - резонансная частота;

$P_{ср.эл} = 933$  Вт - средняя электрическая мощность на резонансной частоте и максимальной частоте следования пачек;

$\eta$  - КПД излучателей;

$P_{ср.акуст} = 280$  Вт - средняя акустическая мощность;

$I = 0,4$  Вт/см<sup>2</sup> - создаваемая интенсивность ультразвукового воздействия на площади излучения экспериментальной установки (рис. 2).

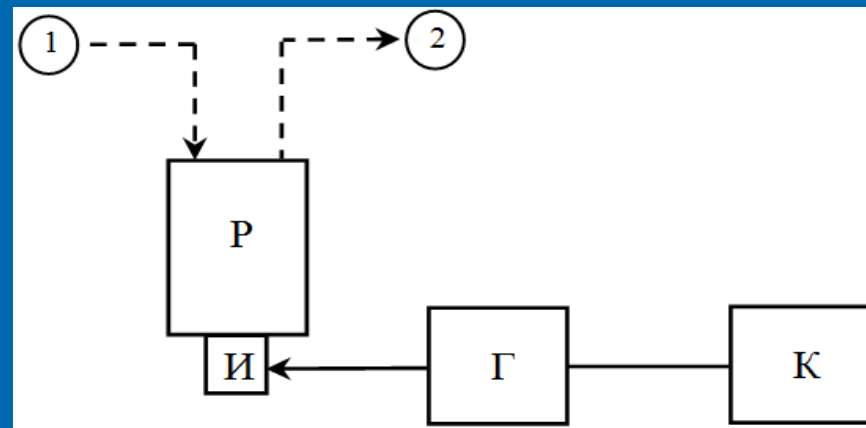


Рис. 2. Общая функциональная схема экспериментальной установки по выделению свободного крахмала с помощью ультразвука: Р – реактор, где происходит нагрев и ультразвуковая обработка; И – излучатель ультразвука; Г – ультразвуковой генератор для питания излучателя; К – компьютер для управления ультразвуковым генератором; 1 – подача ингредиента; 2 – выгрузка отработанного ингредиента.

# Объекты и методы исследования

Для реализации режима «развитой» кавитации в высоковязких и высокодисперсных средах необходимо обеспечение определенной интенсивности ультразвукового воздействия. Эта интенсивность получена экспериментально в центре ультразвуковых технологий и приведена в таблице 1.

Численные показатели интенсивности для разных видов жидкости соответствующие режиму «развитой» кавитации

Таблица 1

Вид жидкости	Вязкость, $10^{-3}$ Па · с	Оптимальная интенсивность, Вт/см <sup>2</sup>
Инулин содержащая жидкость, молоко	0,82...1	2...3
Этиловый спирт	1,2	3...5
Трансформаторное масло	30	4...6
Оливковое масло	85	5...8
Эпоксидная смола	320	9...13
Моторное масло, крахмальная суспензия	400	19...23

## Объекты и методы исследования

Из таблицы 1 видно, что для реализации режима «развитой» кавитации для интенсификации технологических процессов в вязких средах необходима интенсивность ультразвуковых колебаний  $20 \text{ Вт/см}^2$  и выше. Следовательно, интенсивность  $0,4 \text{ Вт/см}^2$  недостаточна для интенсификации технологических процессов в вязких средах. При одинаковом КПД излучателей, одинаковой импульсной мощности и площади излучения, интенсивность ультразвуковых колебаний равная  $20 \text{ Вт/см}^2$  и выше, может быть обеспечена только в ультразвуковых установках непрерывного режима работы. Импульсные ультразвуковые установки дают меньшую интенсивность ультразвуковых колебаний.

При ультразвуковом воздействии на инулин содержащее сырье происходит усиление экстракции растворимых сухих веществ в воду в пределах соответствующей интенсивности воздействия (рис. 3). Ультразвуковой способ воздействия является так же перспективным в технологических процессах переработки инулин содержащего сырья. Однако для получения инулина существуют и другие способы экстракции.

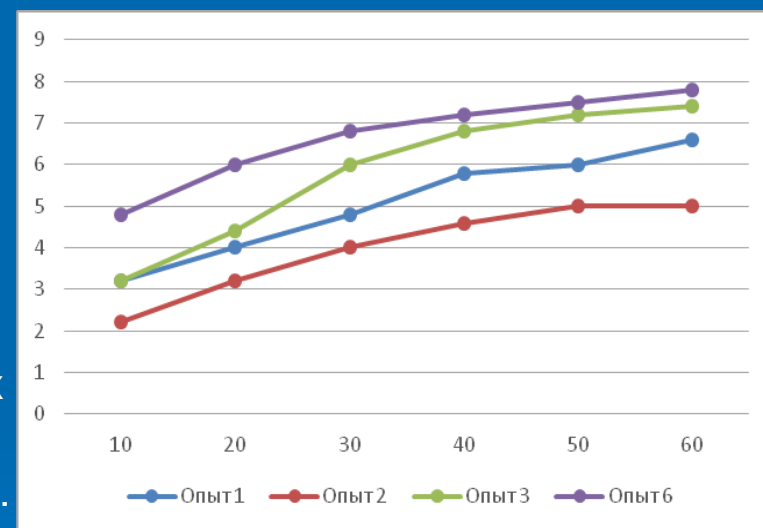


Рис.3. Влияние температуры, перемешивания и ультразвука на экстракцию (по оси абсцисс - время в мин., по оси ординат - выход сухих веществ в %).



Один из традиционных способов получения инулина - это термическая экстракция (рис. 4). Недостатком данного способа получения инулина является нагрев сырья до 80°C, что приводит к частичному гидролизу инулина на олигофруктозу и фруктозу, а также большое потребление энергии на нагрев.

Другой способ получения инулина предполагает использование эффекта кавитации в экстракторе (диспергаторе) роторно-кавитационного типа или в роторно-пульсационном автомате (рис. 5). Первым недостатком этого способа получения инулина является то, что для работы роторного экстрактора, как и любого другого аппарата, использующего центробежную силу вращения, необходима большая мощность - порядка 8 – 10 кВт в зависимости от объема перемешиваемой жидкости. Частота кавитационных пульсаций будет зависеть от угловой скорости вращения ротора, при увеличении которой будет увеличиваться количество микровзрывов и рост кавитационного облака, но пропорционально этому будет расти и потребление энергии. Вторым недостатком этого способа является наличие узла грубой очистки после такого перемешивания, так как для процесса ультрафильтрации необходим сок, получаемый путем грубой и тонкой очистки. Все это, в конечном счете, ложится на себестоимость производства инулина и его конечную стоимость.

# Объекты и методы исследования

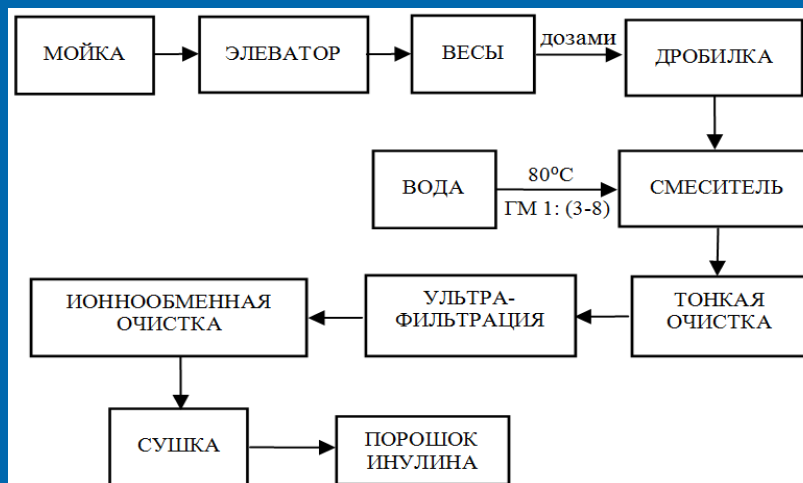


Рис. 4. Функциональная схема термической экстракции инулина.

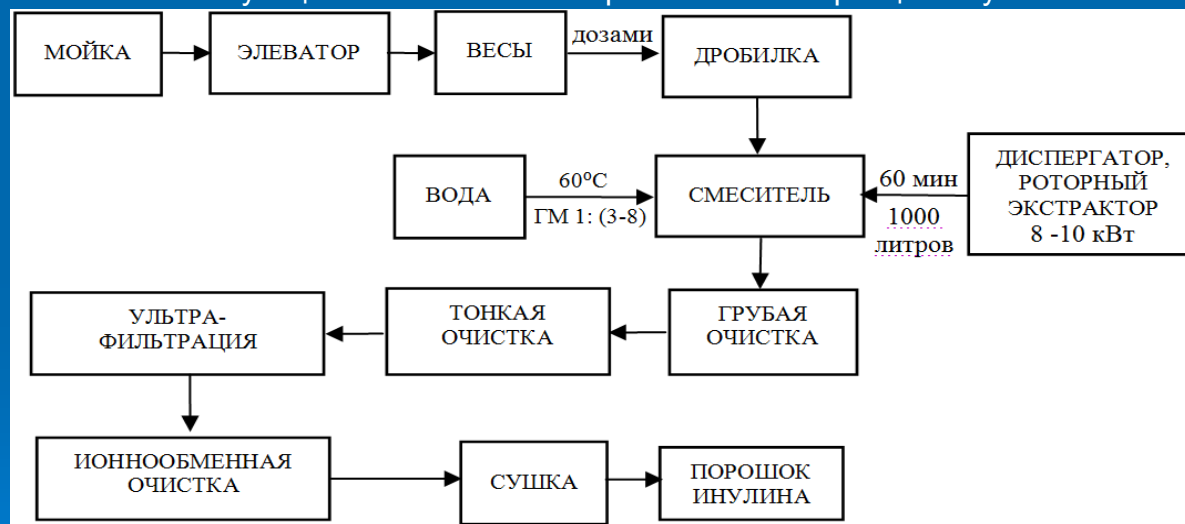


Рис. 5. Функциональная схема кавитационного воздействия с помощью роторно-кавитационного экстрактора.



# Объекты и методы исследования

Нами предлагается использовать в технологическом процессе производства инулина высокоинтенсивный ультразвук как один из способов интенсификации технологического процесса производства инулина (рис. 6).

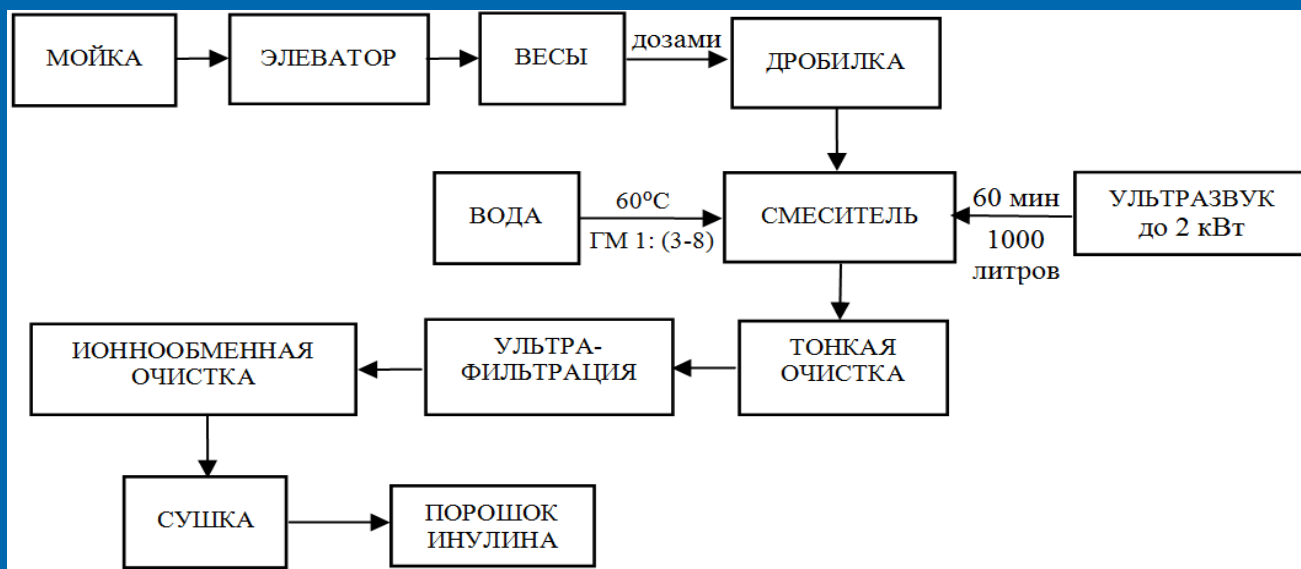


Рис. 6. Функциональная схема кавитационного воздействия с помощью ультразвука.

Основные преимущества применения ультразвука в технологической линии производства инулина: потребление энергии до 2 кВт; температура экстракции 60°C; отсутствие дополнительных технологических емкостей и фильтров.

При переработке крахмалсодержащего сырья ультразвуковыми установками с непрерывным (высокоинтенсивным) режимом работы возможно увеличение выхода крахмала из связанного в свободный до 5% и более. Предложенный способ извлечения крахмала из связанного в свободный крахмал позволяет крахмалопаточным предприятиям получать увеличенный выход крахмала и дополнительный экономический эффект.

При работе высокоинтенсивного ультразвукового воздействия на инулин содержащее сырье интенсивностью  $I = 3 \text{ Вт/см}^2$  будет вполне достаточно для полной экстракции инулина. Потребляемая энергия при этом будет в 3 - 4 раза меньше по сравнению с потребляемой роторно-кавитационным экстрактором, а при работе в импульсном режиме разница в потреблении энергии может достигать и до 10 - 15 раз, правда при этом будет увеличено время экстракции.



## Выводы

Для полной интенсификации технологических процессов в высоковязких и высокодисперсных средах, какими являются крахмалсодержащее и инулин содержащее сырье интенсивность ультразвукового воздействия  $0,4 \text{ Вт/см}^2$  генерируемая экспериментальной установкой недостаточна. Для реализации режима «развитой» кавитации при интенсификации технологических процессов в пищевой промышленности предпочтительно использовать ультразвуковые установки с непрерывным режимом работы (высокоинтенсивный ультразвук).

Наиболее перспективным направлением в совершенствовании технологии производства инулина из свежего растительного сырья является проведение разработок в области использования электромагнитных полей сверхвысоких частот, ультразвукового воздействия, инактивирующее действие которых на ферментные системы является установленным фактом. Это, в свою очередь, позволит исключить применение химических реагентов для инактивации окислительных ферментов.

## Контактная информация

### Общество с ограниченной ответственностью "НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ДЖЕНЕРУС"

**Юридический и почтовый адрес:** Российская Федерация, 143913,  
Московская область, г. Балашиха, ул. Летная, д. 5/5, пом. 36.

**Адреса производств:**

109240, г. Москва, ул. Николоямская, д. 16/2, кор. 6,

125363, г. Москва, ул. Героев-Панфиловцев, д. 10.

**Телефоны:** +7(499)842-42-59; +7(916)725-38-81

**E-mail:** [generus@bk.ru](mailto:generus@bk.ru), [generus@generussystem.ru](mailto:generus@generussystem.ru)

**Сайт:** <http://generussystem.ru>



# Благодарим за внимание



ПРЕЗЕНТАЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

GENERUS

GENERUS