

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
ЭКСТРАКЦИИ ЖЕЛАТИНА В НЕПРЕРЫВНОМ ПОТОКЕHYDRODYNAMIC PECULIARITIES OF THE PROCESS OF GELATINE HIGH-
TEMPERATURE CONTINUOUS EXTRACTION

Применяемый в промышленности способ экстракции желатина в водной среде фракционным методом имеет ряд серьезных недостатков. Они не позволяют ускорить указанный процесс, механизировать трудоемкие операции и создать непрерывнопоточное производство желатина.

В связи с этим, изучение механико-технологических факторов, влияющих на эффективность процесса экстракции желатина из коллагенсодержащего сырья, а также разработка современных методов расчета гидродинамических особенностей процесса высокотемпературной экстракции в непрерывном потоке, с учетом обрабатываемых дисперсных систем, представляет теоретический и практический интерес.

Исследования по изучению процесса экстракции желатина в непрерывном потоке с использованием повышенных температур (около 100°C) были проведены на полупромышленной непрерывнодействующей установке, состоящей из центробежных машин для одновременного измельчения, экстракции коллагеновой массы; центрифуги для разделения смеси бульон - варочный остаток, сепаратора для предварительной очистки и обезжиривания желатиновых бульонов, приборов контроля и регулирования процессом. Сырье измельчали во вращающихся перфорированных барабанах с неподвижной и подвижной парами ножей внутри корпуса центробежных машин. Одна из центробежных машин была снабжена приводом с фрикционным вариантом, обеспечивающим бесступенчатое регулирование скорости вращения барабана. В качестве теплоносителя использовали пароводяную смесь.

Максимальная длительность термического воздействия на обрабатываемое сырье составляла от 20 сек. до 1 минуты. Образующаяся масса непрерывно отводилась из зоны экстракции и в дальнейшем разделялась на твердую (варочный остаток) и жидкую (бульон) фракции.

В опытах использовали коллагенсодержащее сырье, подготовленное путем обработки гидратом окиси кальция общепринятым щелочным методом.

Принципиальная схема основного участка активной зоны экстрагирования приведена на рис. 1.

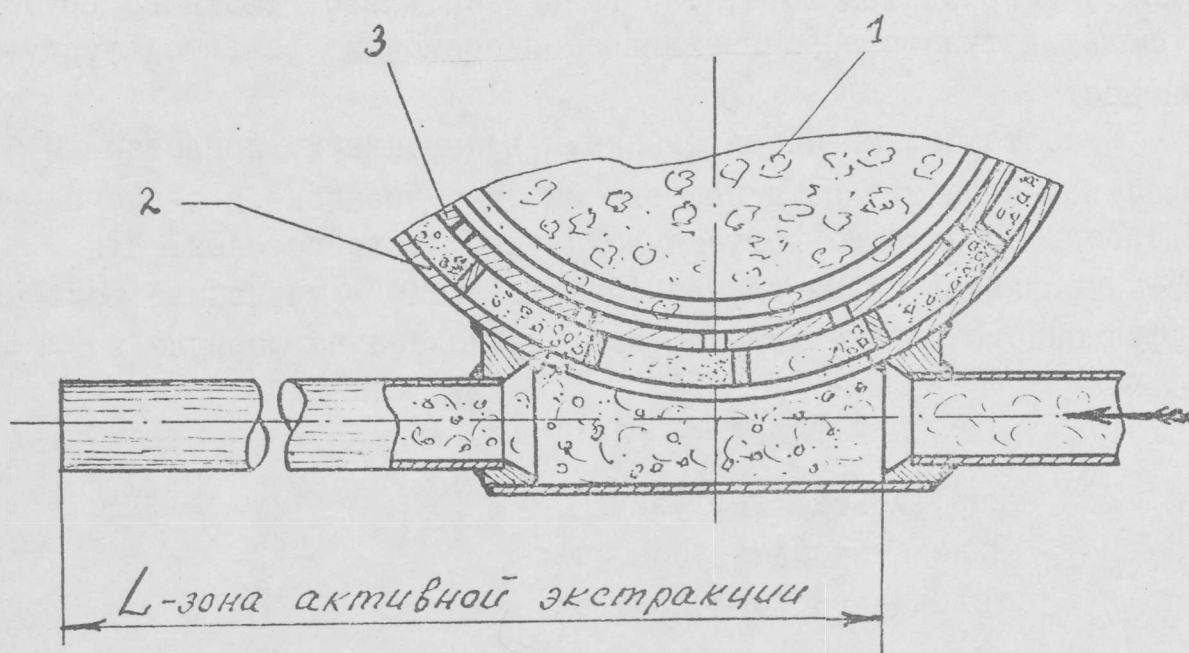


Рис. 1. Принципиальная схема активной зоны экстрактора:
1 – сырье; 2 – корпус экстрактора; 3 – перфорированный барабан

Проведенные исследования позволили рекомендовать следующие параметры процесса для получения продуктов выплавления желатина непрерывным способом и при повышенных температурах с одновременным измельчением сырья в центробежном поле:

число оборотов барабана, мин. – 1000–1100;
температура в зоне экстракции, °C – 95–98;
диаметр отверстий перфорации барабана, мм – от 5 до 10;
жидкостный коэффициент – от 0,5 до 1;
давление пара в сети паропровода, атм – 2,5–2,7.

При составлении гидродинамической модели процесса высокотемпературного экстрагирования желатина из коллагенсодержащего сырья растворение последнего рассматривалось как конвективная диффузия от частицы, взвешенной в турбулентном потоке.

При этом предполагалось, что как в выходной части непрерывно-действующего экстрактора, так и по всей длине отводного трубопровода экстрактора устанавливается состояние развитой турбулентности.

В соответствии с современными воззрениями, прилегающий к частице слой жидкости состоит из диффузионного и вязкого подслоев, а также из пограничного турбулентного слоя. Для рассматриваемого нами случая (твердое тело – жидкость) толщина диффузионного подслоя может быть определена по формуле:

$$\delta = \left(\frac{D}{\nu}\right)^{1/3} \delta_0 \quad (I)$$

где D – коэффициент диффузии;
 ν – кинематическая вязкость;
 δ_0 – толщина вязкого подслоя.

Мелкомасштабные турбулентные пульсации не увлекают частицу, и по отношению к ним она ведет себя как неподвижное тело. Крупномасштабные пульсации увлекают частицу сырья вместе с прилегающим к ней пограничным слоем, перенося их как одно целое. Однако вследствие отличия плотности частиц ρ от плотности жидкости ρ_0 это увлечение не является полным.

Кроме того, при осуществлении процесса экстракции частиц в турбулентном потоке достигается снижение толщины пограничного слоя растворителя до величины не менее 10^{-3} см. Для данного случая процесса экстрагирования частица, частично увлекаемая жидкостью, движется в соответствии с уравнением::

$$\rho V \frac{du}{d\tau} = (\rho - \rho_0) V \frac{dv_0}{d\tau} - K_f \rho_0 S u^2 \quad (2)$$

где V – объем частицы;
 u – относительная скорость частицы;
 v_0 – локальная скорость жидкости;
 K_f – коэффициент пропорциональности;
 S – площадь поперечного сечения частицы;
 τ – время.

Решение уравнения (2) позволяет определить максимальную скорость относительного движения частиц в турбулентном потоке.

$$u_{max} = \text{const} \left(\frac{V \cdot \xi \cdot \rho}{S \cdot \rho_0^2 \cdot K} \right)^{1/3} \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho} \right)^{1/2} \quad (3)$$

где ξ — потеря энергии в единице объема движущейся жидкости за единицу времени.

Как показывает анализ, каждая частица коллагенсодержащего сырья в начальный момент нахождения в растворителе представляет собой высокосольватированное образование с наличием более или менее иммобилизованного растворителя. Вследствие этого фактически общий объем частицы V может быть найден по формуле:

$$V = \frac{M}{N_A} (V_2 + S_1 \cdot V_1) \quad (4),$$

где S_1 — содержание растворителя на единицу сухого экстрагируемого коллагенсодержащего вещества (степень сольватации);

V_1 — средний удельный объем чистого растворителя;

V_2 — парциальный удельный объем растворенного вещества в растворе;

M — молекулярный вес частиц коллагенсодержащего сырья;

N_A — число Авогадро.

Как видно из формул (1, 3, 4), интенсификация процесса экстрагирования может быть достигнута за счет:

- уменьшения толщины вязкого подслоя;
- уменьшения поперечного сечения частицы;
- повышения разности средней скорости на протяжении масштаба пульсаций турбулентности, равного диаметру трубопровода.

Если при этом учесть, что интенсивность деструкции коллагена повышается с увеличением температуры, то можно сделать вывод, что процесс термообработки коллагенсодержащего сырья целесообразно осуществлять в турбулентном потоке, при минимально практически получаемых размерах частиц сырья и оптимальном времени процесса экстракции.

В качестве математической модели непрерывнодействующего высокотемпературного экстрактора принята зависимость:

$$Q = \frac{(at+b)G(100-W)\tau \cdot e^{-ct\tau}}{K} \quad (5),$$

- где a, b, c — постоянные величины;
 G — производительность экстрактора по сырью;
 W — влажность сырья;
 τ — продолжительность экстракции;
 t — температура экстракции;
 K — концентрация бульона;
 Q — производительность экстрактора по бульону.

Одновременно получены аналитические зависимости концентрации от жидкостного коэффициента и размера частиц сырья:

$$K = a + b \cdot W_0 + c W_0^2 \quad (6)$$

$$K = A \cdot e^{-Bd} \quad (7)$$

- где A, B, a, b, c — постоянные;
 d — диаметр отверстий перфорации барабана;
 W_0 — жидкостный коэффициент.

Как видно из формулы (5), зависимость Q от τ является экстремальной. График этой зависимости в общем виде представлен на рис. 2.

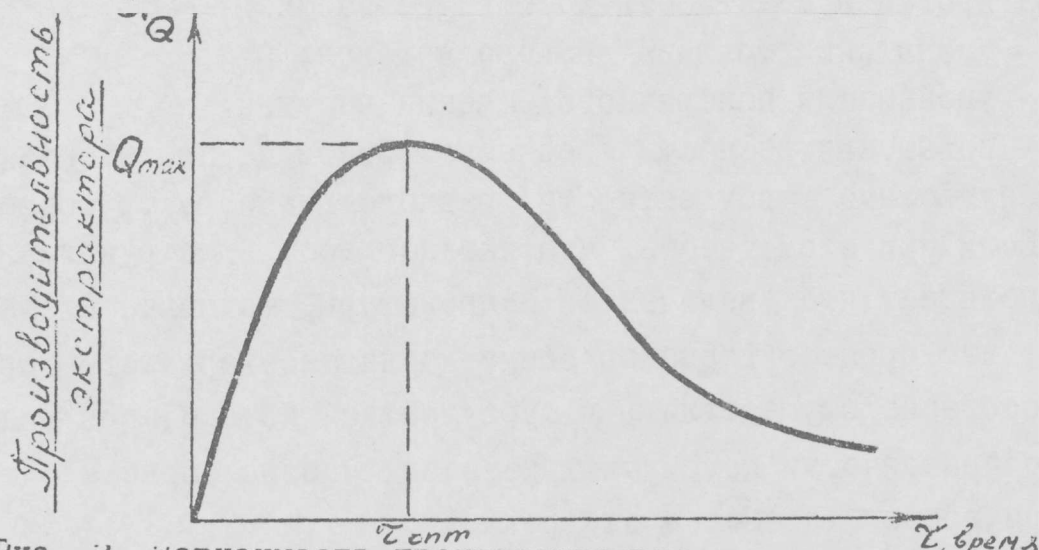


Рис. 2. Зависимость производительности экстрактора от времени

Зависимость (5) позволяет определить максимальную производительность непрерывнодействующего экстрактора и оптимальную продолжительность процесса ($\tau_{\text{опт.}}$)

Для нахождения оптимальной длины активной зоны экстракции отводящего трубопровода от центробежного экстрактора (рис. I) получено уравнение:

$$\ell_{\text{акт.}} = v_{\text{сред.}} \cdot \tau_{\text{опт.}} \quad (6),$$

где $v_{\text{сред.}}$ - средняя скорость экстрагируемой частицы;
 $\ell_{\text{акт.}}$ - длина участка трубопровода активной экстракции.

Полученные экспериментальные и теоретические результаты могут быть использованы при конструировании установок для непрерывной экстракции желатина.

LIST OF FIGURES

FIG.1. Principal scheme of the active zone of the extractor:

1 - raw material;

2 - the body of the extractor;

3 - perforated drum;;

L - зона активной экстракции - the zone of active
extraction

FIG.2. Extractor capacity as related to time:

время - time;

производительность - extractor capacity
экстрактора