

## **ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ЖЕЛАТИНА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ** **Пасичный В.Н., канд. техн. наук, доцент Национального университета пищевых технологий**

В зависимости от назначения и качественных показателей различают медицинский, пищевой, технический и фотожелатин. Общий объем потребности желатина в мире составляет около 200...300 тыс. тон в год. На пищевой желатин приходится приблизительно 45...55% от этого количества.

Медицинский желатин (25...30% годового объема мирового производства) используют для выпуска твердых и мягких желатиновых капсул для лекарства, в качестве связующих веществ в различных видах таблетированных препаратов. Его используют в качестве питательных бактериологических сред при микробиологических исследованиях, а также в качестве стабилизирующих и структурообразующих наполнителей в производстве косметических средств.

Пищевой желатин делится на марки К-13, К-11, К-10, П-11, П-9 и применяется в качестве желирующего и вяжущего материала при изготовлении студней, деструктурированных мясопродуктов в желе, мясных и рыбных консервов, кондитерских и хлебобулочных изделий, в пицеконцентратах и в качестве стабилизаторов при изготовлении мороженого, кремов, майонезов, кулинарных изделий. Желатин используется также для осветления воды, пива, вина.

Технический желатин составляет приблизительно 5...10% годового объема товарооборота желатина и классифицируется на пять типов – Т-11, Т-9, Т-7, Т-4, Т-2,5. Эти классы желатина используют на предприятиях по производству текстиля, высших сортов бумаги и другой полиграфической продукции.

Главное свойство желатина – его возможность образованию студней в водных растворах. Эта возможность обусловлена асимметрией высокополимерных частиц, которые образует раствор желатина. Чем больше асимметрия, тем более легко получается сетчатый пространственный каркас студня, в каркасной сетке которого содержится вода.

От размеров и асимметрии частиц желатины зависят структурно-механические и физические свойства ее растворов, а именно вязкость, напряжение сдвига, плотность, температура плавления и застывания, а также его способность к набуханию.

Между средней молекулярной массой желатина, которая обусловлена величиной частиц, вязкостью растворов, сопутствующими примесями органического и неорганического происхождения, а также температурой застывания и плавления существует четкая зависимость. Чем меньше молекулярная масса желатина, тем более низкими будут и данные физико-химические характеристики его растворов.

Вязкость стандартного раствора пищевого желатина при 40 °С, должна быть не менее 6 °Э.

Температура плавления 10% студня не ниже 27 °С.

Пищевой желатин не должен содержать: более 0,075 % консервирующих веществ (сернистого газа); тяжелых металлов - свинца 2,0 мг/кг, мышьяка - 1,0 мг/кг, кадмия – 0,1 мг/кг, ртути – 0,05 мг/кг; радионуклидов цезия-137 и стронция-90 соответственно 160 и 80 Бк/к.

Величина рН стандартных растворов желатина должна быть в пределах 5...6,5.

Пищевой желатин выпускается в виде бесцветных или тонких прозрачных светло-желтых пластин или мелких бесформенных частиц.

Влажность сухого стандартизованного продукта не должна быть больше 16%, остаточное содержимое жира к массе сухого остатка до 2%. Средне молекулярная масса желатина лежит в границах 110000-450000.

Микробиологические показатели пищевого желатина для детского и диетического питания регламентируют содержание КМАФАнМ КОЕ/г, не более  $1 \times 10^4$ , отсутствие БГКП (колиформ) и патогенных микроорганизмов (в т.ч. сальмонелл) в 1,0 и 25 г соответственно.

Для пищевого желатина массового потребления эти микробиологические показатели не должны превышать  $1 \times 10^5$  КОЕ/г, 0,01 и 25 г соответственно.

Физико-химические показатели основных марок желатина по ГОСТ приведены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-химические показатели некоторых марок желатина.

Наименование показателя	Характеристика и норма для желатина марок										
	Пищевой						Технический				
	К-13	К-11	К-10	П-11	П-9	П-7	Т-11	Т-9	Т-7	Т-4	Т-2,5
Внешний вид	Гранулы, крупинки, пластинки, порошок						Гранулы, крупинки, пластинки, порошок, хлопья, лузга				
Цвет	От светло-желтого до желтого						От светло-желтого до светло-коричневого				
Запах	Без постороннего						Не нормируется				
Вкус	Пресный						Не нормируется				
Размер частиц, мм, не более											
Массовая доля мелких частиц, %, не более	5			10			10				
Длительность растворения минут, не более				30			48				
Показатели активности ионов водорода 1% водного раствора желатина, рН	25						Не нормируется				
Массовая доля влаги, %, не более	От 5 до 7										
Массовая доля золы, %, не более	2,0						1,5		2,5		3,0
Жесткость геля с массовой долей желатина 10%. Н, не менее	13 (1300)	11 (1100)	10 (1000)	11 (1100)	9 (900)	7 (700)	11 (1100)	9 (900)	7 (700)	4 (400)	2,5 (250)
Динамическая вязкость раствора с массовой долей желатина 10%, мПа·с, не менее	21,5	20,5	18,5	20,0	17,4	14,4	15,4	13,3	12,3	9,2	8,2
Температура плавления студня с массовой долей желатина 10%, °С, не менее	32	32	30	32	30	27	31	30	29	26	23
Прозрачность раствора с массовой долей желатина 5%, не менее	50		45		35	25	40	30	20	Не нормируется	
Посторонние примеси, %, не более	Не допускаются						0,1				

Технический желатин имеет меньшие показатели вязкости. При 40°C вязкость стандартизованных растворов технического желатина должна быть не ниже 3°Э, а температура плавления 10%-ного раствора не ниже 23 °С.

Показатели рН технического желатина должны лежать в пределах 5,0...6,5, а его зольность не выше 3%.



Содержание клеящих веществ в костях зависит от вида, возраста и анатомического происхождения костей. Плотное вещество костей содержат больший процент коллагена, чем губчатая часть (табл. 2). Кость, которая содержит больший процент плотной ткани (паспортная, трубчатый стержень) используют для производства пищевого желатина.

Приблизительный выход желатина в % к массе к обезжиренного сырья составляет:

роговая кость	9...10
трубчатая кость	12...12,5
нижняя челюсть и лопатка КРС	9...10
лобная кость	9...10
тазовая кость	7...7,5
ребра крупного рогатого скота без хрящей и позвонков	8,5...9
опилочные обрезки голяя КРС	7...12
свиней	6...10
оссеин костей КРС	12...13
обрезки свиных шкур после удаления крупона	10...13
суставы КРС	13...15
шкура с лобаша	10...11
шкура с хвоста КРС, обрезки кож КРС	8...10

Выход желатина из дермы КРС и оссеина костей приблизительно одинаковый.

Выход желатина от массы исходного сырья из мягкого коллагенсодержащего сырья на 5...8% больше чем из костей. А с учетом необходимости удаления мягких тканей (прирези мяса на кости, необходимости ее обезжиривания и деминерализации) обезжиренное мягкое сырье экономически более привлекательно в использовании.

Для производства желатины используется кость, которая имеет разрешение ветеринарно-санитарного надзора. Кость не должна иметь признаков гниения, излишков мышечных тканей, остатков крови, костной щепы, мусора, посторонних неорганических примесей. Кость, которая не входит в категорию паспортной, а также паспортная низкого качества перерабатывается на технический желатин и клей.

По технологическому происхождению для производства желатина кость разделяют на следующие категории:

колбасная кость – свежая, не вываренная (содержит большой процент жира, влаги, мягких тканей);

столовая кость – предварительно вываренная во время производства костного жира или кулинарного производства (содержит меньший процент влаги, жира, мягких тканей);

сборная кость – столовая кость с разнообразными посторонними примесями;

полевая кость – длительное время находилось под воздействием внешних условий (осадков, солнечного света, выветривания). Данное сырье имеет небольшое количество клей образующих веществ и влаги, в нем почти отсутствуют жиры.

Согласно санитарным условиям к мягкому сырью для производства пищевого желатина выдвигаются требования отсутствия большого количества прирезей мяса и жировой ткани, остатков крови, случайного загрязнения. Сырье должно не иметь признаков гнилостного разложения (ослизнения, запаха аммиака).

В производство не допускаются шкуры снятые с животных, которые не имеют ветеринарного свидетельства и определенных признаков консервирования.

В случае производства технического желатина для производства допускаются шкуры крупного рогатого скота: телят, коз, овец и свиней от больных животных после проведения определенных санитарной службой требований дезинфекции.

Дезинфекция сырья проводится в специально оснащенной помещении, которое отделено от помещений для хранения сырья.

Перед дезинфекцией, в зависимости от типа болезни, определяется необходимое количество дезинфицирующих веществ и время обеззараживания.

При переработке мягкого сырья полученного от КРС необходимо уделить внимание наличию у животных сибирской язвы, ящура, листериоза, бруцеллеза; а от свиней на наличие чумы, оспы, инфлюэнции, рожи, бруцеллеза; от овец - парши овец, листериоза. Сырье с наличием возбудителей таких болезней подлежит утилизации и в производство не допускается.

### **Технологический процесс.**

Важными факторами, которые берутся во внимание при размещении желатиновых заводов это наличие достаточного количества воды, электроэнергии, сырьевых ресурсов, квалифицированных рабочих, разветвленной транспортной сети.

Технологическая схема производства желатина в общем виде представлена на рисунке 1.

накопление сырья и его технологическую подготовку



## **Рис 1. Принципиальная технологическая схема производства желатина.**

Минимальный объем производства желатина для обеспечения эффективной работы предприятия должен быть не менее 1 тыс. тон готового продукта в год. Для этого предприятию требуется в год: около 2,5 млн. кВт. часов электроэнергии, 1 млн. м<sup>3</sup> воды; 7 тыс. тон сернистой кислоты (36%).

При переработке сырой кости для производства 1 тыс. тон в год потребность в сырьевых ресурсах составляет около 20 тыс. тон свежей кости или 10 тыс. тон очищенной обезжиренной кости. В первом случае предприятие должно находиться вблизи сырьевой базы (мясокомбината, хладобойни, мясо перерабатывающего завода), так как кость должна быть переработана на протяжении 48 часов.

При использовании очищенной кости желатиновый завод может быть расположен на большем расстоянии от сырьевой базы.

Для производства желатина из мягкого сырья прибыльное предприятие должно иметь продуктивность не менее 500 тон желатина в год, что требует около 2 млн. кВт часов электроэнергии; 0,7 млн. м<sup>3</sup> воды и 4 тыс. тон свежих обрезков свиных шкур или 0,8 тыс. тон сухих обрезков свиных кож.

Характер подготовительных операций в производстве желатина высокого качества зависит от вида и состояния сырья, типом обезжиривания сырья (летучими растворителями, вывариванием в воде или с использованием пара), а также направления дальнейших технологических операций.

Технологическая подготовка твердого сырья включает два этапа:

*Первый этап* - сортировка на группы по типу поступления, вида сырья и животных, условий дальнейшей переработки. По окончании сортировки дальнейший процесс подготовительных операций производства желатины предусматривает первичное измельчение, обезжиривание, полирование твердого сырья, калибрование и вторичное измельчение.

*Второй этап* - включает обводнение твердого сырья, мацерацию, золку сырья, промывание, кислотку, конечное промывание перед удалением желатина и доведение фабриката к требуемым техническим характеристикам.

Процесс обезжиривания, мацерации, золки сырья, а также удаление из нее клея и желатины связаны с диффузным обменом между материалом, который обрабатывается и технологическими агентами (горячая вода, пар, химические реагенты).

Диффузный обмен между твердым материалом и внешней средой (жидкостью) состоит из трех фаз: обменной диффузии между поверхностью материала и жидкостью, диффузных процессов и процессов осмоса по объему материала и выравниванием концентрации диффундирующих веществ в внешней среде.

Продолжительность диффузных процессов в середине материала зависит от свойств материала и его толщины. Интенсивность обменной диффузии между внешней средой (жидкостью) и материалом зависит от поверхности раздела фаз и непосредственно от величины частиц материала.

### **Технологическая подготовка мягкого сырья.**

Технологическая подготовка мягкого сырья предусматривает удаление возможных металлических примесей магнитным улавливателем, измельчение сырья до размеров 50...80 мм, размораживание, вымачивание в накопительных резервуарах, промывание

в промывных барабанах при температуре 18...20 °С на протяжении нескольких часов для удаления консервирующих веществ, загрязнений и части растворимых белков.

В процессе обработки сырье набухает (обводняется). Консервированное сырье обрабатывается около 3...6 часов, сухое сырье размачивается на протяжении 12...24 часов.

После тщательного промывания обрезки свиных шкур (кож) частично обезжиривают при температуре 40...41°С на протяжении 5...6 часов и разрыхляют (кислуют) на протяжении 10 часов при  $t = 18...20^{\circ}\text{C}$  0,5%-ным раствором соляной кислоты или серной и ортофосфорной кислоты с рН в границах 1,5...2,5 с дальнейшим промыванием водой до получения рН фабриката в границах 4,0...5,0.

Для получения желатина высших сортов на стадии разрыхления свиную шкуру обрабатывают более тщательно: При этом ее 2 часа промывают 10% соевым раствором сернокислого натрия, при температуре 18...20°С с жидкостным коэффициентом 2, и обезвоживают в щелочном растворе NaOH и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (в 20%-ном растворе щелочи содержится 100г/л сернокислого натрия) на протяжении 2 часов с жидкостным коэффициентом 3 при  $t=18...20^{\circ}\text{C}$ , нейтрализуют на протяжении 5 часов 15%-ным раствором ортофосфорной кислоты, которая содержит 100г/л сернокислого натрия с жидкостным коэффициентом 3, обрабатывают 8...10 при  $t=18...20^{\circ}\text{C}$ , 1,5%-ным раствором ортофосфорной кислоты с жидкостным коэффициентом 3 и промывают 5...6 часов проточной водой до рН 5,0...5,5.

Отходы шкур и спилки телят и КРС после тщательного промывания разрыхляют (солят) 6%-ною суспензией извести на протяжении 6...10 недель при жидкостном коэффициенте 2,0 и температуре 15...18°С. При этом известковое молоко возобновляют через 1...6 суток.

По окончании золки фабрикат промывают 22...24 часа водой с температурой 18...20°С и нейтрализуют остаток щелочи 5...7%-ным раствором соляной кислоты на протяжении 4...6 суток при жидкостном коэффициенте 5, после чего промывают холодной водой до рН 5,5...5,7. Содержимое хлоридов в отжимной жидкости не должен превышать 104...107 мг/л (в перерасчета на хлор).

Предварительная кислотная обработка мягкого сырья позволяет сократить весь процесс обработки, сократив промежуточные операции связанные с золкой и уменьшить степень химических изменений коллагена в ходе обработки. Кислотный способ используется для обработки жилки, лобашей, репицы и передних участков свиной кожи и позволяет получить лучшие показатели пищевого желатина, чем при щелочной обработке.

Общая продолжительность цикла производства желатина за этим способом не превышает 30...35 часов и позволяет получить желатин высокого качества (вязкость стандартного раствора до 1,2-1,6 Па·с, температура плавления студня при 10%-ной концентрации 32...35 °С, зольность (0,4...0,5 %). Выход товарного желатина по этому способу составляет 18...22 %, а для желатина из свиной шкуры 14...17%..

Качество желатина зависит от способа консервирования сырья. Средняя вязкость двух первых бульонов в сравнительных опытах составляла в бульонах из свежего сырья 19,3 Па·с; мороженого – 1,7; соленого – 1,19.

В ходе обработки большая часть кислоты связывается с коллагеном, который приводит к десятикратному уменьшению ее концентрации и увеличению рН до 2,5. Что

является оптимальной величиной рН для обводнения коллагена и позволяет удерживать до 400 % влаги по сухом коллагену.

В случае консервирования кухонной солью обводнение составляет лишь 65 % от максимального. Необходимо отметить, что значение рН < 2,5 позитивно сказывается на микробиологической стабильности сырья, так как развитие микроорганизмов при рН ниже 2,5 прекращается.

Сопоставление потерь азотистых веществ кислотного и щелочного способов показали преимущество первого. Так потери азота в % к общему азоту при щелочном способе составляет 8,1%, по кислотному - 3,0%.

Изоэлектрическая точка желатина полученного кислотным способом имеет величину рН близкую до 8,0, что указывает на его высокую растворимость.

### **Технологическая подготовка твердого сырья**

**Первичное измельчение.** В технологической практике для предотвращения потерь вызванных сильным диспергированием частиц материала, являющихся причиной сложности отделения твердой фазы от жидкой, а также для предотвращения слеживания (уплотнение) диспергированной массы кости измельчают на дробильных машинах до размеров частиц 25...50 мм, а роговой стержень распиливают на куски до 100 мм.

**Обезжиривание костей.** Наличие жира в сырье, как гидрофобного сырья, мешает проведению диффузионных процессов в водной среде. Присутствие жира уменьшает способность желатины к гелеобразованию. Поэтому чем меньший процент жира остается в сырье, тем лучше.

Особенностью первого этапа подготовки костного сырья определяется методами обезжиривания костей. В большинстве случаев обезжиривание костей проводят путем экстрагирования жира летучими органическими растворителями или путем обезжиривания в воде.

Обезжиривание костей в воде проводят тремя способами: в кипящей воде, импульсным и напорным способом.

Кость паренка от производства пищевого жира непосредственно поступает на полирование и вторичное измельчение и дальнейшую технологическую обработку.

Экстрагирование жира из костного шрота происходит по принципу против хода с применением бензина.

Обезжиривание в кипящей воде проводят в открытых или закрытых котлах на протяжении 5...6 часов. Вода должна на 10 см покрывать кости. Температура проведения процесса лежит в границах 95...100 °С.

Импульсный способ обезжиривания предусматривает использование гидромеханических импульсов, которые получают при быстром вращении стальных бил, закрепленных на роторе аппарата.

**Полирование костей** предполагает удаление остатков мягких тканей с поверхности обезжиренного костного шрота в процессе трения о стенки полировочного барабана и перемешивания самого шрота.

Полирование костей ведут в центробежных барабанах непрерывного и периодического действия. Продолжительность полирования в барабанах непрерывного и периодического действия составляет 2...3 часа. Коэффициент загрузки объема барабана непрерывного действия - 0,6...0,7, а периодического действия 0,8...0,9.

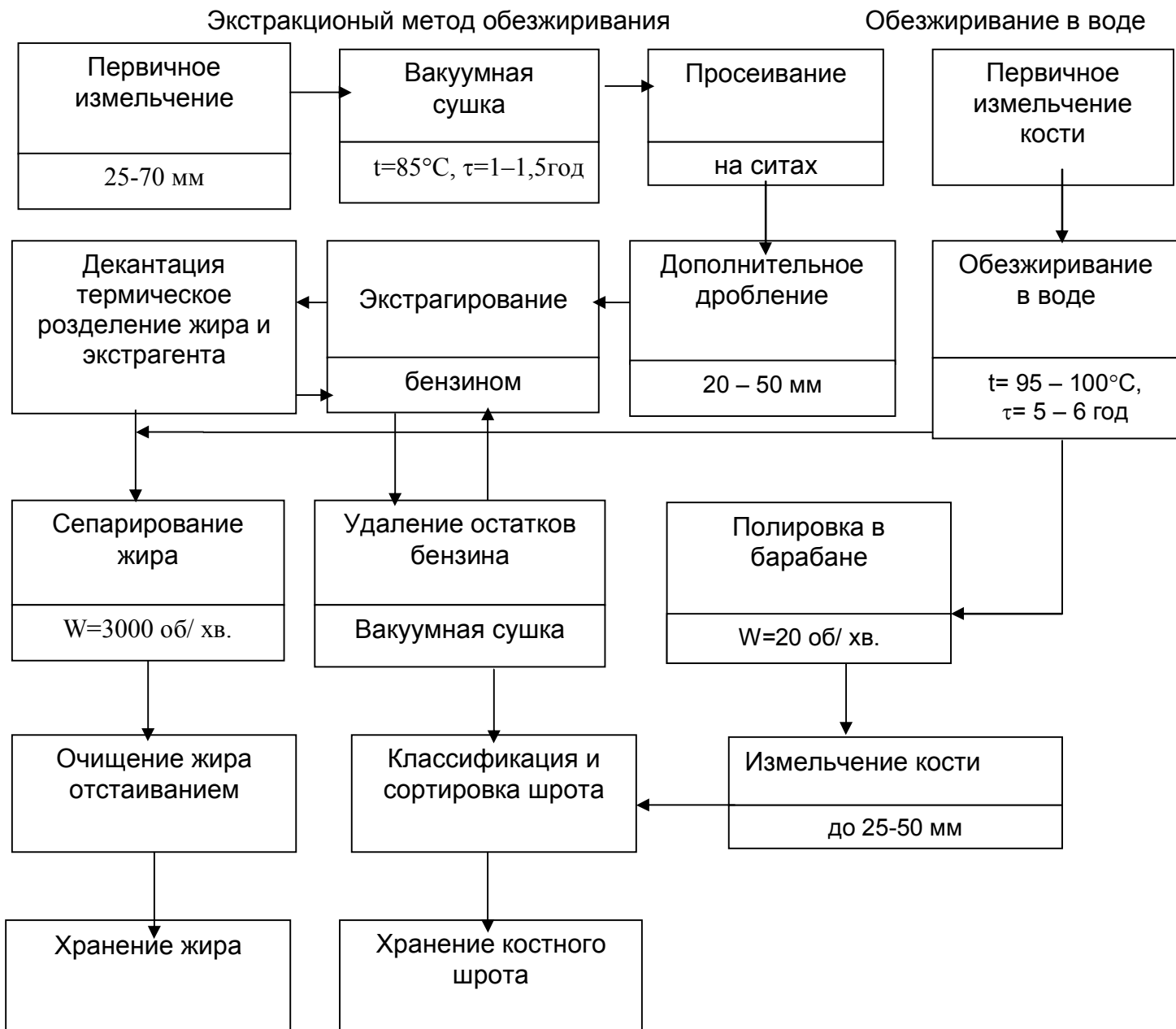


Рис 1. Технологическая схема первого этапа подготовки твердого сырья.

**Калибрование и повторное измельчение костей.** Для обеспечения однородности сырья при вываривании клея и желатины, которое обеспечивает однородные параметры выхода концентрированного бульона и регламентирует время дальнейшего выпаривания, в конце первого этапа проводят калибрование и повторное измельчение костей.

На втором этапе подготовки твердого сырья используют обводнение.

(продолжение следует) ?

**Обводнение костей.** В процессе вываривания желатина происходит гидротермический распад коллагена и выход продуктов распада в бульон. Скорость распада коллагена зависит от прочности связей, которые удерживают полипептидные цепи в структуре коллагена, прочность связей наибольшая в обезвоженном коллагене, а в полностью обводненном эти связи наименее крепкие. Поэтому в некоторых случаях проводят обводнение сырья, которое обеспечивает увеличение выхода и качества желатина.

При увлажнении обезвоженного коллагена до 15-20 % происходит гидратация полярных групп и при смещенные рН от изоэлектрической точки – ионизация и дальнейшая гидратация структуры коллагена.

Дальнейшее увлажнение до 65-75 % приводит к насыщению материала адсорбированной влагой.

Коллаген может в зависимости от рН среды поглощать 200...250 % влаги от своей массы. В этих условиях происходит ослабление пептидных связей и увеличения возможности гидролиза коллагена.

Сдвиг рН среды в кислую или щелочную сторону от изоэлектрической точки усиливает эффект ионизации боковых цепей и соответственно повышает способность коллагена к гидратации. Поэтому обводнение твердого сырья проводят в слабокислой или щелочной среде.

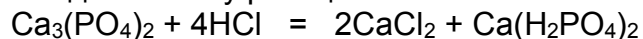
**Мацерация костей.** Мацерацией называется обработка костей сильными кислотами с целью их деминерализации.

Кость для производства желатина мацеруют слабым (5%-ным) раствором соляной кислоты с температурой 15...25 °С.

Под влиянием соляной кислоты происходит полная деминерализация костей в следствие растворения фосфорнокислых и углекислых солей кальция, которые составляют минеральную основу костей.

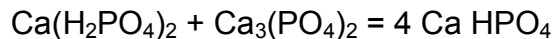
В процессе мацерации происходит дополнительное кислотное набухание коллаген без нарушения его структуры.

Процесс направленно идет по типу реакции:



с образованием растворимых солей, которые выводятся с раствором.

В случае недостаточной или неравномерной подачи кислоты может происходить и побочная реакция:



Дикальцияфосфат плохо растворяется в воде и остается в костях, поэтому при мацерации необходимо постоянно отводить мацерационную жидкость (мацерационный щелок), которая содержит монокальцияфосфат.

Увеличение или уменьшение концентрации соляной кислоты приводит к увеличению потерь желатина. При большей концентрации на стадии золки, при меньшей концентрации благодаря удлинению процесса мацерации и вымыванию коллагена. Продолжительность процесса мацерации зависит от сортности и калибра костей, температуры и методов интенсификации диффузионных процессов.

Мацерация костей молодых животных, а также губчатой части костей происходит быстрее. Процесс мацерации кости размером 1 мм происходит в 5 раз быстрее чем костей размером 8 мм.

Мацерация считается законченной, если кости просвечиваются, легко режутся ножом и упруги при изгибании. Выход мацерационной кости (оссеина) в среднем

составляет 50...70 % к массе костей. Оссеин содержит в (%): влаги 70...75; коллагена 20...26,5; минеральных веществ 1...2,0; жира 1,0...4,0; примесей постороннего происхождения 2...3.

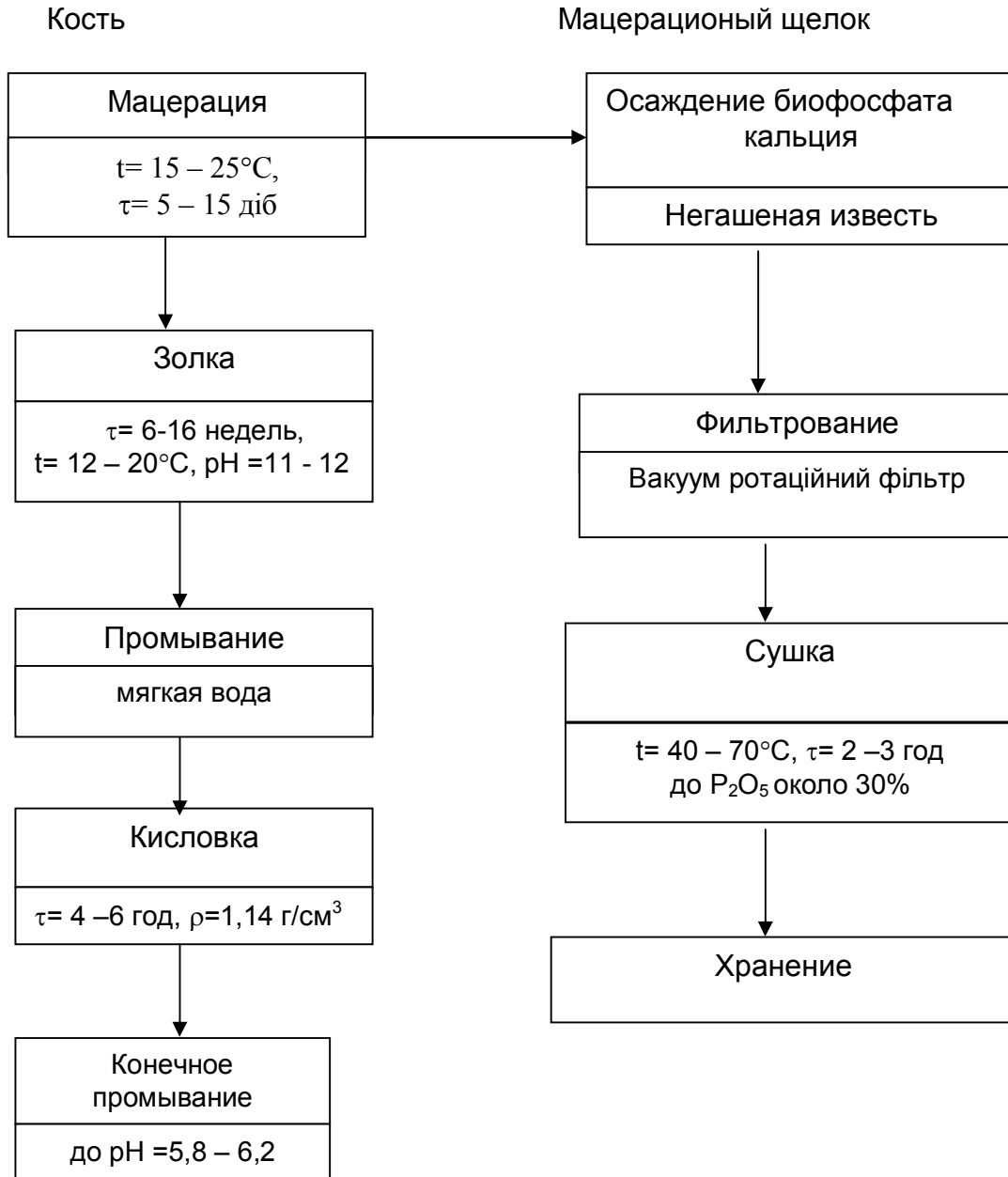


Рис 2. Технологическая схема второго этапа подготовки твердого сырья.