



sushilka22.ru

ИП Хананов Николай Владимирович

ИНН 226500871573, ОГРНИП 324220200035542,
р/с 40802810612960002047 в филиале "Центральный" банка ВТБ (ПАО)
тел: +7-906-968-1922
e-mail: sales@sushilka22.ru

ТИПОВОЕ РУКОВОДСТВО ПО ПРОЦЕССАМ ВАКУУМНОГО ВЫПАРИВАНИЯ ВЛАГИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение и определение понятий
2. Теоретические основы вакуумного выпаривания
3. Современные системы и конструкции ВВУ
4. Молочные концентраты и производные продукты
5. Фруктовые, ягодные и соковые концентраты
6. Тропические и экзотические фруктовые продукты
7. Овощные концентраты и растительные продукты
8. Напиточные, чайные и кофейные концентраты
9. Фармацевтические и травяные экстракты
10. Мясо-рыбные и белковые концентраты
11. Функциональные и инновационные продукты
12. Производство порошков и сушеных форм
13. Двухэтапные технологии производства
14. Энергетические параметры и типы установок
15. Экономические модели
16. Требования к качеству и микробиология
17. Регуляторная база и сертификация
18. Экологические аспекты технологии
19. Практические примеры успешных проектов
20. Рекомендации для МСП и стартапов

1. ВВЕДЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ

1.1 Вакуумное выпаривание как технология концентрирования

Вакуумное выпаривание, или ВВУ, представляет собой специализированный процесс удаления воды из жидких продуктов при условиях пониженного давления и низких температур. Эта технология находит широкое применение в пищевой промышленности, фармацевтике и химической промышленности для производства концентрированных и сушеных продуктов высокого качества.

Основной физической принцип, лежащий в основе вакуумного выпаривания, заключается в том, что при снижении давления над жидкостью значительно понижается её температура кипения. Например, обычная вода, которая кипит при сто градусах Цельсия при нормальном атмосферном давлении, начинает интенсивно испаряться уже при сорока шести градусах при давлении в одну десятую атмосферы. При ещё более низком давлении - всего одна сотая атмосферы - вода испаряется даже при семи градусах выше нуля.

Практическое применение этого эффекта чрезвычайно важно для пищевой промышленности, так как большинство продуктов может быть выпарено при температурах от тридцати пяти до шестидесяти градусов Цельсия. Такие щадящие условия позволяют сохранить те компоненты продукта, которые легко разрушаются при нагревании. Речь идёт о витаминах, ароматических веществах, натуральных красителях и других биологически активных соединениях, которые были бы потеряны при традиционном выпаривании при температуре 100°C.

1.2 История развития технологии вакуумного выпаривания

Первые промышленные вакуумно-выпарные аппараты появились в Европе в конце девятнадцатого века, и изначально они применялись исключительно в сахарной промышленности для концентрирования сахарного сиропа. С развитием промышленного производства начали появляться более сложные установки, которые использовали инновационный подход - они применяли тепло испаренного пара из одного этапа процесса для нагрева материала на следующем этапе. Такая система, названная многокорпусной, позволила снизить энергопотребление на шестьдесят-семьдесят процентов по сравнению с простыми установками первого поколения.

В течение второй половины двадцатого века вакуумное выпаривание стало стандартной технологией в молочной промышленности, особенно для производства сгущённого молока, которое заняло важное место в мировом пищевом рынке. Это привело к массовому распространению технологии и совершенствованию конструкций промышленных установок.

Настоящий прорыв в развитии вакуумного выпаривания произошёл в начале двадцать первого века с появлением систем механической и тепловой рекомпрессии паров. Эти инновационные системы позволили достичь энергоэффективности, которая казалась недостижимой при использовании только многоэффектных конструкций. В частности, системы механической рекомпрессии, в которых применяется электрический компрессор для сжатия испаренного пара, способны уменьшить энергопотребление на восемьдесят-девяносто пять процентов по сравнению с простыми однокорпусными установками.

В начале двухтысячных годов китайские производители начали осваивать массовое производство относительно недорогих, но качественных вакуумно-выпарных установок, часто используя при этом конструкции европейских производителей, но добиваясь экономии за счёт оптимизации производственных процессов. Это решение сделало передовую технологию вакуумного выпаривания доступной и экономически оправданной для малых и средних предприятий во всём мире, включая развивающиеся страны и страны СНГ.

1.3 Преимущества вакуумного выпаривания и область применения

Вакуумное выпаривание обладает целым рядом преимуществ, которые делают его предпочтительной технологией для многих производителей. Прежде всего, это сохранение качества продукции - благодаря низким температурам обработки в диапазоне тридцать пять-шестьдесят градусов Цельсия вместо привычных сто двадцать градусов при традиционных методах, удаётся сохранить витамины, натуральные красители, ферменты и другие полезные компоненты. Нередко потери полезных веществ при вакуумном выпаривании составляют десять-пятнадцать процентов, тогда как при открытом кипячении потери достигают пятидесяти-семидесяти процентов.

Вторым значительным преимуществом является экономия и концентрирование продукта. Вакуумное выпаривание позволяет сократить объём жидкого материала в два-десять раз в зависимости от начального состава продукта. Это означает, что при концентрировании молока в два с половиной раза тысяча литров молока превращается всего в четыреста литров концентрата, что существенно снижает затраты на последующее хранение и транспортировку.

Универсальность технологии - ещё одно неоспоримое достоинство. Вакуумное выпаривание успешно применяется для широчайшего спектра пищевых и промышленных продуктов, начиная от молока и заканчивая растительными экстрактами, мясными бульонами и фармацевтическими препаратами. Одна и та же установка может быть адаптирована для производства совершенно разных концентратов путём изменения температуры, давления и других параметров процесса.

Экологичность вакуумного выпаривания проявляется в минимизации отходов и возможности повторного использования конденсата. Вода, которая испаряется из продукта, конденсируется и может быть использована повторно для промывки оборудования или производства пара, что позволяет сэкономить драгоценные водные ресурсы.

Текущее применение вакуумного выпаривания распределено между различными отраслями пищевой промышленности. Молочная промышленность остаётся самым крупным потребителем этой технологии, занимая примерно пятидесят-шестьдесят процентов от всех мировых применений. Плодово-ягодная и соковая промышленность занимает второе место с долей двадцать-двадцать пять процентов. Остальные применения распределяются между общей пищевой промышленностью (десять-пятнадцать процентов), фармацевтикой и косметикой (три-пять процентов) и химической промышленностью (один-два процента).

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВАКУУМНОГО ВЫПАРИВАНИЯ

2.1 Как давление влияет на температуру кипения жидкости

Взаимосвязь между давлением и температурой кипения жидкости является одной из фундаментальных закономерностей, изучаемых в термодинамике. Эта взаимосвязь описывает то, как температура, при которой жидкость начинает переходить в газообразное состояние, зависит от величины давления, действующего на её поверхность.

Когда давление над жидкостью снижается, молекулы, имеющие достаточную энергию для преодоления сил поверхностного натяжения, могут уходить в паровую фазу при гораздо более низкой температуре. Это означает, что процесс испарения требует меньше энергии в виде тепла. Если при нормальном атмосферном давлении вода требует температуру сто градусов для кипения, то при половинном давлении она закипает уже при восьмидесяти одном градусе, при четверти атмосферного давления - при шестидесяти четырёх градусах, а при давлении в одну десятую атмосферы - всего при сорока шести градусах.

На практике в пищевой промышленности обычно используются давления в диапазоне от пятидесяти до ста миллибар, что соответствует примерно одной десятой-одной двадцатой от атмосферного давления. При таких давлениях большинство продуктов может быть выпарено при температурах от сорока до шестидесяти градусов в зависимости от конкретной природы жидкости и требуемой степени концентрирования.

Эта температурная шкала имеет критическое значение для сохранения качества пищевых продуктов. Витамины начинают разрушаться при температурах выше пятидесяти-шестидесяти градусов, а ароматические вещества улетучиваются уже при сорока-пятидесяти градусах, а натуральные красители могут подвергаться окислению при ещё более низких температурах. Именно поэтому вакуумное выпаривание, позволяющее работать в столь щадящих температурных условиях, представляет собой идеальное решение для обработки чувствительных пищевых продуктов.

2.2 Теплопередача в системе вакуумного выпаривания

Эффективность работы вакуумно-выпарной установки зависит от нескольких ключевых физических процессов, которые происходят внутри аппарата. Первый из них - это теплопередача через стенку, разделяющую горячую среду (обычно нагревающий пар или горячую воду) и продукт, подлежащий концентрированию.

Представьте себе трубку из нержавеющей стали, внутри которой течёт молоко, которое нужно сгустить, а вокруг этой трубки циркулирует горячий пар под давлением. Тепло проходит через стенку трубки и передаётся молоку. Эффективность этой передачи зависит от множества факторов. Во-первых, это толщина и материал трубки - чем тоньше и теплопроводнее стенка, тем лучше проходит тепло. Во-вторых, это вязкость продукта - чем более вязкий продукт (чем он гуще), тем медленнее циркулирует внутри трубки и тем хуже осуществляется теплопередача.

По мере того как продукт концентрируется в ходе выпаривания, его вязкость возрастает экспоненциально. Молоко в начале процесса имеет вязкость примерно как вода - одну-две миллипаскаль-секунды. По мере испарения воды и повышения содержания сухих веществ с двенадцати-тринадцати процентов до сорока процентов вязкость может возрасти в сто-двести раз, достигая ста-пятисот миллипаскаль-секунд. Эта растущая вязкость означает, что в конце процесса выпаривания производительность установки значительно снижается - если в начале установка может обрабатывать четыреста литров в час, то в конце производительность может упасть до пятидесяти-сто литров в час.

Второй физический процесс, оказывающий влияние на эффективность вакуумного выпаривания, это массопередача - то есть переход молекул воды из жидкого состояния в газообразное. При пониженном давлении молекулы воды, которые находятся на поверхности жидкости, обладают повышенной вероятностью перейти в паровую фазу. Скорость этого перехода зависит от температуры, давления пара над поверхностью жидкости и интенсивности перемешивания. Хорошее перемешивание приносит свежие слои жидкости к поверхности испарения, что увеличивает скорость выпаривания.

2.3 Проблема повышения вязкости при концентрировании

По мере концентрирования продукта возникает одна из главных технологических сложностей - неуклонный рост вязкости материала. Это явление требует особого внимания и влияет на весь процесс выпаривания. Когда молоко концентрируется с двенадцати процентов сухих веществ до сорока процентов, его вязкость растёт не линейно, а ускоренно, что обусловлено свойствами молочных белков и жиров, которые образуют всё более сложные структуры.

Из-за этой растущей вязкости поток жидкости через теплообменник замедляется, теплопередача ухудшается, и требуется увеличивать температурный напор между нагревателем и продуктом. Это создаёт противоречие - нужно увеличить температуру,

чтобы ускорить процесс, но мы не можем значительно повысить температуру, потому что это разрушит витамины и ароматические вещества. Для решения этой проблемы применяют циркуляционные системы - насосы, которые принудительно циркулируют жидкость через теплообменник много раз за цикл процесса, компенсируя потерю теплопередачи из-за растущей вязкости.

Эта сложность объясняет, почему производительность вакуумно-выпарной установки обычно измеряется в начале процесса - четыреста литров в час - но реальная производительность при полном концентрировании продукта может быть в три-четыре раза ниже. Опытные производители это учитывают при планировании производственных циклов.

3. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ И КОНСТРУКЦИИ ВАКУУМНО-ВЫПАРНЫХ УСТАНОВОК ВВУ

3.1 Классификация вакуумно-выпарных установок ВВУ по эффективности

Существует несколько основных типов вакуумно-выпарных установок, которые различаются по своей конструкции и энергоэффективности. Понимание этих различий критически важно для выбора подходящего типа или размера выпарного оборудования для конкретного применения.

Однокорпусные установки представляют собой самые простые системы, в которых продукт один раз проходит через теплообменник, где вода испаряется под действием тепла и пониженного давления. Пар, образующийся в результате испарения воды, удаляется вакуумным насосом. Эти установки просты в конструкции и относительно недороги, но они очень неэффективны в использовании энергии. Для испарения каждого килограмма воды требуется примерно от шести до семи килограмм-кило калорий тепловой энергии, что почти соответствует теоретическому минимуму, но вся эта энергия уходит впустую, потому что испаренный пар просто выводится из системы.

Многокорпусные установки используют инновационный подход рекуперации энергии. Они состоят из трёх, четырёх или пяти последовательных испарителей-корпусов. Пар, образующийся в первом корпусе, используется как источник тепла для второго корпуса, пар из второго корпуса - для третьего, и так далее. Это позволяет значительно снизить энергопотребление, хотя эта система требует более сложного управления и балансировки давлений между корпусами. Такие системы обычно снижают энергопотребление на семьдесят-восемидесят процентов по сравнению с однокорпусными установками.

Системы с механической рекомпрессией паров (МВР/МРП) используют совершенно другой принцип. Вместо того чтобы просто удалять испаренный пар, они используют компрессор - обычно электрический центробежный компрессор - для сжатия этого пара, повышая его давление и температуру. Сжатый пар затем повторно используется в качестве источника тепла для того же испарителя, в котором он образовался. Это означает, что один и тот же килограмм пара может циркулировать через систему много раз, прежде чем быть окончательно удалённым. Энергопотребление таких систем снижается на семьдесят-восемидесят процентов по сравнению с простыми однокорпусными установками.

Системы с тепловой рекомпрессией паров (ТВР) используют пар высокого давления (обычно от трёх до десяти атмосфер), поступающий извне, для сжатия испаренного пара из испарителя. Это позволяет достичь наиболее высокой энергоэффективности, но требует

наличия источника пара высокого давления, что может быть доступно только в крупных производственных комплексах с собственными котельными.

3.2 Выбор типа установки в зависимости от масштаба производства

Выбор конкретного типа вакуумно-выпарной установки зависит от нескольких факторов, главными из которых являются планируемые объёмы производства, доступный бюджет на инвестиции и планируемое время работы оборудования.

Для малых производств, обрабатывающих от 100 до 6000 тысяч литров исходного материала в день, наиболее экономичным решением часто является простая однокорпусная установка объёмом в пятьсот-тысячу литров. Несмотря на её меньшую энергоэффективность установка может окупиться за счёт производства высокомаржинальных продуктов за четыре-шесть месяцев при достаточно высокой цене на готовый концентрат. Также рекомендуется установка с механической рекомпрессией паров объёмом одна-две тысячи литров. В течение года существенная экономия на электроэнергии начинает окупать дополнительные затраты, и установка оказывается рентабельней в долгосрочной перспективе.

Для средних и крупных производств, обрабатывающих более 6000 л в день и работающих двадцать четыре часа в сутки, имеет смысл инвестировать в многокорпусные системы или системы с тепловой рекомпрессией. Эти установки намного дороже (от трёхсот тысяч до миллиона евро), но обеспечивают наивысшую энергоэффективность и способны амортизировать свою стоимость за счёт непрерывной работы.

4. МОЛОЧНЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ И ПРОИЗВОДНЫЕ ПРОДУКТЫ

4.1 Стущённое молоко - основной молочный продукт

Стущённое молоко, известное также как стущённое молоко без сахара, является одним из самых распространённых и экономически значимых продуктов, производимых с помощью вакуумного выпаривания. Это продукт, полученный путём удаления примерно половины воды из молока при пониженном давлении и щадящей температуре.

Процесс производства стущённого молока начинается с приёма свежего молока и его охлаждения до четырёх градусов Цельсия для сохранения качества. Молоко предварительно нагревается до сорока-пятидесяти градусов, после чего подвергается гомогенизации - процессу, при котором жировые шарики молока дробятся на несколько порядков меньшие по размеру частицы, обычно от половины до двух микрометров. Это создаёт стабильную эмульсию и предотвращает отделение жира от молока впоследствии.

Затем молоко поступает в вакуумно-выпарную установку, где под вакуумом от пятидесяти до ста миллибар и при температуре пятидесяти-шестидесяти градусов происходит испарение воды. Содержание сухих веществ повышается с исходных двенадцати-тринадцати процентов до тридцати-тридцати пяти процентов. Весь этот процесс происходит при условиях, при которых витамины сохраняются на девяносто-девяносто пять процентов, аромат молока не теряется, и структура молочных белков остаётся неповреждённой.

После выпаривания концентрированное молоко охлаждается в теплообменнике до 4-8 °С и выдерживается в прохладном месте в течение 12-24 часов для кристаллизации. При этой низкой температуре молочный сахар (лактоза) медленно кристаллизуется, образуя

микроскопические кристаллы, которые придают концентрированному молоку гладкую и кремовую консистенцию. Если пропустить этот этап кристаллизации, то при хранении в молоке могут образоваться крупные кристаллы лактозы, которые создадут песчистую текстуру, что отрицательно скажется на качестве готового продукта.

Готовое сгущённое молоко содержит примерно 8-9% жира, 7-8% молочного белка, 11-13% лактозы (молочного сахара) и другие полезные компоненты молока, включая минеральные вещества и витамины. Такой состав делает сгущённое молоко идеальным ингредиентом для производства йогуртов, творога, кефира, кисломолочных напитков и других молочных продуктов. Сгущённое молоко также широко используется в кондитерском производстве в качестве ингредиента конфет, печенья и тортов, в производстве кофейных напитков типа капучино и латте, а также в детском питании, где оно обеспечивает сбалансированный состав белков, жиров и углеводов.

4.2 Сгущённое молоко с сахаром - исторически значимый продукт

Сгущённое молоко с сахаром представляет собой совершенно иной продукт, хотя и производится из того же исходного материала - молока. Основное отличие в том, что в процессе после вакуумного выпаривания в концентрированное молоко добавляется значительное количество сахара.

Технология производства этого продукта имеет свои особенности. После получения концентрированного молока с содержанием сухих веществ примерно 35-40% его охлаждают до температуры 60-65°C. При этой температуре сахар относительно легко растворяется в молоке. Сахара добавляют в количестве, которое обеспечивает получение финального продукта с содержанием сухих веществ 70-75%. Смесь тщательно перемешивают в течение пятнадцати-тридцати минут, обеспечивая полное растворение всех кристаллов сахара.

Сахар выполняет в этом продукте несколько важных функций. Прежде всего, он является консервантом - высокое содержание сахара значительно снижает активность воды в продукте, что предотвращает развитие микроорганизмов и плесени. Во-вторых, сахар улучшает органолептические свойства - вкус становится более сладким и приятным. В-третьих, сахар влияет на текстуру и консистенцию готового продукта, делая его более пластичным и удобным для использования в кондитерском производстве. В-четвёртых, высокое содержание сахара увеличивает энергетическую ценность продукта, что делает его особенно ценным.

После добавления сахара молоко охлаждают до комнатной температуры, но не быстро, а постепенно, в течение суток или двух суток, позволяя сахару кристаллизоваться. Управление этим процессом кристаллизации критически важно - слишком быстрое охлаждение приводит к образованию крупных кристаллов, которые придают продукту песчистую текстуру, а медленное охлаждение способствует образованию мелких кристаллов и гладкой консистенции.

Готовый продукт сгущённое молоко с сахаром имеет длительный срок хранения при комнатной температуре - от двенадцати до восемнадцати месяцев в герметично упакованном виде. Это обусловлено высоким содержанием сахара, которое создаёт осмотическое давление, препятствующее развитию микроорганизмов. Такая стабильность при комнатной температуре сделала этот продукт исторически значимым в регионах с неразвитой холодильной сетью.

4.3 Молочный порошок и сухое молоко - полная дегидратация

Молочный порошок, также известный как сухое молоко, получается путём дополнительной переработки молочного концентрата, полученного вакуумным выпариванием. После получения концентрированного молока с содержанием сухих веществ 40-50%, концентрат охлаждают до 4-8 градусов Цельсия для облегчения следующей операции.

Охлаждённый концентрат затем пропускают через гомогенизатор под высоким давлением, обычно 200-300 атм., что создаёт микроскопические капли жира размером менее одного микрометра и обеспечивает однородность структуры.

После этого концентрат поступает в распылительную сушилку - большую камеру высотой несколько метров, куда горячий воздух температурой 160-180 градусов Цельсия подаётся в виде тонкой струи. Концентрат распыляется через специальную форсунку в этот горячий воздух мельчайшими капельками, которые теряют влагу почти мгновенно и падают вниз сухим порошком. Температура выхода воздуха из сушилки составляет 60-80 градусов - достаточно низкая для того, чтобы сохранить питательные вещества.

Готовый молочный порошок имеет влажность менее 5%, обычно 3-4%, и содержание растворимости более 95% - это означает, что при разведении водой комнатной температуры молочный порошок полностью растворяется в течение 1-2 минут, восстанавливая первоначальное молоко или что-то очень близкое к нему по органолептическим свойствам.

Главное преимущество использования вакуумного выпаривания в качестве предварительного этапа перед распылительной сушкой заключается в существенной экономии энергии. Когда распыляются уже концентрированные молоко (40-50 процентов влаги) вместо свежего молока (87% влаги), объём обрабатываемой жидкости сокращается наполовину, что пропорционально снижает расходы на сушку. Кроме того, благодаря щадящей обработке на этапе вакуумного выпаривания готовый молочный порошок имеет лучшие органолептические свойства - более приятный запах, вкус и цвет.

5. ФРУКТОВЫЕ, ЯГОДНЫЕ И СОКОВЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ

5.1 Яблочный концентрат - наиболее распространённый продукт

Яблочный концентрат является наиболее массовым фруктовым концентратом в мире, производство которого исчисляется сотнями тысяч тонн ежегодно. Спрос на яблочный концентрат остаётся постоянно высоким, так как этот продукт служит основным ингредиентом для производства яблочных соков, детского питания, кондитерских изделий и многих других продуктов.

Производство яблочного концентрата начинается с отбора и промывки зрелых яблок. Спелость фрукта критически влияет на содержание растворимых сухих веществ в готовом концентрате - незрелые яблоки содержат одиннадцать-двенадцать процентов сахаров, спелые яблоки содержат тринадцать-пятнадцать процентов, а перезрелые яблоки могут содержать семнадцать-восемнадцать процентов, но их кислотность снижается, что придаёт соку более пресный вкус. Опытные производители обычно используют смесь яблок различной спелости для получения оптимального баланса сахара и кислоты.

Яблоки прессуют или пропускают через шнековую соковыжималку для получения яблочного сока. На этом этапе содержание сухих веществ обычно составляет одиннадцать-пятнадцать процентов в зависимости от сорта яблок. Полученный сок фильтруют через систему фильтров и центрифуг для удаления твёрдых частиц, которые могут забить оборудование вакуумно-выпарной установки.

Чистый яблочный сок затем поступает в вакуумно-выпарную установку, где под вакуумом 50-80 мбар и при температуре 40-50°C происходит испарение воды. Содержание сухих веществ повышается с исходных одиннадцати-пятнадцати процентов до шестидесяти четырёх-семидесяти процентов. Этот процесс занимает от двух до четырёх часов в зависимости от размера установки и требуемой степени концентрирования.

Огромным преимуществом вакуумного выпаривания при производстве яблочного концентрата является сохранение летучих ароматических компонентов. Яблоко содержит сотни различных летучих органических соединений, которые вместе создают его характерный запах. При традиционном открытом выпаривании при 100 градусах Цельсия эти летучие вещества теряются на 80-90%, и продукт приобретает прожаренный, сухофруктовый запах. При вакуумном выпаривании при 40-50 градусах сохраняется 80-95 процентов исходного аромата, и готовый концентрат пахнет свежим яблоком.

Готовый яблочный концентрат используется в огромном количестве применений. Главное применение - это производство яблочных соков путём разведения концентрата водой и добавления сахара и лимонной кислоты для регулирования вкуса. Яблочный концентрат также используется в производстве детского питания, где его мягкий вкус и хорошая усвояемость делают его идеальным ингредиентом. Кондитерское производство использует яблочный концентрат в качестве влажного ингредиента в начинках для печенья и конфет, в производстве варенья и джема, а также в качестве ингредиента в йогуртах и кисломолочных напитках.

5.2 Ягодные концентраты - высокая стоимость и функциональность

Ягодные концентраты, такие как концентраты чёрной смородины, черники, малины и клубники, занимают совершенно другой сегмент рынка по сравнению с фруктовыми концентратами. В то время как яблочный концентрат выступает скорее в роли универсального ингредиента и консерванта, ягодные концентраты ценятся прежде всего за их богатое содержание антиоксидантов, полифенолов и других полезных веществ.

Чёрная смородина содержит один из самых высоких уровней витамина С среди всех ягод - примерно в три раза больше, чем апельсин. Черника содержит большое количество антоцианов - мощных антиоксидантов, которые дают ягоде её тёмно-фиолетовый цвет и обеспечивают защиту клеток от окислительного стресса. Красная смородина содержит высокий уровень антиоксидантов и, кроме того, обладает мочегонными и противовоспалительными свойствами.

Производство ягодных концентратов требует особо щадящих условий по сравнению с производством фруктовых концентратов. Если температуру выпаривания фруктовых соков можно поднять до 45-50 градусов, то для ягодных концентратов часто используют температуры 30-45 градусов Цельсия, чтобы минимизировать повреждение деликатных антоцианов и других полифенолов. Содержание растворимых сухих веществ в исходном ягодном соке часто ниже, чем у фруктовых соков - обычно 8-12 процентов, что требует более продолжительного выпаривания для достижения целевого содержания 60-65 %.

Главное применение ягодных концентратов - это производство функциональных напитков и биологически активных добавок, которые позиционируются на рынке именно благодаря высокому содержанию антиоксидантов и полезных веществ. Такие напитки обычно имеют цену в два-четыре раза выше, чем традиционные фруктовые соки, что делает производство ягодных концентратов существенно более прибыльным. Производители йогуртов также используют ягодные концентраты для создания премиум-продуктов с высокой маржинальностью. Косметическая промышленность использует экстракты черники в кремах для лица и других средствах, благодаря их антивозрастным свойствам.

6. ТРОПИЧЕСКИЕ И ЭКЗОТИЧЕСКИЕ ФРУКТОВЫЕ ПРОДУКТЫ

6.1 Манговый концентрат - король тропических фруктов

Манго часто называют королём фруктов, и манговый концентрат занимает особое место в портфеле продуктов вакуумного выпаривания, прежде всего благодаря его исключительным вкусовым и ароматическим свойствам, а также высокому содержанию полезных компонентов.

Манго содержит исключительно высокий уровень бета-каротина - провитамина А - который при попадании в организм преобразуется в витамин А, важный для здоровья глаз и иммунной системы. Содержание бета-каротина в манго варьируется в зависимости от сорта и степени спелости, но в среднем составляет полторы-две тысячи микрограмм на литр сока. Помимо каротина, манго содержит значительное количество витамина С - примерно пятнадцать-двадцать миллиграмм на сто миллилитров, а также множество других полезных компонентов.

Производство манговых концентратов требует принятия особых мер предосторожности на каждом этапе. Спелые манго содержат обычно девять-пятнадцать процентов растворимых сухих веществ в зависимости от сорта и условий выращивания. Манго пюрируется и пропускается через мелкие сита для удаления волокон. Затем сок подвергается вакуумному выпариванию при температуре 35-45 °С и вакууме пятидесятиста миллибар, что требует от шести до восьми часов работы для достижения целевого содержания сухих веществ 75%.

Критическая особенность производства манговых концентратов состоит в том, что во время выпаривания используется инертная атмосфера из газа азота. Это необходимо для предотвращения окисления каротиноидов и других полифенолов, которые при контакте с кислородом воздуха деградируют и теряют свою биологическую активность. Без использования азота потери бета-каротина при выпаривании могут составить двадцать-тридцать процентов, а с использованием азота потери снижаются до пяти-десяти процентов.

Готовый манговый концентрат имеет красивый светло-жёлтый или оранжевый цвет в зависимости от сорта манго, характерный сладкий и экзотический аромат, и содержит все полезные вещества исходного фрукта. Этот продукт находит применение в производстве премиум-напитков, которые позиционируются как функциональные продукты с высоким содержанием витаминов. Йогурты с манговым концентратом пользуются большой популярностью, так как придают йогурту экзотический вкус и создают возможность для установления более высокой цены. Мороженое с манго также пользуется спросом у потребителей, готовых платить выше за премиум-качество.

6.2 Ананас, папайя и маракуйя - специальные функции

Помимо манго, существует целый ряд других тропических фруктов, которые при переработке в концентраты приобретают особые свойства и применения. Ананас, например, содержит фермент бромелаин - натуральную протеазу, которая расщепляет белки. Этот фермент становится активным при разведении ананасового концентрата водой, и его можно использовать для размягчения мяса или как пищеварительную добавку.

Папайя содержит подобный фермент папаин, который также обладает протеолитическими свойствами. При производстве папайевого концентрата требуется тщательное управление условиями выпаривания, чтобы не инактивировать эти ценные ферменты. Обычно температуру выдерживают не выше 45 градусов, иначе ферменты денатурируют и теряют свою активность.

Маракуйя отличается очень высокой кислотностью и содержит значительное количество органических кислот, которые придают ей характерный острый вкус. Производство маракуйевого концентрата требует особого внимания к регулированию pH продукта, чтобы избежать коррозии оборудования. Маракуйя содержит также высокое количество полифенолов и обладает мощными антиоксидантными свойствами.

7. ОВОЩНЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ И РАСТИТЕЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ

7.1 Томатная паста - глобальная индустрия

Томатная паста занимает совершенно особое место в производстве овощных концентратов, так как это один из немногих продуктов вакуумного выпаривания, производство которого измеряется миллионами тонн в год в мировом масштабе. По данным различных источников, в мире ежегодно производится около семи-восьми миллионов тонн томатной пасты, которая используется в производстве соусов, кондитерских изделий, ингредиентов для приготовления пищи и множества других продуктов.

Технология производства томатной пасты отличается от производства фруктовых концентратов тем, что требует более высокую температуру выпаривания и более долгую обработку. Помидоры содержат обычно от пяти до семи процентов растворимых сухих веществ, состоящих в основном из природных сахаров, пектинов, кислот и других компонентов. Для получения томатной пасты стандартной концентрации первой степени содержание сухих веществ должно быть повышено до 24-28%, что требует примерно четырёх-пятикратного концентрирования.

Производство начинается с мойки и инспекции помидоров, удаления повреждённых фруктов. Затем помидоры пропускаются через крупно-тёрочное оборудование или измельчитель, который разрушает клеточные структуры и облегчает извлечение сока. Полученная мякоть затем нагревается до 80°C для инактивации ферментов, которые иначе вызвали бы размягчение и потерю структуры. После этого мякоть прессуется или центрифугируется для получения сока и отделения кожицы и семян.

Чистый томатный сок содержит красный пигмент ликопин - мощный антиоксидант, который при вакуумном выпаривании должен быть защищён от окисления. Ликопин более устойчив к нагреванию, чем большинство других пигментов, но всё равно требует тщательного управления условиями. Вакуумное выпаривание томатного сока проводится

при температуре 45-60°C, что выше, чем для фруктовых соков, из-за необходимости обеспечить микробиологическую безопасность. Процесс требует 8-12 часов работы для полного концентрирования.

Готовая томатная паста содержит все полезные вещества исходного помидора - ликопин, витамин С (примерно 50-70 % от исходного), полифенолы, которые обладают антиоксидантными свойствами. Томатная паста используется в производстве томатных соусов, добавляется в готовую еду как приправа и ингредиент, используется в производстве кетчупов, майонезов и других сложных соусов.

7.2 Морковный концентрат - здоровье глаз

Морковный сок и морковный концентрат ценятся прежде всего за очень высокое содержание бета-каротина. Морковь содержит один из самых высоких уровней этого полезного вещества среди всех овощей. Содержание бета-каротина в моркови в значительной степени зависит от сорта и условий выращивания, но обычно составляет 8-12 процентов сухих веществ в соке.

Производство морковного концентрата начинается с мойки, очистки и шинкования свежей моркови. Нарезанная морковь пропускается через соковыжималку или прессуется для получения сока. Морковный сок имеет более высокий начальный уровень содержания сухих веществ по сравнению с фруктовыми соками - примерно 8-12 процентов. Для получения концентрата требуется концентрирование в 5-6 раз, что приводит к содержанию сухих веществ 50-60%.

Вакуумное выпаривание морковного сока проводится при температуре 40-50 °С, что обеспечивает сохранение бета-каротина на уровне 85-95 процентов. Благодаря этому, готовый морковный концентрат сохраняет полную биологическую активность, что позволяет его использовать в производстве пищевых добавок и функциональных напитков, которые позиционируются как ценные для здоровья глаз и кожи.

8. НАПИТОЧНЫЕ, ЧАЙНЫЕ И КОФЕЙНЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ

8.1 Растворимый кофе из концентрата

Производство растворимого кофе представляет собой многоэтапный процесс, в котором вакуумное выпаривание играет критическую роль в сохранении качества и аромата. Хотя растворимый кофе обычно производится путём замораживания-сушки или распыления готового кофейного экстракта, предварительное концентрирование методом вакуумного выпаривания позволяет существенно улучшить качество финального продукта.

Процесс производства начинается с подготовки кофейных зёрен - их обжарки и помола. Молотый кофе затем экстрагируется горячей водой при температуре от 195°C до 200°C. При контакте с горячей водой в течение 30-60 минут все растворимые компоненты кофе, включая кофеин, полифенолы, органические кислоты и ароматические вещества, переходят в жидкую фазу. Выход экстракта обычно составляет 25-30 процентов от веса исходного молотого кофе.

После экстрагирования кофейный раствор фильтруется через очень тонкие фильтры (обычно 0,2 микрона) или центрифугируется, чтобы удалить все твёрдые частицы, которые могут повредить оборудование. Затем чистый кофейный раствор подвергается вакуумному выпариванию при температуре 40-50 градусов Цельсия. Эта щадящая

температура критична для сохранения летучих ароматических компонентов кофе - органических соединений, которые придают кофе его характерный запах и вкус.

При традиционном выпаривании при температуре выше шестидесяти градусов большая часть летучих ароматов теряется, и растворимый кофе приобретает невыразительный, мягкий вкус и слабый запах. При вакуумном выпаривании при 40-50 градусах сохраняется от восьмидесяти до девяноста пяти процентов исходного аромата, что позволяет получить растворимый кофе высокого качества, почти неотличимый от свежесваренного кофе по органолептическим свойствам.

Целевое содержание сухих веществ при вакуумном выпаривании кофейного экстракта обычно составляет 25-35 процентов. При таком содержании сухих веществ продукт имеет консистенцию густого сиропа, который затем легче обрабатывается на последующих этапах. Дальнейшая сушка может проводиться методом распыления при температуре входящего воздуха 160-180 °С или методом сублимационной сушки при отрицательных температурах, что обеспечивает получение высокопористого порошка, который чрезвычайно быстро восстанавливается в горячей воде.

8.2 Растворимый чай - деликатная технология

Производство растворимого чая требует ещё более щадящих условий, чем производство растворимого кофе. Зелёный и чёрный чай содержат деликатные полифенолы, известные как катехины, которые придают чаю его характерный вкус и обладают значительными антиоксидантными и лечебными свойствами. При слишком высокой температуре эти вещества окисляются и теряют свою биологическую активность.

Производство растворимого чая начинается с приготовления водного экстракта из сухих листьев чая. Сухие листья заливаются горячей водой при температуре 80-95 °С (для зелёного чая часто используется более низкая температура – 70-80 °С) и выдерживаются в течение 30-60 минут для полного извлечения всех растворимых компонентов.

Полученный чайный настой фильтруется для удаления всех твёрдых частиц листьев и затем подвергается вакуумному выпариванию при температуре 35-45°С, что еще ниже, чем для кофейного экстракта. При таких низких температурах вакуумное выпаривание требует больше времени - обычно от четырёх до восьми часов в зависимости от начального объёма и требуемой степени концентрирования. Целевое содержание сухих веществ при выпаривании чайного экстракта обычно составляет 20-30 процентов.

Готовый чайный концентрат сохраняет практически все полезные свойства исходного чая, включая полифенолы, кофеин, аминокислоту L-теанин (которая обладает релаксирующим и антистрессовым эффектом) и ароматические вещества. После дальнейшей сушки растворимый чай используется для производства быстро приготавливаемых чайных напитков, которые пользуются значительной популярностью в современном мире благодаря удобству использования.

9. ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ И ТРАВЯНЫЕ ЭКСТРАКТЫ

9.1 Экстракты лекарственных растений

Производство экстрактов из лекарственных растений представляет собой один из наиболее интересных и стремительно развивающихся применений технологии вакуумного выпаривания. Растения, такие как эхинацея, женьшень, гинкго билоба,

валериана, и многие другие, содержат активные вещества, которые обладают лечебными или профилактическими свойствами.

Процесс производства растительных экстрактов начинается с подготовки растительного материала - обычно это высушенные листья, корни, кору или другие части растения. Подготовленный материал заливается водой (иногда с добавлением спирта для лучшей экстракции определённых компонентов) в соотношении примерно один килограмм растения на два-три килограмма жидкости. Смесь нагревается до и выдерживается для полного извлечения активных веществ. В зависимости от применяемой технологии экстракции время экстракции сильно разнится. Например, вакуумно-импульсные экстракторы позволяют существенно ускорить процесс извлечения целевых веществ.

После окончания экстракции жидкость фильтруется, удаляя все твёрдые остатки растения. Полученный раствор содержит активные вещества, которые находятся в растворённом виде. Начальное содержание растворённых веществ в таком растительном экстракте обычно составляет 1,5-15 процентов в зависимости от типа растения и условий экстрагирования.

Затем экстракт подвергается вакуумному выпариванию при температуре, которая тщательно выбирается в зависимости от типа активных веществ, которые нужно сохранить. Для большинства растительных экстрактов используется температура 30-50 градусов Цельсия. Целевое содержание растворённых веществ в готовом концентрате обычно составляет 30-70 процентов.

При вакуумном выпаривании сохраняется большинство активных компонентов растений. Например, в экстракте эхинацеи сохраняется 85-95 процентов полисахаридов и флавоноидов, которые обладают иммуностимулирующим эффектом. В экстракте женьшеня сохраняется примерно 90 % гинсенозидов - активных веществ, ответственных за энергизирующий и адаптогенный эффект женьшеня. В экстракте гинкго билоба сохраняется 85-90% гинкго-флавонов и терпенов, которые улучшают кровообращение и когнитивные функции.

10. МЯСО-РЫБНЫЕ И БЕЛКОВЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ

10.1 Мясные и рыбные бульоны

Производство концентрированных мясных и рыбных бульонов - это ещё одна важная область применения вакуумного выпаривания, которая часто недооценивается, но на самом деле имеет большой потенциал для развития малого и среднего бизнеса.

Приготовление мясного бульона начинается с отбора мясных костей и обрезков - материала, который обычно рассматривается как отходы мясной промышленности, но на самом деле содержит богатый набор питательных веществ. Кости заливаются водой в соотношении примерно один килограмм костей на два-три килограмма воды, и смесь варится при температуре 80-95°C в течение нескольких часов (обычно от трёх до восьми часов в зависимости от типа костей и желаемой интенсивности вкуса).

При варке из костей в воду переходят растворённые белки, минеральные вещества, коллаген, глютамин и другие аминокислоты, а также кальций, магний, железо и другие микроэлементы. Полученный бульон содержит обычно 8-10 процентов растворённых веществ. После отделения всех твёрдых костей и других материалов бульон фильтруется для удаления мутности.

Чистый мясной бульон подвергается вакуумному выпариванию при температуре 45-55 °С, что обеспечивает сохранение вкусовых качеств и питательной ценности. Целевое содержание сухих веществ в готовом концентрате обычно составляет 40-50%. Готовый мясной концентрат содержит все полезные вещества исходного бульона в концентрированном виде.

Применение мясных концентратов очень разнообразно. Пищевая промышленность использует их в производстве готовых супов, в производстве колбас и других мясных изделий в качестве ингредиента, придающего мясной вкус и улучшающего текстуру. Ресторанная и пищевая промышленность использует мясные концентраты для приготовления соусов и бульонов высокого качества.

10.2 Пробиотические концентраты

Пробиотические концентраты - это относительно новая и очень быстро развивающаяся категория продуктов, которые содержат живые микроорганизмы (обычно молочнокислые бактерии), обладающие благотворным влиянием на здоровье человека. Производство таких концентратов требует особой осторожности, так как целью является не убить микроорганизмы в процессе производства, а, наоборот, сохранить их жизнеспособность.

Процесс производства пробиотических концентратов начинается с культивирования нужных микроорганизмов - обычно это различные штаммы *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium longum*, *Lactobacillus plantarum* и других полезных бактерий. После достижения нужного уровня концентрации микроорганизмов (обычно несколько миллиардов клеток на миллилитр) культура концентрируется методом вакуумного выпаривания.

Ключевая особенность вакуумного выпаривания для пробиотических концентратов состоит в том, что температура должна быть очень низкой - не выше 30-40°C, чтобы не убить микроорганизмы. При таких низких температурах процесс выпаривания занимает много времени - обычно от восьми до двенадцати часов для полного концентрирования. Несмотря на долгое время, микроорганизмы остаются жизнеспособными в количестве 70-95% от исходного числа.

Готовый пробиотический концентрат содержит миллиарды живых полезных бактерий в каждом миллилитре, что позволяет использовать его в производстве йогуртов, кефиров, других кисломолочных продуктов и биологически активных добавок. При правильном хранении при низкой температуре пробиотический концентрат может оставаться жизнеспособным в течение нескольких месяцев или даже лет.

12. ПРОИЗВОДСТВО ПОРОШКОВ И СУШЕНЫХ ФОРМ

12.1 Фруктовые и ягодные порошки

Производство порошков из фруктов и ягод представляет собой логическое продолжение процесса вакуумного выпаривания. После получения концентрата часто возникает задача полного обезвоживания этого материала для получения порошкообразного продукта.

Процесс начинается с получения фруктового или ягодного концентрата методом вакуумного выпаривания до содержания сухих веществ 60-75 процентов. Затем концентрат поступает в распылительную сушилку - большую вертикальную камеру, куда горячий воздух подаётся с одной стороны, а концентрат распыляется в виде мельчайших капелек с другой стороны. При контакте горячего воздуха (температура сто шестьдесят-сто восемьдесят градусов) с капельками продукта последние почти мгновенно теряют оставшуюся влагу и падают вниз сухим порошком.

Преимущество двухэтапного производства (вакуумное выпаривание плюс распыление) перед одноэтапным (прямая сушка свежего сока) чрезвычайно велико. При одноэтапном методе нужно испарить восьмидесяти-девяносто процентов воды непосредственно из свежего сока, что требует большое количество энергии. При двухэтапном методе на первом этапе вакуумного выпаривания испаряется примерно 70% воды при низкой температуре (сохраняя полезные вещества), а на втором этапе распыления испаряется оставшиеся 20-30%. Это приводит к снижению общего энергопотребления на 40-50%.

Готовый фруктовый или ягодный порошок содержит практически все полезные вещества исходного фрукта, имеет низкую влажность (менее 5%), хорошую текучесть и может храниться в сухих условиях при комнатной температуре в течение 6-12 месяцев. Такие порошки используются в производстве спортивных напитков, детского питания, в кондитерской промышленности, в производстве каш и завтраков, а также в фармацевтической и косметической промышленности.

13. ДВУХЭТАПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

13.1 Синергия вакуумного выпаривания и сушки

Двухэтапные технологии, которые комбинируют вакуумное выпаривание с одним из методов дальнейшей сушки, представляют собой современный стандарт в пищевой промышленности для производства сушеных и порошкообразных продуктов. Эта комбинация позволяет достичь оптимального баланса между энергоэффективностью, качеством продукции и экономической целесообразностью.

На первом этапе вакуумного выпаривания исходный продукт (будь то молоко, фруктовый сок, мясной бульон или растительный экстракт) при щадящих температурах 30-60 градусов Цельсия концентрируется в два-десять раз в зависимости от требуемой степени обезвоживания и типа продукта. На этом этапе теряется относительно небольшое количество энергии в виде испаренной воды, и происходит сохранение практически всех полезных веществ - витаминов, ароматических компонентов, полифенолов и других биологически активных соединений.

На втором этапе концентрированный продукт либо распыляется в горячем воздухе при температурах 160-180 градусов (распылительная сушка), либо высушивается в специальных камерах при отрицательных температурах (сублимационная сушка), либо подвергается конвективной сушке при умеренных температурах 45-75°C (для наиболее чувствительных продуктов). Второй этап требует значительно меньше времени (от нескольких минут до нескольких часов в зависимости от метода) по сравнению с прямой сушкой.

Общий результат двухэтапного процесса - это получение высококачественного порошкообразного продукта с хорошо сохранёнными полезными свойствами при минимизации затрат энергии по сравнению с традиционной сушкой.

14. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ТИПЫ УСТАНОВОК

14.1 Сравнение энергоэффективности различных типов ВВУ

Энергопотребление является одним из самых критических параметров при выборе вакуумно-выпарной установки ВВУ, так как это напрямую влияет на себестоимость производства и экономическую целесообразность проекта.

Самые простые однокорпусные вакуумные выпарные установки требуют энергии примерно от двух до трёх киловатт-часов на один литр готового концентрата при типичном концентрировании молока. Это означает, что при обработке тысячи литров молока (которые сокращаются до четырёхсот литров концентрата в процессе выпаривания) требуется примерно 600-800 киловатт-часов электроэнергии.

Многокорпусные установки, которые позволяют рециклировать тепло между различными этапами процесса, требуют в несколько раз меньше энергии для получения того же литра концентрата.

Установки с механической рекомпрессией паров требуют энергии от нуля-тридцати до нуля-восемидесяти киловатт-часов на один литр концентрата, что примерно на восемьдесят-девяносто процентов меньше, чем одноэффектные установки. Это означает, что при том же объёме производства затраты на электроэнергию составляют всего несколько евро - примерно шесть-десять евро за обработку тысячи литров молока.

Системы с тепловой рекомпрессией паров требуют наименьше энергии - примерно от 0,2 до 0,5 киловатт-часов на один литр концентрата - но требуют наличие источника пара высокого давления, что ограничивает их применение только крупными производством.

18. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ

18.1 Водоохранные и энергетические аспекты

Вакуумное выпаривание демонстрирует множество экологических преимуществ по сравнению с другими методами концентрирования пищевых продуктов. Прежде всего, это значительное сокращение потребления воды. Конденсат, образующийся при испарении воды из продукта, обычно состоит из практически дистиллированной воды, которая может быть повторно использована для промывки оборудования, производства пара или других производственных нужд. При правильной организации производства может быть достигнута рециркуляция примерно 90-95 % конденсата, что означает экономию свежей воды примерно на величину, сопоставимую с объёмом испарённой воды.

Второе важное экологическое преимущество - это значительное снижение объёма и токсичности сточных вод. Поскольку вода удаляется из продукта на этапе вакуумного выпаривания, оставшиеся сточные воды имеют очень высокую концентрацию загрязнений. Это означает, что объём сточных вод сокращается примерно в десять раз по сравнению с методами, которые не используют концентрирование, а загрязнения легче отделяются при очистке.

Третье экологическое преимущество связано с энергопотреблением. При использовании современных установок энергопотребление на килограмм удаленной воды составляет примерно 80-800 кВт*ч.

19. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ УСПЕШНЫХ ПРОЕКТОВ

19.1 Производство фруктовых концентратов

На протяжении многих лет небольшое семейное хозяйство занималось традиционным выращиванием и продажей свежих яблок. Маржа прибыли от продажи свежих фруктов составляла примерно десять-пятнадцать процентов, что было недостаточно для развития бизнеса. Хозяйство решило инвестировать в вакуумно-выпарную установку с механической рекомпрессией паров объёмом тысяча литров.

Результаты инвестиции превзошли все ожидания. За первый год работы хозяйство начало производить примерно двадцать тысяч литров концентрированного яблочного сока высокого качества, который продавалось производителям соков и кондитерским фабрикам по цене 200 руб за литр вместо 20 руб за килограмм свежих яблок. Валовая годовая прибыль возросла в 2 раза, а инвестиция окупилась за три с половиной года.

По прошествии пяти лет хозяйство приобрело дополнительную установку и начало производить различные фруктовые концентраты, включая грушевый и ягодные. Сейчас хозяйство является одним из крупнейших производителей фруктовых концентратов в регионе и экспортирует свою продукцию в более чем двадцать стран по всему миру.

19.2 Молочный кооператив в Казахстане

В провинции Жамбылской области Казахстана молочный кооператив, объединяющий примерно пятьсот мелких фермеров, долгое время существовал за счёт продажи свежего молока оптом крупным молокоперерабатывающим заводам. Цена, которую получал кооператив, составляла примерно 16 руб за литр после учёта затрат на холодное хранение и транспортировку, что едва позволяло фермерам вести жизнеспособный бизнес.

Когда кооператив решил инвестировать в две многокорпусные вакуумно-выпарные установки объёмом каждая две тысячи литров, стоимость совокупной инвестиции составила примерно 30 млн. руб. Это был значительный шаг для небольшого кооператива, финансируемый частично за счёт государственного гранта на развитие сельского хозяйства и частично за счёт займа под будущие доходы.

В течение первого года работы кооператив начал производить примерно восемьдесят тысяч литров молочного концентрата в год, который продавался производителям йогуртов и кисломолочных напитков в соседних странах - Узбекистане и Киргизии - по цене 162 руб за литр. Инвестиция окупилась за два года. В настоящее время кооператив экспортирует свою продукцию по всему Средней Азии и планирует дальнейшее расширение производства.

20. РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ МСП И СТАРТАПОВ

20.1 План развития вашего производства

Рекомендуемый план развития производства вакуумно-выпаренных концентратов в течение первых пяти лет предполагает следующие этапы. На первом году работы главная задача - начать производство и отработать технологический процесс. Не нужно сразу стремиться к максимальным объёмам - лучше начать с умеренного объёма, убедиться, что

качество продукции соответствует требованиям рынка, и найти первых надёжных клиентов.

На втором году работы увеличивайте объёмы производства и расширяйте географию продаж. На третьем году, когда начальная инвестиция более-менее окупилась, рассмотрите возможность приобретения дополнительной установки или расширения существующей. На четвёртом году начните экспортировать вашу продукцию в соседние страны. На пятом году планируйте развитие сопутствующих производств - например, если вы производите молочный концентрат, начните производство молочного порошка путём добавления стадии распылительной сушки.

Вакуумное выпаривание остаётся одной из наиболее эффективных, универсальных и экономичных технологий для производства концентрированных пищевых продуктов. За счёт применения современных энергоэффективных систем механической рекомпрессии паров эта технология становится доступной и прибыльной для предприятий всех размеров, от малых производств до крупных международных корпораций.

Основные преимущества вакуумного выпаривания - это сохранение качества продукции благодаря щадящим условиям обработки, высокая энергоэффективность современных установок, универсальность применения для самых различных типов пищевых и промышленных продуктов, и экологичность процесса, позволяющая снизить потребление воды и энергии.

Технология позволяет производителям расширить свой ассортимент продуктов, выйти на высокомаржинальные сегменты рынка и значительно повысить ценность своего сырья.

Для малых и средних предприятий вакуумное выпаривание представляет собой отличную возможность для развития бизнеса, с инвестициями в размере от 1 млн. руб и возможностью окупить эти инвестиции в течение двух-трех лет в зависимости от выбранного типа продукта и местоположения. Открывается перспектива экспортировать высокомаржинальную продукцию на международные рынки и создать устойчивый, прибыльный бизнес.