

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ

М.В. Шамаров, М.П. Аугинин,
ФГБОУ ВПО «Кубанский
государственный технологический
университет»

Применение струйной криоконцентраторной установки, использующей в качестве рабочего вещества CO₂, как современного высокоэффективного оборудования для получения концентрированных жидкостей.



В перерабатывающих отраслях пищевой промышленности существенную роль играет концентрирование жидких пищевых продуктов. Кроме того, процесс концентрирования можно рассматривать как этап подготовки к последующей сушке: сублимационной и распылительной – в соответствии с современными

тенденциями перехода на производство порошкообразных продуктов, в том числе быстрорастворимых напитков, натуральных пищевых красителей.

Концентрирование применяют с целью уменьшения объема соков и сокращения расходов по упаковке, хранению и транспортировке продукта, особенно на большие расстояния.

Сгущение позволяет создавать резерв на годы с низким урожаем плодов. В последнее время соки экспортируются, преимущественно, в концентрированном виде.

Одним из высокоэффективных и высококачественных способов сгущения жидких пищевых продуктов является криоконцентрирование. Криоконцентрирование жидких пищевых продуктов вымораживанием обеспечивает наиболее полное сохранение исходных свойств продуктов (витаминов, минеральных веществ), в том числе ароматосодержащих и термолабильных жидкостей.

Основные принципы концентрирования вымораживанием: в жидких продуктах вода образует с остальными жидкими компонентами эвтектическую смесь; при замораживании раствора некоторая часть воды вымерзает, в результате чего образуются жидкость более высокой концентрации и кристаллы льда. Технологический процесс концентрирования вымораживанием состоит из двух основных этапов: кристаллизация и сепарирование.

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ

Основная цель в процессе кристаллизации – получение суспензии, содержащей пригодные для сепарирования крупные, одинаковые по размеру кристаллы льда с малой удельной поверхностью. На этом этапе происходит зародышеобразование кристаллов и их увеличение. Если используется процесс выращивания кристаллов, то стадии образования зародышей и роста кристаллов отделены друг от друга. Образование зародышей кристаллов происходит при интенсивном отводе тепла, а их рост

продолжается адиабатически путем расплавления части зародышей. Это обусловлено тем, что температура плавления зависит от размеров кристалла, и у маленьких кристаллов она несколько выше, чем у крупных кристаллов.

СЕПАРИРОВАНИЕ

Процесс сепарирования существенно сложнее процесса кристаллизации. Теоретически сепарирование необходимо производить без разбавления концентрата тающим льдом и без потерь сухих веществ.

Эффективность разделения суспензии на кристаллы и концентрат, в большей степени зависит от размеров образующихся кристаллов и вязкости концентрата.

Уменьшить потери сухих веществ можно, применяя двух- и более ступенчатое вымораживание. Например, сравнивая одно и двухступенчатое вымораживание потери сухих веществ, удалось сократить примерно в 2 раза. Для достижения концентрации раствора в 40-45% целесообразно проводить концентрирование примерно в 10 ступеней, но данный метод, безусловно, вызывает эксплуатационные трудности и сложность управления.

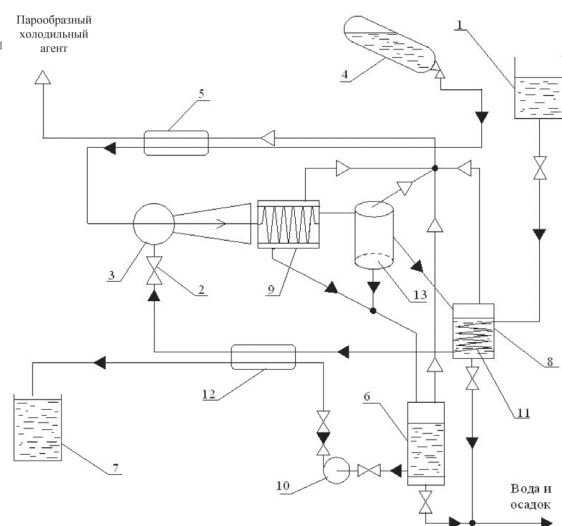
При сепарации и очистке кристаллов льда от концентрированного продукта размер частиц определяет не только степень уноса на них сухого вещества, но также проницаемость и пористость льда скорость потока и фильтрации, падение давления концентрата при прохождении через ледяную массу. Все эти величины, в конечном счете, непосредственно сказываются на размерах сепарационных устройств. Конечная оптимальная величина кристаллов перед сепарацией 0,2-0,3 мм.

СТРУЙНЫЙ КРИОКОНЦЕНТРАТОР

На кафедре холодильных и компрессорных машин и установок Кубанского государственного технологического университета предложено и исследуется применение струйной криоконцентраторной установки на основе модернизированной технологической схемы установки предложенной в патенте РФ № 48708.

Схема по рисунку 1 содержит емкость с необработанным продуктом 1, вентиль подачи продукта 2, струйный эжекционный аппарат 3, емкость для жидкого холодильного агента 4, теплообменник холодильного агента 5, емкость для концентрированного продукта 6, емкость для концентрированного продукта 7, емкость для сбора и плавления льда 8, сепаратор 9, насос для перекачки продукта 10, змеевиковый теплообменник 11, теплообменник продукта 12, центрифуга 13.

Рисунок 1. Схема криоконцентраторной установки



Жидкий холодильный агент из емкости 4 подается через регенеративный теплообменник 5, после чего поступает в струйный эжекционный аппарат 3, где происходит понижение давления и температуры, и изменяется состояние на газообразное и твердое или жидкое. В струйном эжекционном аппарате происходит процесс тепло-массообмена с поступающим обрабатываемым продуктом.

В процессе тепло-массообмена двухфазная смесь холодильного агента воспринимает теплоту от обрабатываемого продукта, жидкая (твердая) фаза холодильного агента кипит (сублимирует) и переходит в газообразное состояние, а обрабатываемый продукт охлаждается и частично замораживается содержащаяся в нем влага. После струйного эжекционного аппарата смесь продукта и холодильного агента поступает в теплоизолированный сепаратор 9, где происходит отделение кристаллов замороженного продукта от жидкого продукта и газообразной фазы холодильного агента, после чего газообразный холодильный агент проходит через регенеративный теплообменник 5, охлаждая поступающий жидкий холодильный агент, и уходит в установку ожижения. Отделенная в сепараторе 9 ледяная смесь поступает в центрифугу 13, где лед отбивается от продукта. Лед поступает в емкость для сбора и плавления льда 8, в которой находится змеевиковый теплообменник 11. Отделенный жидкий продукт из сепаратора 9 и центрифуги 13 поступает в емкость для сбора концентрированного продукта 6, после чего насосом 10 подается в теплообменник 12, где нагревается и поступает в емкость для сбора концентрированного очищенного продукта 7. Необработанный продукт поступает в змеевиковый теплообменник 11, после чего поступает в теплообменник 12, охлаждается и поступает в струйный эжекционный аппарат.

Основным теплообменным аппаратом при концентрировании в традиционной схеме является испаритель с поверхностью теплообмена. Мы предлагаем использовать в качестве основного теплообменного устройства струйный эжекционный аппарат. Расчет основных геометрических

характеристик струйного аппарата производим согласно методике расчета струйного аппарата для пневмотранспорта. Рабочее вещество – жидкая двуокись углерода, продукт – яблочный, виноградный сок.

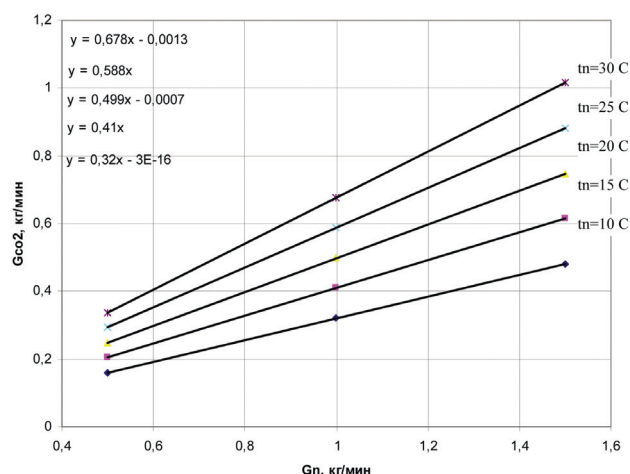
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В результате экспериментального исследования основную массу 60% составляли кристаллы диаметром 85 мкм; кристаллы, имеющие размер 150-175 мкм составляли 16,5%, предположительно, это слипшиеся кристаллы меньших размеров; кристаллы размером 125 мкм и 50 мкм составляли 12% и 10% соответственно. Оставшееся число кристаллов 1,5% – это или слишком большие, или очень маленькие кристаллы. Слишком большие – это слипшиеся несколько кристаллов.

На рисунке 2 показана зависимость необходимого расхода жидкой углекислоты в зависимости от расхода и начальной температуры продукта.

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать следующие выводы о влиянии рассмотренных факторов на процесс тепло-массообмена. С увеличением начальной температуры продукта и с увеличением расхода продукта увеличивается расход жидкой углекислоты.

Рисунок 2. Зависимость расхода жидкой углекислоты от расхода продукта при разной начальной температуре продукта



Проведя исследования, в струйной криоконцентраторной установке в качестве рабочего вещества используется двуокись углерода. В перерабатывающих отраслях пищевой промышленности для повышения технико-экономических показателей при обработке продуктов предлагается применять как устройство для интенсивного охлаждения продукта и как устройство для массового кристаллообразования. Также данный аппарат может быть использован как кристаллизатор первой ступени при двух- и более ступенчатой кристаллизации жидких пищевых продуктов (фруктовых соков, виноматериалов и др.). Учитывая преимущества двуокиси углерода, необходимые при консервировании пищевых продуктов, предлагаемая схема и осуществляемый процесс весьма эффективно отразится на качестве обрабатываемого продукта.