

Мембранные методы деалкоголизации пива

Оганнисян В. Г., Петрова Н. А., Тамазян Г. А., redvitriol@rambler.ru

Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий

В настоящее время актуальной является проблема производства пива, не содержащего алкоголь, обладающего органолептическими характеристиками классического пива. Наилучшие результаты в этой области показывают мембранные методы деалкоголизации, позволяющие получить безалкогольное пиво, почти не отличающееся по вкусу и аромату от классического пива, в частности методы диализа и обратного осмоса. В работе обсуждаются положительные и отрицательные стороны использования мембранных методов деалкоголизации пива, в основе которых лежит тенденция к достижению равновесия по обе стороны полупроницаемой мембраны, пропускающей растворитель и задерживающей молекулы или ионы растворенных веществ.

Ключевые слова: безалкогольное пиво, диализ, мембранные методы деалкоголизации, обратный осмос.

Изготовление безалкогольного пива уже давно является проблемой в пивоваренном производстве. Требования потребителя к вкусовым качествам здесь такие же, как и у классического пива, но содержание алкоголя должно быть уменьшено, исходя из законодательных и медицинских соображений [1]. В каждом государстве есть свои стандарты по концентрации спирта в безалкогольных напитках. В России допустимая концентрация спирта в безалкогольном пиве составляет не более 0,5% об.

Для того чтобы обеспечить близкие органолептические характеристики пива классического и безалкогольного, необходимо использовать мембранные методы удаления этилового спирта.

Мембранные методы деалкоголизации пива осуществляются перекачиванием его через мембрану из хлопковой целлюлозы или ацетилцеллюлозы, которая проницаема только для молекул определенных органических веществ.

Из мембранных методов в практике широко и эффективно используются методы обратного осмоса и диализа.

Обратный осмос

Обратный осмос — это способ разделения растворов путем их фильтрации через полупроницаемые мембраны, пропускающие растворитель и задерживающие молекулы или ионы растворенных веществ [2].

В основе метода разделения раствора обратным осмосом лежит явление самопроизвольного перехода растворителя через полупроницаемую мембрану в раствор (рис 1 а). Если давление над раствором ниже осмотического ($p < \pi$), то растворитель будет переходить в раствор до достижения осмотического равновесия в системе.

Равновесное состояние наступает, когда гидростатическое давление между раствором и растворителем, определяемое разностью уровней, станет равным осмотическому давлению ($p = \pi$), (рис 1 б).

Если после достижения осмотического равновесия со стороны раствора приложить давление, превышающее осмотическое ($p > \pi$), то растворитель начнет переходить из раствора в обратном направлении (рис 1 в). В этом случае имеет место обратный осмос. Растворитель, прошедший через мембрану, называют фильтратом.

Движущей силой процесса обратного осмоса является перепад давления $\Delta p = p - \pi$, где p — избыточное давление под раствором; π — осмотическое давление раствора.

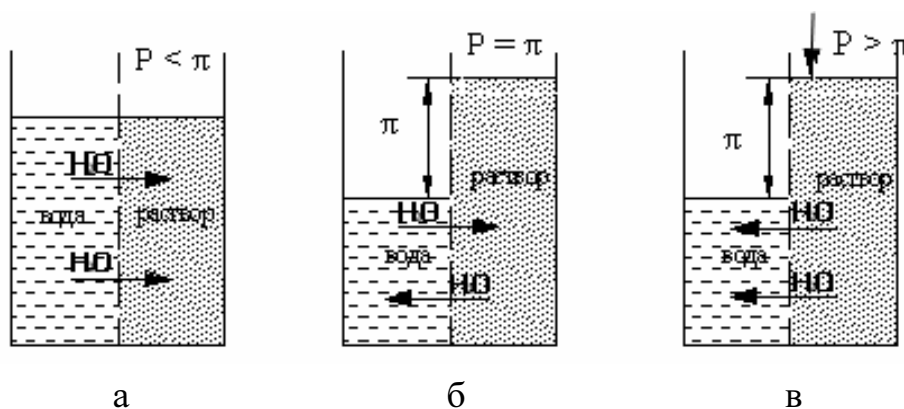


Рис. 1. Разделение раствора обратным осмосом.

Для приблизительного расчета осмотического давления может быть использована формула Вант-Гоффа $\pi = xRT$, где x — мольная доля растворимого вещества; R — газовая постоянная; T — абсолютная температура раствора [3].

Осмотические давления растворов могут достигать десятков мегапаскалей. Давление в обратноосмотических условиях должно быть значительно

больше осмотического, так как эффективность процесса определяется движущей силой — разностью между рабочим и осмотическим давлением [4].

При удалении алкоголя из пива с помощью обратного осмоса избыточное давление со стороны пива составляет примерно 35 бар.

Селекционный процесс мембраны связан только с размером молекул, поэтому через нее проходят не только молекулы воды и этилового спирта, но также и другие молекулы того же размера. Путем удаления воды и спирта пиво подвергают концентрированию. Для снижения содержания алкоголя до 0,5 % потребовалась бы 10-кратная концентрация. Это невозможно, поскольку в процессе концентрации постоянно увеличивается осмотическое давление в пивном концентрате. Поэтому специалистами применяется следующий прием: добавляя специально обработанную воду, постепенно пивной концентрат разбавляют до достижения конечного содержания алкоголя, т.е. этиловый спирт вымывают. При использовании этого способа, именуемого также диалфильтрацией, вымываются и другие молекулы, в результате чего появляется водянистый вкус пива [5].

При удалении спирта с помощью обратного осмоса (рис. 2), заранее отфильтрованное пиво из буферного танка (1) с помощью насоса (2) перекачивается в систему, состоящую из насоса высокого давления (3), обратного клапана (6) и разделительного модуля (4). Насосом (3) в разделительном модуле создается давление до 40 бар, и порциями или непрерывно пиво перекачивается сквозь него. Разделительный модуль представляет собой фильтровальный аппарат, в котором фильтрующей перегородкой является полупроницаемая мембрана из хлопковой целлюлозы или ацетатцеллюлозы (5), установленная тангенциально к направлению потока. С поверхности мембраны постоянно смываются экстрактивные вещества, прежде всего глюкозаны, благодаря возникающим касательным напряжениям.

Прошедшая через мембрану водно-спиртовая смесь называется фильтратом (7). Поскольку вода непрерывно уходит из раствора, она должна постоянно добавляться после удаления солей и деаэрирования (8). Благодаря вышперечисленным этапам содержание спирта заметно уменьшается. Готовое безалкогольное пиво из установки выходит по линии (9).

Такое фильтрование называется фильтрованием в поперечных потоках.

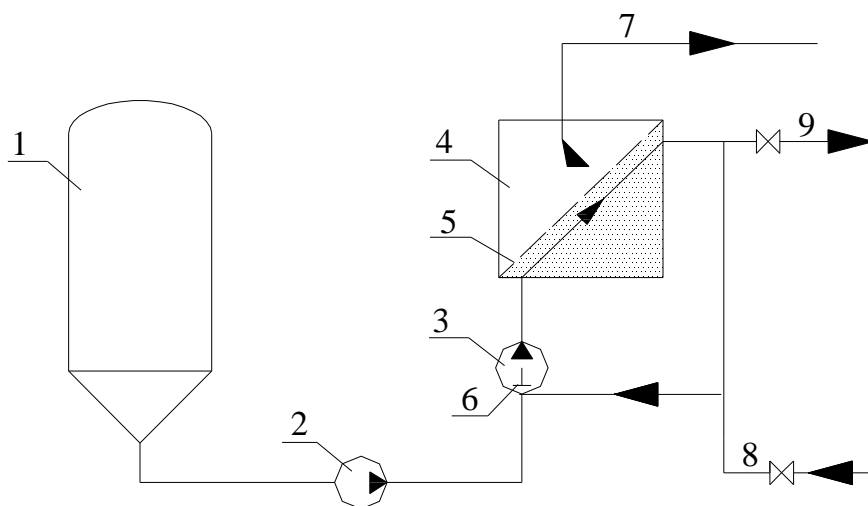


Рис. 2. Схема установки обратного осмоса.

В процессе различают три фазы:

- фаза концентрирования. При прохождении пива через модули образуется около 2,2 л пермеата на гл пива. При этом концентрация спирта и экстрактивных веществ возрастает. Определенная концентрация некоторых веществ, прежде всего β -глюканов, уменьшает проницаемость мембран, что ограничивает производительность установки на стадии концентрирования;
- фаза диафильтрации. В данной фазе концентрированное пиво, взамен ушедшего фильтрата разбавляется обессоленной водой до тех пор, пока не будет достигнуто желаемое содержание спирта;
- фаза восполнения. Концентрированное пиво разбавляется водой до первоначального объема, при этом содержание спирта падает ниже 0,5%. Одновременно пиво насыщается CO_2 , поскольку из-за обратного осмоса и добавления воды в пиве почти не остается диоксида углерода [5].

Пиво после деалкоголизации методом обратного осмоса претерпевает изменения в своем химическом составе, так как при удалении спирта из пива вымываются также другие компоненты, имеющие размеры молекул близкие к воде и спирту. Более того, процесс обратного осмоса протекает под большим избыточным давлением, что приводит к увеличению температуры пива.

Диализ

Тенденция к достижению равновесия по обе стороны мембраны является движущей силой процесса и в диализе. Процесс отличается от осмоса, но молекулы углеводов, спиртов и др. проникают через мембрану до достижения равновесия, без всякого воздействия давления и при низкой температуре.

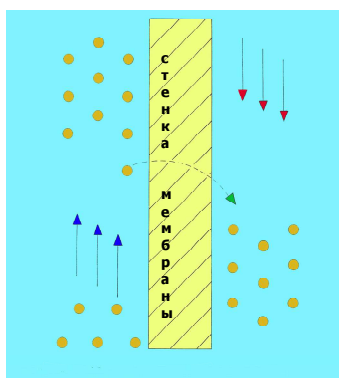


Рис. 3. Принцип перехода молекул спирта через мембрану.

При удалении алкоголя данным методом с одной стороны мембраны подается пиво, охлажденное до 10°C , при нормальной скорости потока и нормальном давлении. С другой стороны мембраны идет поток несущей жидкости, диализата, вымывающего алкоголь из пива через мембрану и направляющего его на дальнейшую переработку (рис. 3). На процесс удаления алкоголя не влияют ни давление, ни температура. Значение имеет только разность концентраций по обе стороны мембраны, причем процесс занимает не более 13 секунд.

При диализе используются мембраны в виде полых волокон с тонкими стенками. Полые волокна имеют диаметр равный 50–200 мкм и обладают микропорами. В одном модуле расположено много тысяч связанных друг с другом микропористых мембран, закрытых с обоих концов. Пиво равномерно продавливается сквозь них, в то время как диализат обтекает полые волокна в обратном направлении, при этом все растворенные вещества, находящиеся по обе стороны мембраны, стремятся достичь равновесия друг с другом. Это означает, что алкоголь из пива будет переходить в диализат, пока с обеих сторон не будет достигнута одинаковая концентрация спирта. Переход алкоголя в диализат осуществляется за счет разности концентраций. Диализат протекает через модули с большей скоростью и меньшим давлением, чем пиво. Количественное соотношение пива к диализату 1:5 соответственно.

Пиво, подлежащее деалкоголизации, перед входом в модули заранее фильтруется и, переходя через модули, частично или полностью освобождается от спирта. После выхода из модуля пиво охлаждается, карбонизируется и направляется в форфас.

Диализат из модуля поступает в регенерационный теплообменник предварительного нагрева, нагревается за счет теплоты диализата, возвращающегося из колонны (рис. 4). После этого теплообменника обогащенный спиртом диализат поступает в кожухотрубный теплообменник для нагрева до технологиче-

ской температуры. Подогретый диализат попадает в колонну, где он распыляется на элементы насадки с помощью специального распылительного устройства. Распыляемый сверху диализат подвергается термической деалкоголизации посредством поднимающегося снизу пара из парогенератора.

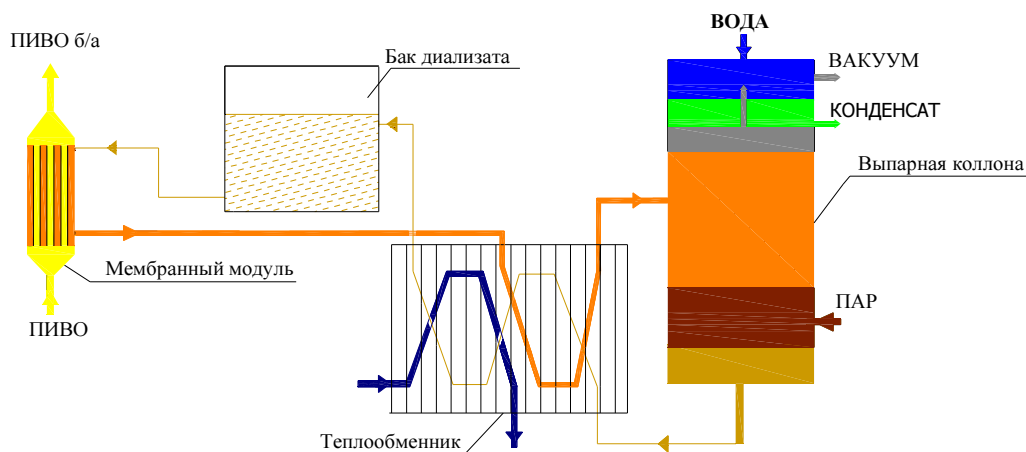


Рис. 4. Схема установки диализа.

Деалкоголизированный диализат собирается в нижней части колонны, из которой насосом перекачивается в регенерационный теплообменник. После предварительного охлаждения, диализат поступает в охладитель, где охлаждается до технологической температуры, после чего поступает в накопительный бак диализата.

Высказывание, что сквозь мембраны диффундирует только спирт, конечно, очень условно. В действительности, пиво теряет при диализе большое количество легколетучих побочных продуктов брожения, CO_2 и сухих веществ. Это связано с тем, что при обработке диализата вместе со спиртом отгоняется и значительная часть других летучих субстанций, в особенности эфиров и высших спиртов. Снижение содержания некоторых эфиров может достигать до 65%. Но во всех других способах удаления спирта никогда не происходит исчезновения одного лишь этанола, поскольку другие летучие вещества претерпевают похожие со спиртом процессы. Несмотря на это, диализ остается сегодня наиболее современным хотя и дорогостоящим методом снижения содержания спирта.

Чтобы избежать вымывания с несущей жидкостью помимо алкоголя и других компонентов пива, фирма APV разработала диализные установки, где в качестве несущей жидкости используется такое же пиво, из которого необходимо удалить алкоголь. Это пиво проходит технически упрощенную вакуумную дистилляцию, в процессе которой алкоголь удаляется, и затем оно закачивается на-

зад на мембрану. Там оно, как было описано выше, выводит алкоголь из основного пива и вновь поступает на вакуумную дистилляцию. Таким образом, цикл завершается. В течение всего этого процесса диализат остается в цикле. Как правило, процесс длится пять суток без необходимости проведения мойки установки. Небольшое избыточное давление со стороны пива препятствует переходу в него термических побочных продуктов, отвечающих за "вареный вкус".

Известны российские и зарубежные патенты на изготовление безалкогольного пива с использованием диализных мембран [6]. Часто используются мембраны немецкого производства, которые в другой модульной конфигурации, используются также для очистки крови у людей с почечной недостаточностью. Этот щадящий способ, используемый в медицинских целях, успешно адаптирован к процессу удаления алкоголя из пива.

Список литературы

1. Кобелев А.В., Жанатаев А.К., Дурнев А.Д. Пиво — как функциональный напиток и его влияние на здоровье: Тез. Хранение и перераб. сельхозсырья — 2003, 5. — с. 87–88.
2. Борисов Г.С., Брыков В.П., Дытнерский Ю.И. и др. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Химия, 1991. — с. 496;
3. Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д. Процессы и аппараты пищевых производств. — М.: Агропромиздат, 1985. — 503 с.
4. Кавецкий Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств. — М.: Агропромиздат, 1991. — 432 с.;
5. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива. пер. с нем. – СПб изд-во «Профессия», 2001. — 912 с, ил.
6. Тлехурай А.А., Дедекаев А.Г., ОАО «Пивоваренная компания «Балтика», заявка №2001110961/13 от 24.04.2001

Membrane methods of beer dealcoholizing

Oganesian V.G, Petrova N.A., Tamazian G.A.

Saint-Petersburg State University of Refrigeration
and Food Engineering

Today production of beer without alcohol but possessing organoleptic characteristics of a classical one is of current importance. The best results can be obtained by membrane methods of dealcoholizing that allow manufacturing dealcoholized beer all but differing in taste and flavor from classical kinds, in particular methods of dialysis and reverse osmosis. The paper discusses positive and negative aspects of membrane methods of dealcoholizing beer that are based on the attempt to keep balance on both sides of a semipermeable membrane that lets solvent through and retards molecules and ions of solute substances.

Keywords: beer without alcohol, dialysis, membrane methods of dealcoholizing, reverse osmosis.