УДК 534.121.2.002.73

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ КВАСОВ СВЕТЛЫХ НА УСТАНОВКЕ МЕМБРАННОЙ МИКРОФИЛЬТРАЦИИ

Кретов И.Т. [1], Попов Е.С. [1], Потапов А.И. [1], Попов Д.С. [1]

[1]*ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия (394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19), e-mail: e_s_popov@mail.ru*

Квас – традиционный русский напиток, который содержит в себе значительное количество полезных и питательных компонентов. Благодаря классическим рецептурам, включающим комбинированное молочнокислое и дрожжевое брожение, квас не только приобретает привычные вкус и аромат, свойственные данному напитку, но и благотворно влияет на организм человека. К сожалению, популярность кваса на рынке безалкогольных напитков не столь велика. В настоящее время обширную нишу на рынке пищевых продуктов занимают прохладительные безалкогольные напитки. Ассортимент предлагаемых видов продукции разнообразен и способен удовлетворить самых требовательных покупателей. Но, рассматривая прохладительные напитки с точки зрения влияния на здоровье человека, следует отметить, что значительную долю рынка занимают окрашенные напитки. Хотя российский рынок наводнен иностранными торговыми марками, но, на фоне тенденции стремления современного человека к здоровому образу жизни, квас приобретает все большую актуальность. Квас – это традиционный русский напиток с приятным вкусом, который утоляет жажду и освежает в жаркий день. Содержание в нем полезных веществ значительно, в то время как у многих конкурентов кваса присутствуют красители и прочие добавки. Квас, не подверженный обработке, имеет небольшую биологическую стойкость. Увеличение срока хранения может способствовать увеличению популярности данного напитка.

Ключевые слова: квас, безалкогольные напитки, здоровое питание, биологическая стойкость, микрофильтрация, керамические мембраны.

RESEARCH OF THE SEPARATION PROCESS OF LIGHT KVASS ON MEMBRANE MICROFILTRATION PLANT

Kretov I.T. [1], Popov E.S. [1], Potapov A. I. [1], Popov D. S. [1]

[1]*FSBEI HPE Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia (394036, Voronezh, Revolution Avenue, 19), e-mail: e_s_popov@mail.ru*

Kvass - a traditional Russian drink, which contains a significant number of healthy and nutritious ingredients. Thanks to classic recipes, including a combination of lactic acid and yeast ferment, kvass not only takes the familiar taste and aroma characteristic of this drink, but also has beneficial effects on the human body. Unfortunately, the popularity of kvass in the soft drink market is not so great. At present, a vast portion in the food market take cold non-alcoholic drinks. The range of products offered by diverse and able to satisfy the most demanding customers. But, considering the soft drinks in terms of impact on human health, it should be noted that a significant share of the market occupied by colored drinks. Although the Russian market is flooded with foreign brands, but, against the trend of modern people striving for a healthy lifestyle, kvass is becoming increasingly important. Kvass - a traditional Russian drink with a pleasant taste that quenches your thirst and refreshing on a hot day. Content of nutrients significantly, while many competitors kvass present dyes and other additives. Kvass without any kind of treatment has short biological resistance period. Longer shelf life may contribute to increasing the popularity of this beverage.

Keywords: kvass, non-alcoholic beverages, health food, biological stability, microfiltration, ceramic membrane.

Введение

Потребление кваса в России на протяжении ряда последних лет характеризуется устойчивой тенденцией к росту. Доля кваса в сегменте безалкогольных напитков остается достаточно небольшой, как и его потребление на душу населения. Возможно, такая тенденция связана с малым сроком биологической стойкости кваса, в то время как сроки хранения окрашенных напитков могут составлять несколько месяцев. Тенденции увеличения

сроков хранения характерны не только для области безалкогольных напитков, но и для таких продуктов питания, как молоко. Все это означает высокий потенциал и возможность бурного развития в будущем.

Цель исследования

Таким образом, учитывая предпочтения потребителей, следует найти способы увеличения биологической стойкости кваса. С этой целью необходимо провести экспериментальные исследования этого напитка.

Материалы и методы исследования

В соответствии с целями и задачами, обозначенными ранее, была разработана экспериментальная установка для исследования процесса микрофильтрации кваса в тангенциально-поточном режиме (рис. 1) [3].

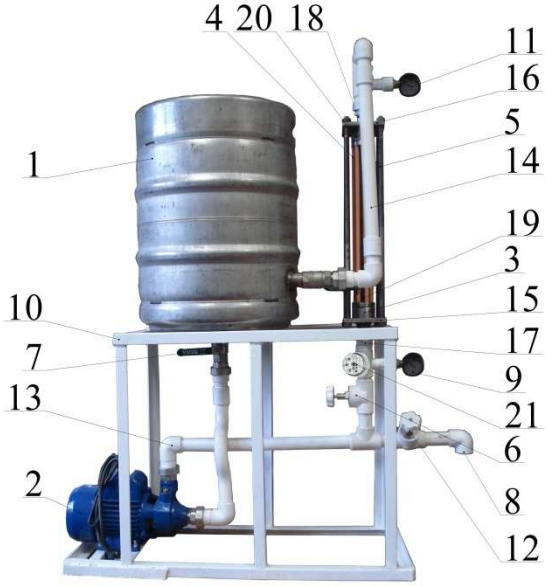

Рис. 1 – Фотография экспериментальной установки: 1 – циркуляционная емкость, 2 – центробежный насос; 3, 20 – трубная решетка; 4 – трубчатый керамический мембранный фильтр; 5 – шпилька; 6, 7, 12 – запорная арматура; 8 – кран вывода концентрата; 9, 11 – манометр; 10 – станина; 13, 14 – трубопровод; 15, 16 – крышка; 17, 18 – входной и выходной патрубки, соответственно; 19 – шток; 21 – расходомер

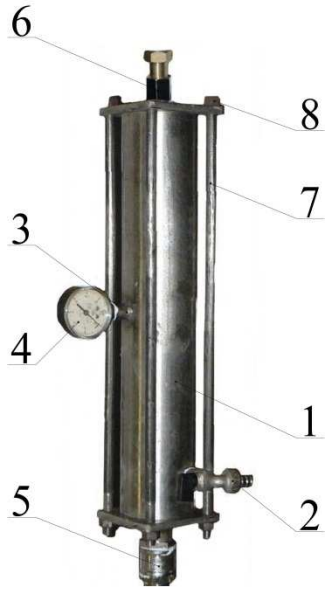

Рис. 2 – Фотография фильтрационного аппарата в сборе: 1 – цилиндрическая обечайка; 2 – штуцер для вывода пермеата; 3 – штуцер для присоединения манометра; 4 – манометр; 5, 6 – входной и выходной патрубки, соответственно; 7 – шпилька; 8 – болтовое соединение

Установка содержит циркуляционную емкость 1, в которую вмонтированы предохранительный клапан, кран для создания противодавления и манометр, фильтрационный аппарат (рис. 2), состоящий из цилиндрической обечайки, снабженной двумя штуцерами (2 для вывода пермеата и 3 – для присоединения манометра 4 (рис. 2)), двух крышек 15, 16, снабженных штуцерами 17, 18 для ввода и вывода разделяемой суспензии, соответственно. Штуцер 17 ввода разделяемой суспензии соединен трубопроводом 13 с краном вывода суспензии 7 из циркуляционной емкости, циркуляционный насос 2, регулирующий вентиль 6,

манометр 9 и расходомер 21. Трубопровод 14, соединяющий штуцер 18 вывода разделяемой пищевой среды со входом в циркуляционную емкость, содержит манометр 11. В крышках 15, 16 выполнены цилиндрические пазы, в которые посредством уплотняющих прокладок вставляется цилиндрическая обечайка (рис. 2, позиция 1), а также мембранный модуль, состоящий из двух трубных решеток 3, 20 со вставленными в них мембранами 4 и стянутых шпильками 5, скрепленных болтовыми соединениями. В центре мембранного модуля проходит шток 19, стягивающий между собой посредством болтового соединения трубные решетки 3, 20 фильтрационного аппарата. Для вывода концентрата предусмотрен вентиль 12 и кран вывода концентрата 8.

Установка работает следующим образом. Циркуляционная емкость 1, при открытых вентилях 6, 7 и закрытом вентиле 12 (вывода из системы) наполняется разделяемой пищевой суспензией, которая заполняет собой всю систему. После вытеснения воздуха из системы манометр 11 возвращается на место. Далее запускается циркуляционный насос 2, который через трубопровод 13, вентиль 6, манометр 9 и расходомер 21 подает разделяемую суспензию в мембранные элементы фильтрационного аппарата, где суспензия движется тангенциально поверхности фильтров. Часть суспензии проходит сквозь поры мембранных элементов 4 и удаляется из системы через патрубок на обечайке фильтрационного аппарата. Концентрат, в свою очередь, по трубопроводу 14, через манометр 11 возвращается в циркуляционную емкость 1. После достижения в системе предельной для данной пищевой суспензии концентрации выключают циркуляционный насос 2. Далее закрывают вентиль 6, открывают вентиль 12 и, при помощи циркуляционного насоса 2, концентрат выводится из системы через кран вывода 8.

В качестве объектов исследования были выбраны квасы светлые хлебный и окрошечный.

Результаты исследования и их обсуждение

Для проведения наиболее эффективного процесса разделения кваса был проведен эксперимент по определению такого порога задержки мембран, при котором микробиологические, физико-химические и органолептические характеристики исследуемого продукта были бы наилучшими. Для подбора порога задержки выбрали керамические мембраны с размерами пор 0,4, 0,9, 1,2, 1,6, 2,4, 3 и 5 мкм [2; 6; 7].

Эксперимент проводился для каждого из видов кваса, выбранных в качестве объектов исследования. Продукт загружался в емкость для разделяемого продукта, после чего установка запускалась, и процесс микрофильтрации проводился вплоть до момента прекращения выхода пермеата из мембранного фильтрационного аппарата

Для определения технологических свойств мембранных фильтров были проведены эксперименты по определению проницаемости и селективности мембран (так как физико-

химические характеристики исследуемых сортов кваса имеют идентичную природу, отличаясь лишь количественным соотношением, в качестве опытного образца будет использоваться квас светлый хлебный нефильтрованный) [4; 5]. В частности, для определения рабочего давления процесс фильтрации проводился с постепенным увеличением величины давления (через каждые 30 мин, в течение 3 часов) от 0 до 5 атм (рис. 3).

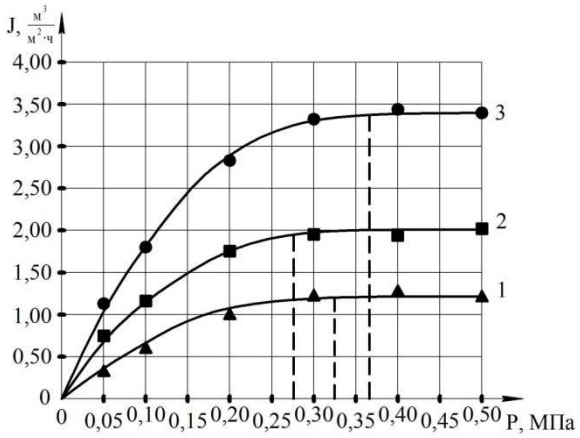

Рисунок 3 – Зависимость изменения величины проницаемости мембранных фильтров с различными размерами пор от величины давления:
1 – 0,4 мкм; 2 – 0,9 мкм; 3 – 1,2 мкм

Необходимо отметить, что при повышении давления в системе, независимо от размера пор мембранных элементов, неизбежно наступает момент, когда проницаемость перестает расти и процесс фильтрации прекращается вследствие уплотнения примембранного слоя, гелеобразования и закупорки пор [1]. Таким образом, увеличение величины рабочего давления выше пределов, отмеченных пунктирными линиями (0,4 мкм – 0,33 МПа; 0,9 мкм – 0,28 МПа; 1,2 мкм – 0,37 МПа), нецелесообразно.

Для определения величин проницаемости и селективности от продолжительности процесса фильтрования, эксперимент проводился в течение 3 часов. Величина проницаемости, что очевидно, снижалась почти до нуля, а величина селективности устанавливалась на отметке 100% (рис. 4).

Из графиков 3 и 4 несложно сделать вывод, что проницаемость мембранных элементов снижается до такой степени, что процесс фильтрации прекращается, независимо от давления в системе. Причем ретентат, содержащийся в циркуляционной емкости, что было отмечено во время проведения эксперимента, содержал достаточное количество дисперсионной фазы, которая могла быть получена в качестве пермеата при последующем фильтровании. Следовательно, для наиболее полного разделения квасной суспензии необходима регенерация мембранных фильтров, а также подбор наиболее рациональных режимов, определяемых температурой, давлением, концентрацией дисперсной фазы, а также скоростью потока над поверхностью мембраны, в рассматриваемой системе.

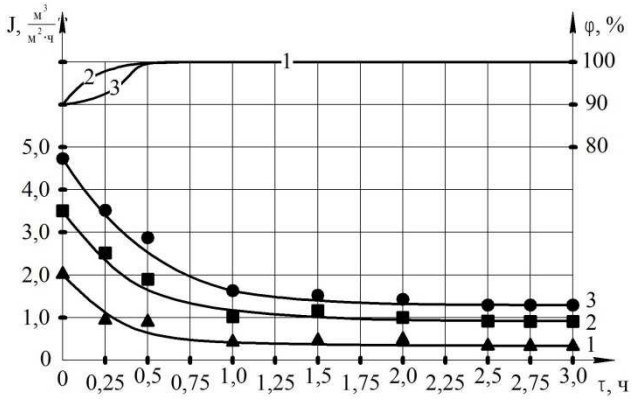

Рисунок 4 – Зависимость изменения величины проницаемости и селективности мембранных фильтров с различными размерами пор от продолжительности процесса фильтрования:
1 – 0,4 мкм; 2 – 0,9 мкм; 3 – 1,2 мкм

Снижение проницаемости фильтрующих элементов в процессе фильтрации обусловлено сгущением концентрата (вследствие обеднения его пермеатом), а также изменениями, происходящими внутри, на поверхности и вблизи поверхности мембран. К этим изменениям относятся такие явления, как:

– перекрывание (закупорка) пор крупными частицами ретентата;

– адсорбция частиц на поверхности мембраны и в межмембранном пространстве;

– гелевый слой, образующийся за счет поляризационных явлений, вследствие которых происходит уплотнение биологических частиц на поверхности мембраны;

– слой повышенной концентрации растворенных веществ.

Следует отметить, что применение турбулизирующих не жестко закрепленных вставок сложно для реализации в предложенной экспериментальной установке, а жесткие вставки могут явиться причиной повышения гидравлического сопротивления и образования застойных зон. Применение повышенных температур невозможно вследствие технологии фильтрации кваса, а также того нежелательного воздействия, которое температура может оказать на исследуемый продукт. К тому же использование нагревания в процессе фильтрации неизбежно повлечет за собой увеличение энергозатрат.

Исходя из тезисов, изложенных в предыдущем абзаце, приходим к выводу, что наиболее оправданным при данных условиях способом увеличения проницаемости является изменение скорости потока над поверхностью мембранных элементов.

Для того чтобы изменять скорость потока и давление над поверхностью мембраны, в экспериментальную установку был установлен регулирующий вентиль непосредственно перед фильтрационным модулем. Для измерения и контроля за величинами давления и скорости потока были установлены манометры до и после модуля, а также расходомер на входе, для контроля за скоростью концентрата над поверхностью трубчатых керамических элементов.

Регулируя работу насоса и вращая регулирующий вентиль на входе в фильтрационный модуль, добивались различных значений скоростей потока ретентата над поверхностью мембраны, при неизменной величине давления. Эксперимент проводился до полной остановки процесса, что отражено на рисунке 5.

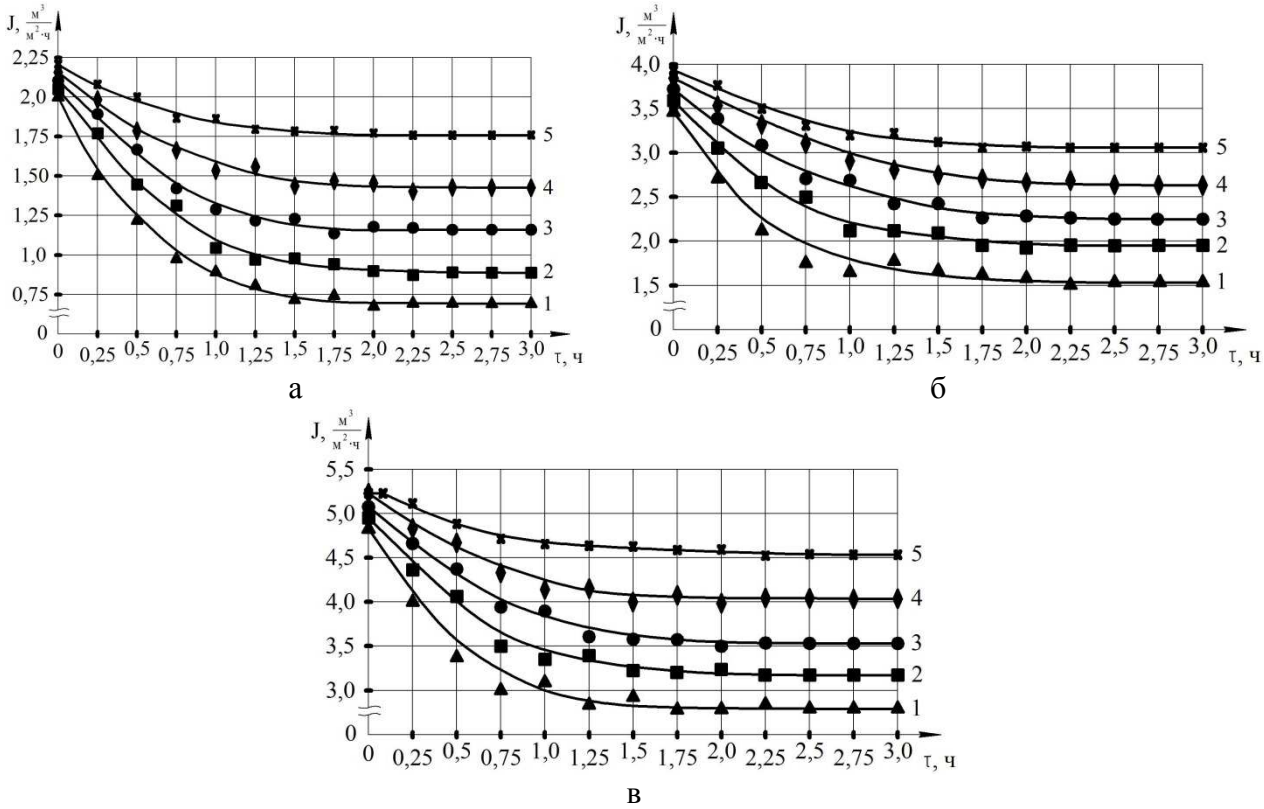

Рисунок 5 – Зависимость изменения величины проницаемости мембранных фильтров с размерами пор 0,4 (а), 0,9 (б) и 1,2 (в) мкм от величины скорости потока над мембраной: 1 – 0,5 м/с; 2 – 1,25 м/с; 3 – 2,0 м/с; 4 – 2,75 м/с; 5 – 3,5 м/с

По окончании процесса фильтрации ретентат контролировался на предмет содержания сухих веществ и возможность дальнейшей фильтрации после регенерации фильтрующих элементов. Концентрация СВ составляла в среднем 84%, при этом во время последующей фильтрации больше не удавалось получить пермеата, что означало, что процесс фильтрации можно считать завершенным.

Выводы

Таким образом, из представленных выше результатов исследований можно сделать вывод о том, что подбор оптимального режима фильтрации кваса за счет установленного ранее рационального давления и скорости потока над поверхностью мембранных элементов позволяет проводить наиболее полное разделение исходной суспензии и получать больше кваса на мембранах того же типоразмера.

Список литературы

1. Брик М.Т. Мембранная технология в пищевой промышленности / М.Т. Брик, В.Н. Голубев, А.П. Чагаровский. – Киев : Урожай, 1991. – 224 с.

2. Исследование процесса отделения пива от суспензии избыточных дрожжей на установке с тангенциально-поточной микрофильтрацией / И.Т. Кретов, С.В. Шахов, А.И. Потапов и [др.] // Вестник ВГТА / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2010. – № 1. – С. 38–41.
3. Кретов И.Т. Экспериментальная установка для концентрирования пивных избыточных дрожжей / И.Т. Кретов, С.В. Шахов, А.И. Потапов, Е.С. Попов // Вестник ВГТА. – 2009. – № 1. – С. 53-56.
4. Попов Е.С. Разработка и научное обоснование способа отделения пива от суспензии остаточных дрожжей с использованием микрофильтрации : автореф. канд. тех. наук. - Воронеж, 2010. – 18 с.
5. Потапов А.И. Разработка и научное обоснование способа фильтрования пива с использованием баромембранных процессов : автореф. канд. тех. наук. – Воронеж, 2008. – 20 с.
6. Cui Z.F. Membrane technology. A Practical guide to membrane technology and applications in food and Bioprocessing / Z.F. Cui, H.S. Muralidhara. – USA : Elsevier Ltd., 2010. – 290 p.
7. Gheradi, S. Pre-concentration of tomato juice by RO / S. Gheradi, R. Bazzarini, A. Trifiro // Industria Conserva, – 1986. – P. 14 – 22.

Рецензенты:

Антипов С.Т., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств, ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж.

Шахов С.В., д.т.н., профессор, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств, ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж.