

ВОЗМОЖНОСТИ САМООРГАНИЗАЦИИ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ ПРИ СУШКЕ НА ПОДЛОЖКЕ

А.Н. Пахомов¹, Ю.В. Пахомова², Е.А. Ильин¹

*Кафедры: «Технологические процессы и аппараты» (1);
«Техносферная безопасность» (2), ФГБОУ ВПО «ТГТУ»;
kvidep@ce.tstu.ru*

Представлена членом редколлегии профессором Н.Ц. Гапановой

Ключевые слова и фразы: инертный носитель; капля; послеспиртовая барда; профиль капли; структурирование; сушилка; тепломассообмен в капле; циркуляция в капле.

Аннотация: Приводятся результаты микроскопического исследования зерновой жидкой послеспиртовой барды и полученного из нее фильтрата, кека и сиропа. Рассматривается образование самоорганизующейся структуры на поверхности высыхающей на твердой подложке капли барды.

Для анализа кинетики сушки жидкой послеспиртовой барды и возможного прогноза и объяснения наблюдаемых при сушке эффектов самоорганизации нами были произведены микроскопические исследования самой барды, а также получающихся из нее на производстве фильтрата, кека и сиропа.

Наиболее характерные структуры в жидкой фазе послеспиртовой барды, выявленные при микроскопическом явлении, представлены на рис. 1.

Если рассматривать в оптический микроскоп образец жидкой послеспиртовой барды, который простоял при комнатной температуре в открытом бюксе более суток, то можно обнаружить появление новых структур. Эти структуры можно классифицировать как продукты белкового распада, дрожжевые и плесневые грибы [1, 2].

Продукты белкового распада имеют вид вытянутых цилиндров, длина которых может достигать до 1–2 мм, а толщина до 10–50 мкм.

Дрожжевые грибы представляют собой овальные или круглые образования, как правило, сформированные в цепочку. Появление таких структур указывает на прокисание барды. Дрожжевые грибы активно размножаются и дополнительно идентифицировать их можно по наличию крупной клетки, облепленной мелкими клетками.

Плесневые грибы, как правило, попадают в жидкую барду из воздуха. Они имеют вид многочисленно разветвленных нитей. Нити имеют колбовидную форму.

Необходимо подчеркнуть, что барда имеющая подобного рода структуры, не должна попадать на стадию сушки, так как высушенный продукт может стать причиной заболевания откармливаемого скота или испортиться при длительном хранении. Также можно сказать, что микробиологическое исследование жидкой послеспиртовой барды (как и вообще продуктов спиртового производства) на различных этапах своего существования представляет отдельный интерес.

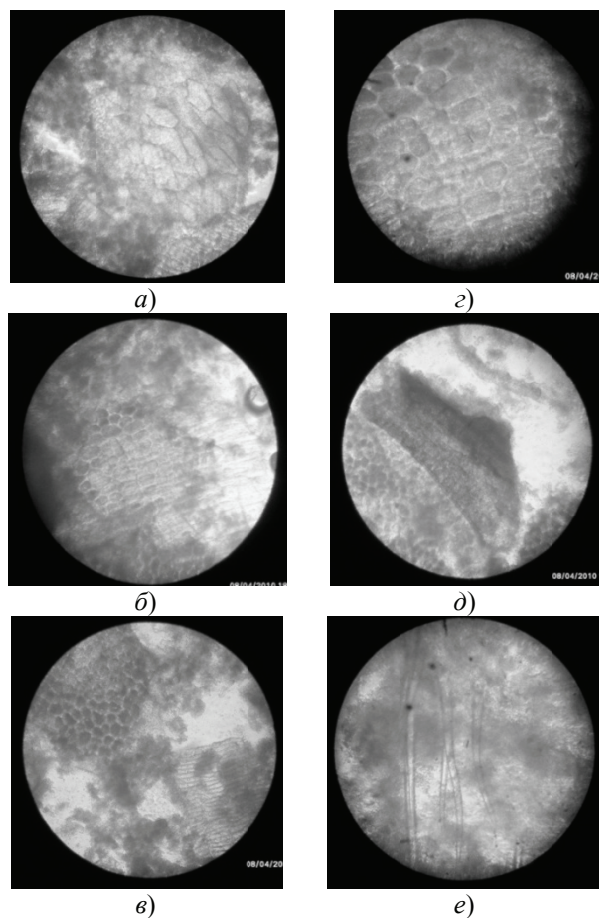


Рис. 1. Характерные структуры жидкой послеспиртовой барды:

а) наблюдаются некоторые крупные структуры размером до 0,03...0,05 мм. В основном мелкодисперсная фаза имеет ориентировочный размер 0,01 мм. $\times 120$; *б)* встречаются некоторые упорядоченные (агрегированные) структуры размером до 0,3 мм, состоящие из отдельных частиц размером от 0,03 до 0,05 мм. $\times 140$; *в)* встречаются крупные тонкие пластинчатые включения – частицы почти прямоугольной формы размером от 0,3 до 0,5 мм. $\times 140$; *г)* тот же фрагмент, что и в), но при $\times 300$ увеличении; *д)* наблюдаются крупные включения – частицы неправильной угловатой формы размером от 0,5 до 1 мм. $\times 140$; *е)* наблюдаются включения в виде длинных «нитей» толщиной около 0,02...0,03 мм. $\times 200$

Определенный интерес представляет также микроскопическое исследование фильтрата и сиропа (жидкости), получаемых на производстве при переработке барды.

Как показали наши измерения, в процессе переработки на производстве не меняется кислотность барды, фильтрата и сиропа. Она составляет $\text{pH} = 4...4,2$. Концентрация сухих веществ в исходной барде примерно 7–10 %; сухих нерастворимых веществ в фильтрате 0,2–1 %; сухих растворимых веществ в фильтрате от 2 до 4 %; сухих веществ в сиропе (жидкость выходящая с третьего корпуса выпарной установки) примерно 28–30 %. Жидкая фаза послеспиртовой жидкой барды представляет собой слабый раствор (2–5 % сухих веществ).

Как показали результаты наблюдений в микроскоп фильтрата и сиропа видно, что в фильтрате присутствует малое количество твердой мелкодисперсной

фазы. Размер отдельных частиц мелкодисперсной фракции можно оценить в районе 0,007...0,008 мм, а отдельные агломераты этих частиц в размере 0,05 мм. Также отмечено, что в сиропе, как и в фильтрате, размер частиц твердой мелкодисперсной фазы практически не изменился.

Для определения размеров частиц, составляющих жидкую барду, и концентрации этих частиц было проведено центрифугирование образца жидкой барды. Жидкая барда расслоилась на три характерных области: жидкого фугата (коллоид), мелкодисперсных частиц, крупно-дисперсных частиц. При этом предварительная оценка объема крупно-дисперсной фракции составляет примерно 15–18 %, мелкодисперсной фракции примерно 30–35 %, фугата примерно 47–55 %. Полученные данные прогнозировались по результатам микроскопических исследований.

Для точного определения размеров частиц и их количественного содержания в полученных образцах использовался лазерный анализатор частиц Micro Sizer 201. (Выражаем благодарность за помощь в подобном исследовании д.т.н., профессору А.Г. Ткачеву и инженеру А.В. Гридневу.)

Сводные результаты исследований представлены на рис. 2.

Из проведенных микроскопических исследований жидкой послеспиртовой барды и продуктов, получающихся путем ее механического разделения, можно сделать вывод о том, что твердая фаза жидкой послеспиртовой барды склонна к самопроизвольному структурообразованию в процессе изменения ее физико-химических свойств, вызываемых различными внешними воздействиями.

В частности при сушке капли жидкой барды нанесенной на твердую горизонтальную диффузионно-непроницаемую подложку наблюдается формирование на поверхности *тонкой пленки*. Это явление хорошо визуально наблюдается при анализе макровидео съемки поверхности высушающейся капли с разных углов зрения. Тонкая пленка на поверхности высушиваемой барды формируется при всех исследованных режимах сушки. Структурирование твердой фазы продолжается в

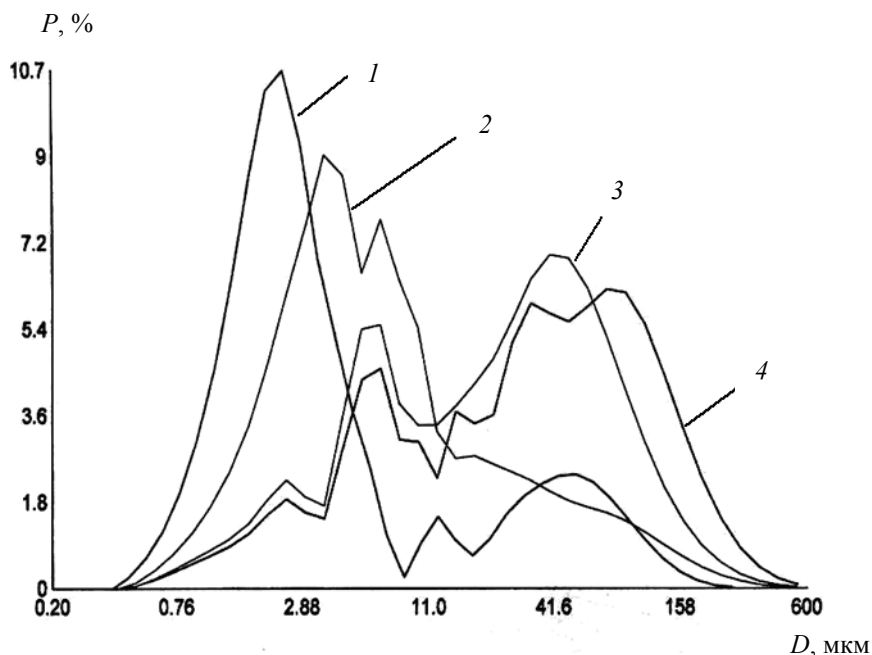


Рис. 2. График соответствия размеров частиц полученных для исследованных образцов жидкой барды, фугата, сиропа, остатка и кека:

1 – фугат 29-09-10; 2 – сироп 02-04-10; 3 – остаток 29-09-10; 4 – кек 29-09-10

течение всего процесса сушки и приводит к формированию особой структуры, названной нами коркой. Свойства сформировавшейся корки зависят от режима сушки. При мягких режимах корка медленно густеет по толщине от момента начала формирования корки до момента, когда скорость сушки практически равна нулю. При этом температура образца медленно приближается к температуре сушильного агента. Исследования срезов высушиваемой капли показали, что срез в процессе сушки имеет различный цвет: от темного на поверхности до светлого к подложке. При этом постоянно по времени сушки темнеет внутрь к подложке. Корка имеет неровную поверхность, на которой отчетливо выделяются отдельные крупные агломераты.

Таким образом в формировании определенных, наиболее выгодных с точки зрения технологии процесса, свойств сухой барды процесс самоорганизации частиц твердой фазы является определяющим. Выбор режимов проведения процесса, способов механической, тепловой обработки жидкой барды позволят управлять процессом самоорганизации и соответственно дадут возможность создавать новое технологическое оборудование и продукты с заданными свойствами.

Список литературы

1. Лабинская, А.С. Микробиология с техникой микробиологических исследований / А.С. Лабинская. – М. : Медицина, 1978. – 394 с.
2. Микробиология : учебник / А.А. Воробьев [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 2003. – 336 с.
3. Адамсон, А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон. – М. : Мир, 1979. – 568 с.
4. Левич, В.Г. Физико-химическая гидродинамика / В.Г. Левич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ГИФМЛ, 1959. – 700 с.
5. Сумм, Б.Д. Физико-химические основы смачивания и растекания / Б.Д. Сумм, Ю.В. Горюнов. – М. : Химия, 1976. – 232 с.
6. Дерягин, Б.В. Физико-химия нанесения тонких слоев на движущуюся подложку / Б.В. Дерягин, С.М. Леви. – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1959. – 208 с.
7. Пахомова, Ю.В. Особенности механизма и кинетики сушки капель дисперсий (на примере сушки послеспиртовой барды) / Ю.В. Пахомова, В.И. Коновалов, А.Н. Пахомов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 70–82.
8. Пахомова, Ю.В. Оценка качества готового продукта при сушке жидких дисперсных веществ / Ю.В. Пахомова, В.И. Коновалов // Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В.И. Вернадского. – 2011. – № 2(33). – С. 407–412.
9. Коновалов, В.И. Геометрия, циркуляция и тепломассоперенос при испарении капли на подложке / В.И. Коновалов, А.Н. Пахомов, Ю.В. Пахомова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 371–387.

Possibilities of Self-Organization of Dispersed Systems When Drying on Substrates

A.N. Pakhomov¹, Yu.V. Pakhomova², E.A. Ilyin¹

*Departments: “Technological Processes and Apparatuses” (1);
“Technosphere Safety” (2), TSTU; kvidep@ce.tstu.ru*

Key words and phrases: circulation in the drop; distillery grains; drop; drop profile; inert carrier; structuring dryer heat and mass transfer in the drop.

Abstract: The paper presents the results of microscopic examination of liquid grain distillery stillage and filtrate, cake and syrup produced from it. The formation of self-organizing structures on the surface of stillage drop drying on a solid substrate has been considered.

Möglichkeiten der Selbstorganisation der Dispersensysteme bei dem Trocknen auf der Unterlage

Zusammenfassung: Es werden die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der Kornflüssigkeit der Nachspiritustreber und des aus ihnen erhaltenen Filtrates – des Cakes und des Sirups angeführt. Es wird die Bildung der selbstorganisierenden Struktur auf der Oberfläche des auf der harten Unterlage des trocknenden Trebertropfens betrachtet.

Possibilités de l'auto-organisation des systèmes dispersés lors du séchage sur une base

Résumé: Sont cités les résultats de l'étude microscopique de la drêche des grains liquide après alcool ainsi que du filtrat obtenu, du filtre et du sirop. Est examinée la formation de la structure auto-organisée sur la surface asséchante sur une base solide de la goutte de la drêche.

Авторы: *Пахомов Андрей Николаевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологические процессы и аппараты»; *Пахомова Юлия Владимировна* – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность»; *Ильин Ефим Анатольевич* – магистрант кафедры «Технологические процессы и аппараты», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Брянкин Константин Вячеславович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Химические технологии органических веществ», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».
