

СУШКА БАРДЫ

Агеева Е.В.¹

¹Агеева Евгения Викторовна - Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, Российская Федерация

Аннотация: статья посвящена приготовлению сушки барды. В статье рассмотрены теоретические понятия сушки; особенности использования и состав барды, особенности приготовления сушки барды и механизм теплообмена при процессе сушки.

Ключевые слова: барда, продукция, спирт, рацион, протеин, производство.

DRYING BARDS

Ageeva E.V.¹

¹Ageeva Evgeniya Viktorovna - Tambov State Technical University
Tambov, Russian Federation

Abstract: the article is devoted to the preparation of drying bards. The article deals with theoretical concepts drying; usage patterns and the composition of the bards, especially cooking drying bards and the mechanism of heat transfer in the drying process.

Keywords: stillage, products, alcohol, diet, proteins, production.

УДК 66

Сушка является одним из важнейших этапов технологического процесса производства многих пищевых продуктов. Объектами сушки выступают разнообразные дисперсные, лоскутным, пастообразные и жидкие продукты на разных стадиях их переработки. Сушильное оборудование применяется во многих отраслях пищевой, мясомолочной, рыбной, мукомольной, плодово-ягодной, крупяной, комбикормовой промышленности. Сушке подвергаются продукты, которые разнообразны по своим физико-химическим и структурно-механическим свойствам. Сейчас количество высушенных пищевых продуктов стремительно увеличивается. Такой значительный ассортимент продуктов



обуславливает и широкое разнообразие сушилок, которые используют в производстве [6].

В пищевой промышленности в основном применяются аппараты, в которых продукты сушатся в плотном слое. К ним относятся ленточные конвейерные сушилки, шахтные сушилки с коробами (для зерна), туннельные или камерные сушилки. Поскольку в плотном неподвижном слое не вся поверхность частиц задействована в теплообмене, процесс сушки протекает медленно, возможны перегревы отдельных участков слоя. Поэтому сушилки с плотным слоем продукта, как правило, малопродуктивны, громоздки и часто не обеспечивают высокого качества сушильного продукта. В связи с этим возникает необходимость разработки новых высокоинтенсивных методов сушки и конструкций сушильных установок. Переход от плотного слоя к перемещаемому позволяет значительно повысить интенсивность тепло и массообмена.

Барда (спиртовая, послеспиртовая) – один из конечных продуктов производства этилового спирта. Это неоднородная жидкость с измельченными частицами зерна, светло-коричневого или желтого цвета с запахом зерна или иного сырья. Кислотность (рН) ее составляет 3,8 – 4,6. Для производства спирта в качестве сырья используют зерно кукурузы, ячменя, ржи, пшеницы, патоку, картофель, то есть барда бывает зерновая, мяясная, картофельная [1]. На уровне экспериментальных разработок бывает и из топинамбура, и из тыквы [3]. Остаточное содержание спирта в барде составляет 0,008% [2]. У разных заводов ее состав может отличаться в зависимости от применяемой технологии производства спирта, но различия не принципиальны [5]. По сравнению с исходным веществом – зерном – в барде во время технологических процессов производства спирта в 1–2 раза увеличивается содержание белков в сухом веществе

По разным литературным данным [6], содержание сухих веществ в барде из различного исходного сырья составляет около 10%. В расчете на сухое вещество в ней содержатся: белок – 13,9 – 37,25%, жир – 3,7 – 10,7, клетчатка – 6,2 – 11,25, вещества и микроэлементы: кальций – 0,13 – 0,24, фосфор – 0,29 –



0,69%, аминокислоты: лизин, метионин, цистин, триптофан, безазотистые экстрактивные вещества (БЭР), а также витамины А, D, E, витамины группы В, фолиевая кислота (Вс), биотин (Н), каротиноиды. Из макроэлементов – кальций, фосфор, азот и микроэлементы: железо, цинк, марганец, медь

Российские разработчики технологий переработки барды [2] отмечают, что в послеспиртовой барде взвешенные вещества составляют 3,2% от общей массы (или 46% сухого остатка), а растворенные вещества – 3,8% (54% сухого остатка) и подают такие характеристики барды

Для барды стали сооружать хранилища (поля фильтрации), в которых естественным путем происходит механическая, химическая и биологическая очистка отходов. При стекании стоков в землю, органические вещества разлагаются под воздействием микроорганизмов. Этот механизм подобен процессу компостирования скошенной растительности, бытовых пищевых отходов и тому подобное.

Процесс сушки послеспиртовой зерновой барды в псевдооживленном слое может быть представлен, как процесс конвективного теплообмена, который осложнен переносом вещества. Одновременно с переносом энергии происходит и перенос вещества. Пар, который образовался в результате переноса тепла, попадает в окружающую среду в направлении, перпендикулярном от поверхности материала. В зависимости от плотности поперечного потока вещества в процессе сушки, то есть в зависимости от интенсивности переноса тепла, происходит соответствующее изменение в прилегающем ламинарном пограничном слое. Пар, поступающий из зоны испарения, нарушает состояние ламинарного подслоя у поверхности тела, турбулирует его, что приводит к резкому увеличению интенсивности теплообмена [6]. В процессе сушки послеспиртовой барды на инертных телах возрастает плотность поперечного потока вещества вследствие наличия контактного теплообмена между горячими инертными телами и влажным материалом. Эксперименты показали, что для осуществления процесса сушки на инертных телах необходимо, чтобы только часть общей поверхности была покрыта высушиваемым материалом и, таким



образом, вовлекалась в процесс сушки. Вторая часть общей поверхности инертного тела должна быть свободной от влажного материала и участвовать в теплообмене. Эта свободная от влажного материала часть поверхности инертных тел нагревается от нестационарной до температуры, выше температуры мокрого термометра ($t_n > t_m$). Нагретые инертные тела, попадая в зону подачи пастообразной послеспиртовой зерновой барды, покрываются пленкой влажного материала, который имеет температуру t_0 теплообмена происходит испарение влаги в середине пленки. Парообразование в середине пленки влажного материала составляет общий градиент давления в пленке, который релаксируется только при переносе вместе с паром субмикроскопических частиц влаги из пор материала в пограничный слой и в ядро турбулентного потока, где они и испаряются.

Теорию объемного испарения капель в пограничном слое, разработанную А. В. Лыковым, подтвердили шведские исследователи, которым удалось сфотографировать процесс испарения капли в пограничном слое. По этой теории имеет место молярное диспергирование субмикроскопических частиц влаги в ламинарном пограничном слое, которое вызвано волнообразным движением в поперечном слое (эффект Папалекси). В случае сушки на инертных телах в фонтанирующем слое главной движущей силой молярного диспергирования выступает избыточное давление в пленке материала вследствие контактного теплообмена. Поперечный поток вещества, который попал в виде пара из пор материала в пограничный слой, частично конденсируется в нем, что приводит к резкому уменьшению объема и нарушению структуры пограничного слоя [2]. Нарушение пограничного слоя поперечным потоком вещества, вызванного градиентом давления в середине материала и процессами конденсации пара и испарения частиц в пограничном слое, приводят к увеличению коэффициента теплообмена. Плотность поперечного потока вещества в пограничном слое (вследствие молярного диспергирования) может быть увеличена путем улучшения теплофизических свойств инертных тел. Движущей силой молярного диспергирования вещества в пограничном слое выступает общий градиент



давления в пленке, которая в свою очередь является функцией количества переданной теплоты или количества выпаренной влаги при контактном теплообмене. Известно, что для нестационарного теплообмена количество передаваемого тепла определяется при одинаковых режимных параметрах процесса критериями F_0 и Vi . При одинаковом времени нагрева и охлаждения количество передаваемого тепла определяется температурной проводимостью и теплопроводностью инертных тел. Таким образом, критерий, учитывающий влияние молярного диспергирования частиц в пограничном слое в уравнении теплообмена для процесса сушки на инертных телах в фонтанирующем слое, является функцией теплофизических свойств инертных тел.

Рассматривая механизм, контактного теплообмена между пастообразной послеспиртовой бардой и инертными телами, следует отметить, что контактный теплообмен может значительно ускорить процесс, поскольку он влияет на внешнее обстоятельство обтекания тел в связи с изменением структуры ламинарного пограничного слоя и на выравнивание температурных полей внутри пленки. Во время сушки послеспиртовой зерновой барды на инертных телах на обтекаемом сушильном агенте поверхности высыхающей пленки происходит непрерывное качественное изменение механических свойств пленки с изменением ее влагосодержания. При сушке пастообразной послеспиртовой зерновой барды происходит постоянное столкновение инертных тел, которое приводит к непрерывному разрушению поверхности сухой корки плотно-хрупкого материала, образованной во время процесса. В плотно-пластическом состоянии стирания с поверхности инертных тел не может быть значительным, поскольку силы сцепления отдельных твердых частиц между собой, обусловленные наличием водных пленок между соприкасающимися твердыми частицами, которые достаточно большие. Поэтому при соприкосновении инертных тел в таком состоянии происходит пластическая деформация пленки, но не ее истирание. При переходе материала в плотно-хрупкое состояние, когда прочность каркаса из твердых частиц определяется только силами сцепления



между твердыми частицами при отсутствии водяных пленок, истиранию превращается в фактор, который лимитирует скорость процесса.

Учитывая вышеприведенное, относительно последовательности преобразования плотно-пластического состояния материала в плотно-хрупкий в процессе сушки послеспиртовой барды на инертных телах, этот процесс может быть разделен условно на две стадии:

- стадия, которая определяется кинетикой сушки;
- стадия, которая определяется кинетикой истиранию сухой хрупкой пленки барды с поверхности инертных тел.

В зависимости от свойств высушиваемого материала на инертных телах та или иная стадия может быть лимитирующей и определять ход процесса. Так, когда лимитирующей стадией будет выступать кинетика истирания (большая механическая прочность пленки), то применение этого метода технически и экономически неприемлемо, поскольку тепловой коэффициент полезного действия сушилки будет уменьшаться вследствие непрерывного нарастания пленки в течение некоторого времени. В случае, если лимитирующей стадией процесса станет стадия сушки (низкая механическая прочность пленки к истиранию) и ход процесса определяется скоростью испарения влаги с поверхности инертных тел, процесс можно рассматривать как процесс конвективной сушки. Применение такого метода сушки послеспиртовой барды технически и экономически возможно.

Таким образом, общая кинетика процесса определяется, кроме кинетики сушки, кинетикой стирания или скоростью восстановления поверхности, что зависит от механической прочности материала к истиранию. Непрерывное разрушение сухой хрупкой пленки материала на поверхности инертного тела приводит к снижению диффузионного сопротивления настолько, что процесс практически протекает только в первом периоде скорости сушки (испарения с поверхности). Поэтому процесс сушки на инертных телах послеспиртовой барды может быть описан системой дифференциальных уравнений для первого



периода сушки в псевдооживленном слое и уравнением, которое учитывает кинетику истиранию

Список литературы

1. Анатазевич, В. И. Сушка пищевых продуктов [Текст]: справ. пос. / В. И. Анатазевич. – М.: ДеЛи, 2000. – 296 с
2. Губа, О. Е. Разработка рациональных способа конвективной сушки для жидких продуктов в диспергированном состоянии и конструкции для его осуществления [Текст] / О. Е. Губа, Ю. А. Максименко, С. А. Терешонков // Пищевая промышленность. – 2010. – № 10. – С. 24–28.
3. Качественные характеристики сухой барды. Характеристика сухой барды и способы ее использования. Состав сухой барды по данным ВНИТИП. – С. 1. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.technology.ru/equip/barda/pr4>: (Дата обращения: 11.03.2021).
4. Новиков В.Б., Зверев С.В. Барда в законе / В.Б. Новиков, С.В. Зверев // Техника и технология. – 2007. – № 2. – С. 20.
5. Технология переработки барды. ООО “СПС-Наладка”: Переработка барды (DDGS, кормовые дрожжи). – М., 2006. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.spbarda.ru/pages/technology> (Дата обращения: 11.03.2021).
6. Abe, T. Thin Layer Infrared Radiation Drying of Rough Rice [Text] / T. Abe, T. M. Afzal // Journal of Agricultural Engineering Research. – 1997. – Vol. 67, Issue 4. – P. 289–297. doi: 10.1006/jaer.1997.0170
7. Doymaz, J. Convective Air Drying Characteristic of Thin Layer Carrots [Text] / J. Doymaz // Journal of Food Engineering. – 2004. – Vol. 61, Issue 3. – P. 359. doi: 10.1016/s0260-8774(03)00142-0
8. Togrul, H. Suitable Drying Model for Infrared Drying of Carrot [Text] / H. Togrul // Journal of Food Engineering. – 2006. – Vol. 77, Issue 3. – P. 610–619. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.07.020
9. Hatamipour, M. S. Shrinkage of Carrots during Drying in an Inert Medium Fluidized Bed [Text] / M. S. Hatamipour, D. Mowla // Journal of Food Engineering. – 2003. – Vol. 55, Issue 3. – P. 247–252. doi: 10.1016/s0260-8774(02)00082-1

