

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУШКИ
ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

(Учебное пособие)

**Иваново
2007**

УДК 631.362:633.1

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУШКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ /О.В. Чагин, Н.Р. Кокина, В.В. Пастин : Иван. хим. - технол. ун-т.:Иваново. 2007. 138 с.

В методических пособиях дан анализ принципа действия, достоинств и недостатков основных существующих и новых перспективных конструкций оборудования для сушки пищевых продуктов и методы их расчета.

Учебное пособие состоит из трех разделов. В первом разделе представлены теоретические основы процесса обезвоживания пищевых продуктов. Выполнен анализ кинетики сушки пищевых материалов. Представлены схемы наиболее часто встречающихся сушилок, используемых в пищевой промышленности.

Во втором разделе представлены методики расчета конвективных, контактных и радиационных сушилок, как наиболее часто используемых в пищевой промышленности.

в третьем разделе рассмотрено основное промышленное оборудование для сушки пищевых продуктов.

Табл.4 . Ил.40. Библиогр.32.

Методические указания предназначены для студентов специальности 17.06.00."Машины и аппараты пищевых производств".

ISBN 5-230-01593-4

С Ивановский государственный
химико0технологический
университет, 2007

1. СУШКА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

1.1. СПОСОБЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Многие виды сырья для пищевых производств содержат значительное количество воды. При протекании технологических процессов нередко происходит увлажнение полупродуктов производства. Однако готовые пищевые продукты для повышения степени сохранности и транспортабельности должны содержать минимальное количество влаги. Поэтому процесс обезвоживания встречается почти во всех пищевых производствах.

Влага из материалов может быть удалена различными способами: механическим, физико-химическим, тепловым (сушка). При механическом удалении влага отжимается в прессах или под действием центробежной силы в центрифугах. Механически удаляется только часть влаги, содержащейся в материале. После механического удаления обычно применяется сушка. Физико-химические способы сушки основаны на применении водоотнимающих средств. На производстве они применения не получили, но используются в лабораторной практике (обезвоживание над серной кислотой или над хлористым кальцием в эксикаторах).

1.2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУШКИ

Сушка как способ удаления влаги из материалов получила наибольшее распространение. Высушиванию подвергаются твердые и жидкие материалы, содержащие воду. Процесс сушки связан с подводом к высушиваемому телу тепла, за счет которого происходит испарение влаги. Для отвода испаряемой влаги применяются сушильные агенты (воздух, перегретый пар, топочные газы), которые насыщаются влагой, диффундирующей с поверхности материала.

Сушка является, с одной стороны, диффузионным процессом, с другой — тепловым. Это сложный технологический процесс, в результате которого изменяются свойства материала.

На рис.1.1 представлена схема сушильного процесса В сушилку *A* поступает влажный материал, который соприкасается с подогретым воздухом, топочными газами или перегретым паром, нагревается, и в результате происходит испарение влаги с поверхности материала. Влага диффундирует в воздух. Последний, следовательно, не только охлаждается, но и увлажняется и, выходя из сушилки, уносит влагу. Из рассмотрения этого процесса вытекает, что сушка—это термический процесс удаления влаги, происходящий вследствие ее испарения и диффузии.

1.3. ЗНАЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Процесс сушки играет громадную роль в различных отраслях народного хозяйства. В Советском Союзе на высушивание затрачивалось ежегодно свыше 3 млн. т топлива. В пищевой промышленности сушка является одним из основных процессов и применяется почти в любом производстве.

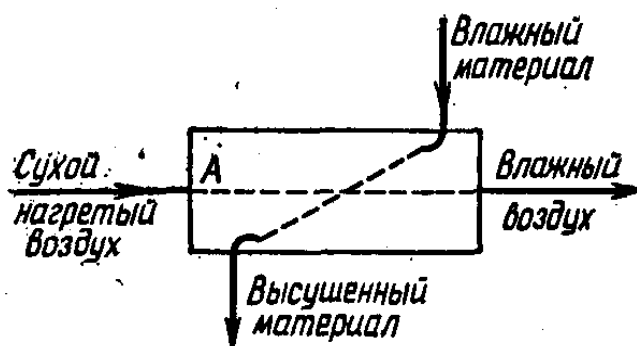


Рис.1.1

Принципиальная схема сушки

В свеклосахарном производстве сушке подвергаются сахар-песок, сахар-рафинад, а также отходы производства - жом. В спиртовом производстве высушиваются отходы производства: барда, пищевые и кормовые дрожжи. Большую роль играет сушка в пивоваренном производстве, где сушке подвергается солод, а также отходы производства. В крахмало - паточном производстве высушивают крахмал и отходы

производства. Сушка используется также при получении сгущенного молока, сухих фруктов и овощей и т.п. Хлеб сушат для получения сухарей. В ряде производств сушка является заключительным этапом, определяющим качество готового продукта, как, например, при производстве макарон, пастилы, сухих фруктов.

1.4 ВЛАЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1.4.1. Виды влажных материалов

Влажные материалы могут быть разделены на следующие группы

I. Жидкости, содержащие влагу:

- 1) растворы кристаллоидов;
- 2) коллоидные растворы.

II. Твердые тела, содержащие влагу:

- 1) кристаллические (сахар, поваренная соль и т.п.);
- 2) коллоидно-дисперсные системы.

Последняя группа является наиболее распространенной. Коллоидные тела, подвергаемые сушке, А.В. Лыков предлагает разделить на три группы:

а) эластичные гели, к которым относятся типичные коллоидные тела: желатин, агар-агар, прессованное мучное тесто. При удалении влаги эти тела сжимаются, но сохраняют эластичность;

б) хрупкие гели, к которым относятся тела, которые при удалении влаги становятся хрупкими: древесный уголь, керамические материалы и т.д. В высушенном состоянии они могут быть превращены в порошок;

3) коллоидные капиллярно-пористые тела, к которым относятся такие материалы, как торф, древесина, кожа, зерно, хлеб и т.п. Стенки капилляров

этих тел эластичные, поэтому при сушке происходит усадка. После высушивания эти тела (сухари) становятся хрупкими.

1.4.2. Виды связи влаги с материалом

Классификация форм связи влаги с материалом (по П.А. Ребиндеру). В основу классификации форм связи влаги положена энергия связи. Форма связи играет большую роль в технологии процесса сушки. Связь может быть:

- а) химическая (ионная, молекулярная);
- б) физико-химическая (адсорбционная, осмотическая, структурная);
- в) механическая (влага в капиллярах и макрокапиллярах, влага смачивания).

Наиболее прочным видом связи влаги является химическая. Материалами с химической связью влаги являются, например, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (ионная связь) и $\text{CuSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ (гидратная вода). Для нарушения этой связи сушка недостаточно эффективна, и в этом случае нужно применить прокаливание или химическое воздействие.

Влага, связанная с материалом физико - химически, может быть удалена при помощи сушки. Формы физико-химической связи разнообразны.

Адсорбционно-связанная влага. Адсорбционно-связанная влага удерживается у поверхности раздела коллоидных частиц с окружающей средой. Обладая большой поверхностью, коллоидные структуры имеют большую адсорбционную способность. Адсорбционная влага удерживается молекулярным силовым полем. Прочно связанная с материалом, эта влага называется связанной водой. Связанная вода настолько прочно соединена с коллоидными частицами, что она не участвует в растворении кристаллических веществ, если они добавлены в коллоидный раствор. Адсорбция влаги сопровождается выделением тепла, которое называется теплом гидратации.

Осмотически удержанная и структурная влага. Эта влага отличается от адсорбционной тем, что при присоединении влаги этих видов не выделяется тепло. Эта влага связана с материалом менее прочно, чем адсорбционная. Чтобы уяснить состояние осмотически связанной и структурной влаги, нужно рассмотреть структуру коллоидного тела. Гель состоит из частиц различного размера. Высокомолекулярные частицы нерастворимы в воде, а частицы с малой молекулярной массой растворимы. Высокомолекулярная фракция образует скелет клеток геля, внутри которых находятся в водном растворе частицы с низкомолекулярной массой. Оболочка из высокомолекулярных соединений обладает свойствами полунепроницаемых перегородок. Поэтому внутриклеточная влага удерживается осмотическими силами. Если влага попадает внутрь клеток геля при образовании его, она называется структурной. К этой группе может быть отнесена влага, заключенная в клетках растительных тканей.

Влага, наименее прочно связанная с материалом, удерживаемая механически. Механическая влага содержится в капиллярах тела и на его поверхности. Капилляры пористых тел весьма разнообразны по диаметру. Микрокапиллярами называются капилляры, средний радиус которых меньше 10^{-5} см. Макрокапилляры имеют средний радиус более 10^{-5} см.

Влага, находящаяся на поверхности тела, называется влагой смачивания. Влага смачивания и влага макропор имеет весьма непрочную связь с материалом и может быть удалена механическим способом (отжатием); такая влага называется свободной.

1.4.3. Концентрация влаги

Обычно влага в материале распределена неравномерно. Поэтому различают среднюю концентрацию в материале либо концентрацию в данной точке

Влажностью материала W называется содержание влаги в процентах массы влажного материала:

$$W = (m_{\text{вл}} / m) 100, \quad (1.1)$$

где $m_{\text{вл}}$ — масса воды, кг;

m — общая масса материала, кг.

В ряде случаев более удобно относить влагу к абсолютно сухому веществу. В этом случае влагосодержание материала

$$\xi = m_{\text{вл}} / (m_{\text{вл}} - m_{\text{вл}}).$$

1.4.4. Равновесная влажность

Поместим какой-либо материал в замкнутый сосуд, в которой находится влажный воздух с определенным парциальным давлением водяного пара. В результате взаимодействия влажного воздуха с материалом влага перейдет из материала в воздух либо из воздуха влага перейдет в материал; после этого установится равновесие и переход влаги прекратится.

Влажность материала в этом равновесном состоянии называется равновесной влажностью. Ясно, что равновесная влажность является функцией парциального давления водяного пара при заданной температуре. Меняя в сосуде парциальное давление пара при постоянной температуре, можно получить ряд значений равновесной влажности и построить кривую линию, называемую изотермой сорбции влаги. Практикой установлено, что для большинства материалов равновесная влажность не зависит от температуры, а зависит только от относительной влажности воздуха

1.5.КИНЕТИКА СУШКИ

1.5.1. Влагопроводность и термовлагопроводность

При конвективной сушке влажных материалов влага перемещается в материале по направлению от центра кусков материала к периферии, где материал омывается сушильным агентом (воздухом, топочными газами). Такое перемещение влаги (миграция)—в основном диффузионный процесс, движущей силой которого является разность между концентрациями влаги в различных точках материала. Однако, как мы увидим далее, процесс этот усложняется тепловым воздействием на материал. Рассмотрим первоначально перемещение влаги только под влиянием разности концентраций влаги. Поскольку мы имеем дело с диффузионным процессом, то основное уравнение влагопроводности может быть записано аналогично уравнению Фурье

$$m_w = -K_w F(dc / dx) \tau, \quad (1.2)$$

где m_w — количество влаги, прошедшей через поверхность F за время τ при градиенте концентрации dc/dx ;

K_w — коэффициент, зависящий от характера связи влаги с материалом и от характера материала.

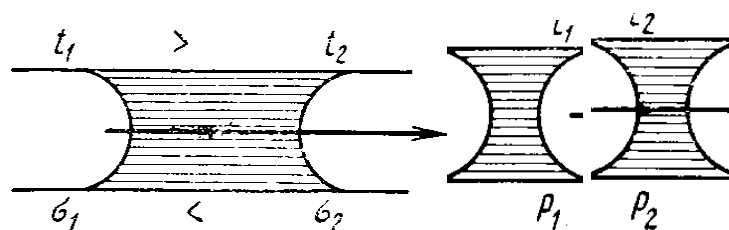


Рис.1.2.

Капиллярные силы и эффект заземленного воздуха

Следует отметить, что влага может перемещаться в материале как в виде жидкости, так и в виде пара, что также зависит от формы связи и от

характера материала.

Осмотическая влага будет мигрировать через стенки клетки в жидком виде. Адсорбционно-связанная влага перемещается в виде пара. При большой влажности материала преобладает миграция влаги в виде жидкости. При малой влажности материала перемещение происходит в основном в виде пара.

В действительности описанная картина процесса осложняется тем, что материал подвергается одновременному воздействию тепла. При этом наряду с концентрационным градиентом имеет место и температурный градиент. Во влажном материале этот градиент оказывает существенное влияние на механизм миграции влаги. Вследствие наличия температурного градиента во влажном материале проявляется действие термовлагопроводности. Экспериментально установлено, что под влиянием температурного градиента во влажных материалах влага перемещается по направлению потока тепла. Можно указать на три основные причины этого явления:

- 1) термодиффузия, т.е. молекулярное движение жидкости или пара;
- 2) уменьшение поверхностного натяжения с повышением температуры; вследствие этого (рис.1.2) в капиллярах пористых тел происходит движение жидкости в сторону меньших температур, т.е. по направлению теплового потока;
- 3) влияние так называемого заземленного воздуха; при нагревании этого воздуха, содержащегося в капиллярах, он расширяется и проталкивает влагу в том направлении, где давления воздуха меньше, т.е. к месту с более низкой температурой; таким образом, и это явление способствует движению влаги по направлению теплового потока.

Общее количество влаги, которое перемещается под действием температурного градиента dt/dx , может быть выражено следующим уравнением:

$$m_t = -K_t F(dt / dx) \tau, (1.3)$$