

**СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОРОШКООБРАЗНЫХ
ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ****SORPTION PROPERTIES OF POWDERED SEMI-FINISHED
PRODUCTS OF VEGETABLE RAW MATERIALS**

Центроев М.В., кандидат технических наук, доцент
Джамалдинова Б.А., кандидат технических наук, доцент
Ушаева И.У., старший преподаватель

Centroev M.V., candidate of technical sciences, associate professor
Dzhamaldinova B.A., candidate of technical sciences, associate professor
Ushaeva I.U., lecturer

Грозненский государственный нефтяной технический университет
им. акад. М.Д. Миллионщикова

Grozny state oil technical university

Многие пищевые продукты и особенно фрукты и ягоды потребляются в свежем виде, однако длительность хранения таких продуктов ограничена. Их высокая пищевая ценность обусловлена удачным сочетанием многих важных в пищевом отношении составных частей. Единственный способ сохранить ценные свойства фруктов и ягод – консервирование. Один из наиболее эффективных методов консервирования – получение фруктово-овощных порошкообразных полуфабрикатов (ПП). Однако из-за высокой гигроскопичности ПП существует проблема сохранности этих полуфабрикатов длительное время. Нами проведены исследования зависимости влажности порошкообразных полуфабрикатов дикорастущих плодов (груши дикорастущей, мушмулы и кизила) при различных значениях относительной влажности воздуха для определения наиболее оптимальных условий хранения ПП и сохранения их качественных характеристик.

Many foods and especially fruits and berries are consumed fresh, however, the shelf life of such foods is limited. Their high nutritional value is due to the successful combination of many important nutritional components. The only way to preserve the valuable properties of fruits and berries - canning. One of the most effective methods of preservation - production of fruit and vegetable powdered semi-finished products (PP). However, due to the high hygroscopicity of PP, there is a problem of preservation of these semi-finished products for a long time. We have conducted studies of the dependence of humidity of powdered semi-finished products of wild fruits (wild pears, medlar and dogwood) at different values of relative humidity to determine the most optimal storage conditions of PP and preserve their quality characteristics.

Ключевые слова: порошкообразные полуфабрикаты (ПП), сорбционные свойства, гигроскопичность, кривые сорбции и десорбции, псевдооживление.

Key words: semi-finished powders (PP), sorption properties, hygroscopicity, sorption and desorption curves, fluidization.

Фрукты и ягоды традиционно применялись в отечественной кондитерской промышленности для производства многих видов изделий. Их высокая пищевая ценность обусловлена удачным сочетанием многих важных в пищевом отношении составных частей, в том числе хорошо усваиваемых углеводов – глюкозы, фруктозы, сахарозы и веществ, имеющих приятный вкус и аромат. Большое значение имеют витамины, а также макро- и микроэлементы, содержащиеся во фруктах и ягодах, часто в значительном количестве, однако длительность их хранения ограничена [2].

Единственный способ сохранить ценные свойства фруктов и ягод – консервирование. Одним из наиболее эффективных методов консервирования является получение фруктово-овощных порошкообразных полуфабрикатов (ПП). Они обладают высокими органолептическими показателями,

характеризуются низкой остаточной влажностью, имеют выраженную кислую среду, высокое содержание сахаров, сохраняют витаминную ценность и имеют повышенное содержание минеральных веществ и клетчатки [1].

Фруктово-овощные порошкообразные полуфабрикаты обладают низкой влажностью, высокой дисперсностью, а следовательно, гигроскопичны.

Они способны не только отдавать влагу в воздух в процессе сушки, но и поглощать влагу из воздуха, когда парциальное давление водяных паров в воздухе больше, чем над поверхностью продукта. Различные продукты при одних и тех же условиях поглощают разное количество влаги, что объясняется различным их строением и химическим составом.

Состояние между продуктом и воздухом (температура воздуха должна быть постоянной), когда суммарный переход влаги из продукта в воздух и обратно в единицу времени равен нулю, называют состоянием равновесной влажности.

Для анализа сорбционных процессов необходимо построить кривые сорбции и десорбции в координатах относительная влажность воздуха – равновесная влажность продукта.

Нами проведены исследования зависимости влажности порошкообразных полуфабрикатов дикорастущих плодов (груши дикорастущей, мушмулы и кизила) при различных значениях относительной влажности воздуха на экспериментальной установке для определения гигроскопических свойств порошкообразных полуфабрикатов (рисунок 1).

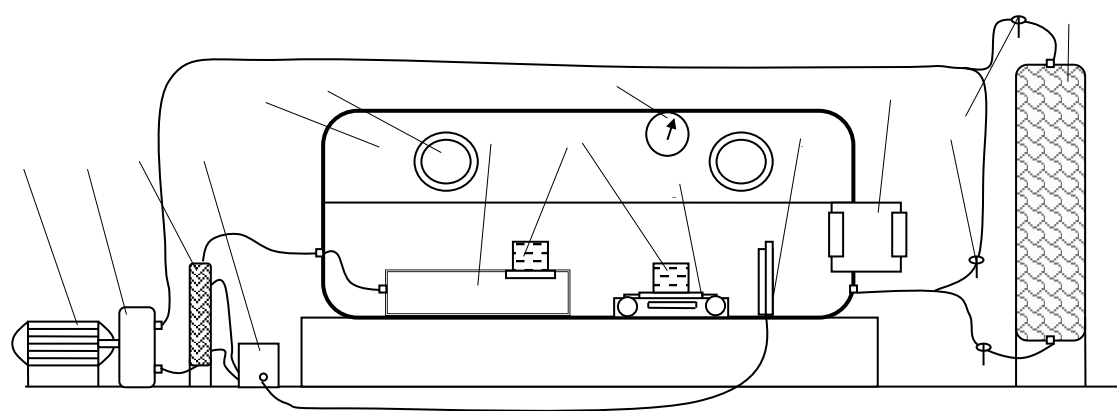


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для исследования гигроскопических свойств порошкообразных полуфабрикатов: 1 – электродвигатель, 2 – мембранный компрессор, 3 – ресивер, 4 – регулятор температуры, 5 – герметичный бокс, 6 – резиновые перчатки, 7 – столик, 8 – бюкса с навеской исследуемого порошка, 9 – гигрометр, 10 – электронные весы, 11 – термометр, 12 – шлюз, 13 – двухходовые краны, 14 – силикагелевая башня

Принцип работы установки основан на том, что сжатый воздух с различным влагосодержанием, создавая псевдооживление порошкообразных материалов, ускоряет процесс сорбции и десорбции влаги с материалом, что позволяет быстро оценить изотермы сорбции и десорбции.

Включается мембранный компрессор 2, электродвигатель 1. Воздух через ресивер 3 поступает в электронагреватель, а затем через систему трубопроводов в герметичный бокс 5. Далее воздух проходит через силикагелевую башню 14, в которой обезвоживается. После установления необходимой температуры воздуха в системе (терморегулятор 4) и влажности (гигрометр 9) установка с помощью двухходовых кранов 13 переключается на цикл работы без силикагелевой башни. Через шлюз 12 внутрь бокса 5 с помощью двух отверстий с резиновыми перчатками 6 на столик 7 закрепляется бюкса с навеской порошка 8 (воздух в системе циркулирует через эту бюксу). Одновременно можно анализировать 8 образцов.

Принцип метода заключён в следующем. Навески порошка около 20 г предварительно высушивали в эксикаторе с концентрированной серной кислотой или воздухом осушенным адсорбентом в псевдооживленном слое до постоянного веса. Далее навески помещали в стаканчики, через которые пропускали воздух с относительной влажностью 15-95%. При каждой величине относительной

влажности и температуре 21-23⁰С проводили взвешивание навесок порошка через каждые 30 минут до установления равновесной влажности порошка при заданной относительной влажности воздуха. Затем на основании полученных данных строились изотермы сорбции влаги [4].

На участке в интервале относительной влажности воздуха от 0 до 35% кривые выпуклостью обращены к оси W_p^c , что характерно для мономолекулярной адсорбции. В этой зоне содержится лишь та влага, которая удерживается химически или силами адсорбции [2]. Она располагается на поверхности частиц порошкообразных полуфабрикатов в виде молекулярного слоя и не обладает свойствами свободной влаги. Причем поглощение ее сопровождается большим выделением тепла адсорбции. Удаление влаги требует большой затраты энергии. Если для порошкообразного полуфабриката из груши дикорастущей при его влажности по отношению к массе сухого вещества 7% для отрыва 1 кг связанной воды от материала необходимо затратить работу $L = 3,1 \cdot 10^5$ Дж/кг, для ПП кизила $L = 4,4 \cdot 10^5$ Дж/кг, то для порошкообразного полуфабриката мушмулы при его влажности 5% необходимо затратить работу $L = 3,5 \cdot 10^5$ Дж/кг.

В зоне молекулярно-адсорбированной влаги, удерживаемой порошкообразными полуфабрикатами дикорастущих плодов, система находится в очень неустойчивом термодинамическом состоянии [3], поэтому она будет стремиться к равновесию, т.е. к самопроизвольному процессу, сопровождающемуся уменьшением внутренней энергии за счет выделения тепла при адсорбции влаги порошкообразным полуфабрикатом. Следовательно, уменьшение внутренней энергии можно связать с выделением энергии, происходящим под действием взаимного притяжения при сближении частиц, образующих вещество.

На участках в интервале изменения относительной влажности от 35 до 80 % кривые обращены выпуклостью к оси φ , что характерно для полимолекулярной адсорбции. Поглощение или удаление влаги также происходит с выделением или затратой тепла, но уже в меньшем количестве.

На участках изотерм в интервале изменения относительной влажности воздуха более 70% в результате возрастания капиллярной конденсации кривые становятся круче по мере приближения к состоянию насыщения. Влага поглощается без выделения тепла и является капиллярносвязанной. Дальнейшее поглощение жидкости происходит за счет заполнения больших пор, и это поглощение будет происходить до $\varphi = 100\%$.

Характер расположения экспериментальных точек позволяет отнести изотермы сорбции порошкообразным полуфабрикатом дикорастущих плодов к сигмоидным или логистическим кривым (рисунок 2), которые могут быть описаны уравнением:

$$\lg \frac{20\varphi}{\lg(100 - \varphi)} = \frac{W_p^c}{a + bW_p^c}, \quad (1)$$

где a, b – коэффициенты.

$$\text{Обозначим} \quad A = \lg \frac{20\varphi}{\lg(100 - \varphi)}, \quad (2)$$

тогда уравнение (1) примет вид

$$A = \frac{W_p^c}{a + bW_p^c}. \quad (3)$$

Уравнение (3) является уравнением прямой, в которой a – отрезок, отсекаемый этой прямой на оси ординат, а b – тангенс угла наклона к оси абсцисс. Подставив в уравнение (2) значение φ , получим соответствующие им значения A .

Найдя $\frac{W_p^c}{A}$, нетрудно определить значения a и b .

В результате получены уравнения для изотерм сорбции порошкообразным полуфабрикатом дикорастущих плодов:

1. мушмулы:

$$\lg \frac{20\varphi}{\lg(100-\varphi)} = \frac{W_p^c}{1,146 + 0,2262W_p^c}; \quad (4)$$

2. груши дикорастущей:

$$\lg \frac{20\varphi}{\lg(100-\varphi)} = \frac{W_p^c}{2,002 + 0,14W_p^c}; \quad (5)$$

3. кизила:

$$\lg \frac{20\varphi}{\lg(100-\varphi)} = \frac{W_p^c}{3,548 + 0,018W_p^c}. \quad (6)$$

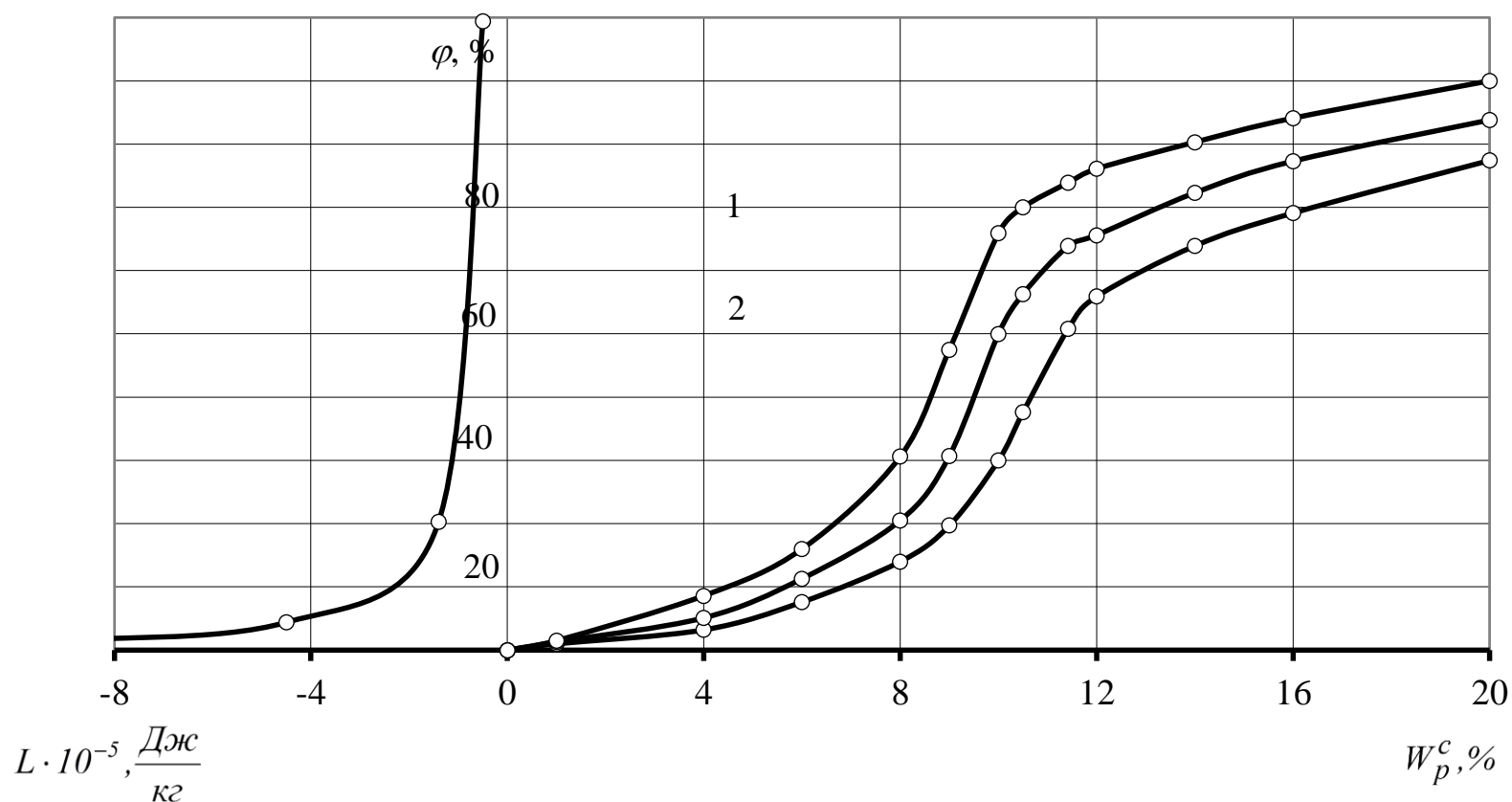


Рисунок 2 – Номограмма для определения энергии связи

по изотермам сорбции влаги порошкообразными

полуфабрикатами дикорастущих плодов.

Данные уравнения справедливы при изменении относительной влажности воздуха φ от 0 до 100% и температуре $t = 21-23^{\circ}\text{C}$.

Изотермы сорбции и десорбции имеют важное значение не только для проведения процессов сушки, но и при последующем хранении высушенных продуктов. Чтобы получить продукты после сушки с заданной относительной влажностью, необходимо иметь кривые сорбции для данного продукта. Это позволяет установить относительную влажность воздуха, в сушилке устанавливается заданное равновесное влагосодержание в продукте [5].

Библиографический список

1. Джамалдинова, Б.А. Получение и применение порошкообразных полуфабрикатов дикорастущего сырья для обогащения кондитерских изделий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Джамалдинова Бирлант Абдулаевна. – Воронеж, 2007. – 23 с.
2. Воскобойников, В.А. Сушеные овощи и фрукты / В.А. Воскобойников, В.Н. Гуляев, З.А. Кац,

- О.А. Попов. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 190 с.
3. Магомедов, Г. Научные основы порошковой технологии пищевых продуктов: автореф. дис. ... доктора техн. наук: 05.18.12, 05.18.01 / Магомедов Газибег. – Воронеж, 1996. – С. 23.
 4. Фалькович, Б.А. Полуфабрикаты лекарственных трав в производстве кондитерских изделий / Г.О. Магомедов, Т.Н. Мирошникова, А.Я. Олейникова [и др.]. – Воронеж: ВГТА, 2001. – 112 с.
 5. Щеглов, Н.Г. Основы технологии сушки / Н.Г. Щеглов. – Пятигорск, 2006. – 197 с.