



## РАСЧЕТ ВЛАЖНОСТИ ПЮРЕ КОРНЕПЛОДОВ

Абдуллаев  
А.Ш., Нурмухамедов  
Х.С., Усманов Б.С.

### Annotasiya

В статье приведены сведения о экспериментальных исследованиях, которые позволяют определить ряд закономерностей протекания процесса измельчения материалов со сбросом давления. На основе экспериментальных данных построен график зависимости относительной влажности  $\varphi$  от давления острого пара. Выведена расчетная формула для определения  $\varphi$  обобщением экспериментальных данных по влагоудалению при измельчении очищенной мякоти топинамбура методом мгновенного сброса давления.

**Kalit so'z** измельчения материалов, давления, график, относительная влажность, острый пар, формула, топинамбур.

В различных отраслях экономики страны и технологиях широко начали применять процессы для получения готового продукта или полуфабриката путем резкого изменения давления среды, в которой помещен исходный объект. Переработке зачастую подвергаются как твердые, так и жидкие материалы [1,2].

В зависимости от поставленной задачи и перерабатываемого объекта переработки, эффект сброса давления обеспечивает либо сушку [3], либо измельчение [4], либо упрочнение [5] материала, с помощью максимального использования эффекта от интенсивного молярного переноса пара. Материал прогревается под давлением, которое затем снижается. За счет аккумулированного тепла во всей массе тела происходит бурное вскипание влаги – парообразование. Регулируя процесс вскипания, можно добиться либо того чтобы этот процесс производил разрушение или видоизменение структуры и свойств материала [6].

Затем, на основании обширных данных в этой области, была разработана полупромышленная установка для получения древесного волокна, являющегося

исходным сырьем в производстве древесноволокнистых плит [7]. В так называемой пушке древесная щепа измельчается вследствие резкого изменения давления пара [8].

Экспериментальные исследования, позволившие определить ряд закономерностей протекания процесса измельчения материалов со сбросом давления предопределили его внедрение и использование в таких отраслях промышленности как, химическая и пищевая [1,9,10]. Данный метод также нашел применение при организации процесса получения желатина и клея из размельченных костей без предварительной обработки [1]. Физической основой этого метода является эффект интенсивного молярного переноса пара, наблюдающегося после предварительного прогрева влажного материала под давлением и последующего быстрого его снижения [6]. В момент сброса давления во всем объеме тела происходит бурное вскипание влаги, в результате чего между центром и поверхностью образца создается перепад давления, способствующий формированию направленного к поверхности частицы потока в виде пара и жидкости.

Снижение прочностных энергетических связей влаги с материалом, разрушение структуры тела и ряд химических изменений обуславливают освобождение части связанной влаги и ослабляют ее контакт со стенками капилляров [11]. Интенсивность кипения влаги при сбросе давления находится в зависимости от температуры и влагосодержания образца и возрастает с их увеличением.

Опыты показывают, что в качестве одного из факторов, определяющих размер, получаемых в результате измельчения сбросом давления частиц, выступает начальная температура материала. Процесс парообразования наиболее интенсивен при температуре 100°C и существенное избыточное давление внутри влажного тела образуется при интенсивных, высокотемпературных режимах [5]. Максимальное давление возникает в центре влажного тела. Величина начального давления определяет глубину термообработки материала, а также количество аккумулированного телом тепла. Повышение температуры тела облегчает переход влаги в свободное состояние, и при сбросе давления достигается более низкое влагосодержание.

Рост начального влагосодержания материала также приводит к возрастанию содержания в образце свободной влаги, что ведет к повышению образующегося при сбросе давления градиента избыточного давления. Градиенты температуры, влажности и давления действуют в одном направлении, вызывая перемещение влаги изнутри материала, приводя к ее удалению.

Обычно обезвоживание при одинаковых давлениях определяется видом материала, то есть в конечном счете его коллоидной и капиллярно-пористой структурой [6]. Согласно исследованиям, проведенным рядом авторов [5], сброс давления позволяет снизить содержание влаги в несколько раз по сравнению с начальным в зависимости от структуры и свойств материала. Интенсивность обезвоживания материала существенно зависит от темпа сброса давления [6].

Анализ состояния вопроса показал, что применение сброса давления для измельчения материала позволяет получать конечный продукт различной дисперсности при изменении величины перепада давления [4].

В работе Шангареева Г.Ю. доказано, что использование метода сброса давления особенно эффективно для измельчения твердых коллоидных капиллярно-пористых материалов, легко насыщаемых влагой и претерпевающих структурные изменения под ее воздействием, что в дальнейшем облегчает процесс их измельчения [5].

Вначале исходный материал нагревается, который осуществляется в герметичном аппарате при помощи насыщенного водяного пара при определенном давлении и температуре. Гидротермическая обработка материала вызывает ослабление его структуры. При этом прочность материала снижается, что влияет на уменьшение энергозатрат при его размоле [8].

Механизм переноса тепла и массы для капиллярно-пористых тел имеет свои специфические особенности, обусловленные структурой материала и характером связи распределаемой фазы со скелетом тела. Вследствие разности температур материала и окружающей его среды, на поверхности материала происходит конденсация пара в виде пленки жидкости. Движение влаги в капиллярах материала носит ламинарный характер, имеющий место при наличии градиента общего давления, который, в свою очередь, возникает при больших градиентах температуры внутри тела.

Последовательный и одинаковый прирост влагосодержания материала при пропарке объясняется проникновением жидкой фазы в его микро капиллярную систему, насыщением влагой пор в стенках капилляров, а также имеющихся трещин и пустот. В процессе пропаривания материала необходимо добиться того, чтобы весь его объем приобрел необходимую температуру и влагосодержание. Данные параметры являются начальными для второй стадии процесса, когда осуществляется измельчение материала за счет сброса давления. При этом пар отводится либо в атмосферу, либо в аккумулируемый объем, а давление в аппарате приобретает некоторое конечное значение.

Мгновенный сброс давления приводит к тому, что в материале вскипает содержащаяся в нем влага, что ведет к увеличению количества образующейся паровой фазы. В слое материала, расположенному между капиллярами, поток перемещается в сторону поникающегося давления, т.е. к стенкам открытых капилляров и к поверхности частицы, вызывая при этом смещение слоев материала. Вследствие испарения жидкой фазы, в теле возникает градиент влажности, под действием которого влага перемещается от центра тела к поверхности.

Специфическое строение твердых коллоидных капиллярно-пористых материалов положительно влияет на эффективность измельчения методом мгновенного сброса давления вследствие снижения их прочностных показателей на стадии нагрева и увлажнения.

Разработка безотходных, энерго- и ресурсосберегающих технологий и широкое использование при переработке растительного сырья является одним из

важнейших направлений повышения эффективности процессов в пищевой промышленности.

Необходимо подчеркнуть то, что во всех существующих технологиях переработки корне- и клубнеплодов присутствуют следующие технологические процессы: очистка от органических примесей, калибровка, мойка и очистка от кожицы. В данных технологиях процесс очистки в основном осуществляется механическим и паровым способами. Первый способ сильно зависит от размеров клубней, степени загрязненности, от глубины залегания глазков и имеет значительные потери сырья. Второй способ не ограничивается только паровой обработкой, а для снятия кожицы клубней необходим еще один технологический процесс в виде смывания струей жидкости или гидроклассификация.

Из обзора литературных источников видно, что имеется множество способов и методов для очистки сырья и приготовления из него пюре. Однако, значительное количество технических решений не нашли применения в промышленности из-за сложности и нетехнологичности изготовления, больших потерь сырья и энергетических затрат.

Построенные график на основе экспериментальных данных в виде функции  $\varphi=f(P/P_0)$  показывает, что увеличение относительного давления водяного пара способствует повышению удалению влаги (рис.1), т.е., снижению временного сброса давления из аппарата также ведет к интенсификации процесса удаления влаги из объекта переработки например, при времени сброса давления  $\tau=0,05$  с исходной влажности мякоти  $U=62\%$  при  $P/P_0=3,2$  остаточная влажность пюре  $\varphi=0,42$  при  $P/P_0=4$  значения  $\varphi=0,38$  и при  $P/P_0=6$  величина  $\varphi=0,36$ . Рост давления острого пара с 3,2 до 6 приводит к интенсификации процесса почти в 1,17 раза. Снижение времени сброса давления с  $\tau=0,05$  до  $\tau=0,007$  с резко увеличивается интенсивность процесса влагоудаления. Так, при  $P/P_0=6$  при  $\tau=0,05$  с и  $U=67\%$  остаточная влажность пюре составляет  $\varphi=0,44$ , а снижение времени сброса до  $\tau=0,007$  с приводит к росту влагоудаления и остаточная относительная влажность пюре составляло  $\varphi=0,24$ , т.е., интенсификации процесса в 1,8 раз.

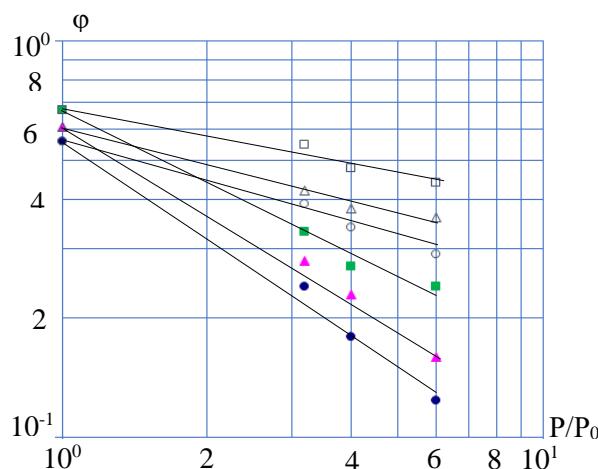


Рис.1. Зависимость относительной влажности  $\varphi$  от давления

острого пара  $P/P_0$  при измельчении топинамбура методом мгновенного сброса давления.

$\tau=0,05$  с: ○ -  $\varphi_{\text{исх.}}=0,56$ , △ -  $\varphi_{\text{исх.}}=0,62$ , □ -  $\varphi_{\text{исх.}}=0,67$ ;

$\tau=0,007$  с: ● -  $\varphi_{\text{исх.}}=0,54$ , ▲ -  $\varphi_{\text{исх.}}=0,61$ , ■ -  $\varphi_{\text{исх.}}=0,67$ .

Обобщение экспериментальных данных по влагоудалению при измельчении очищенной мякоти топинамбура методом мгновенного сброса давления позволило вывести следующую расчетную формулу:

$$\varphi = 0,00095 \cdot \left( \frac{P}{P_0} \right)^{-0,5} \cdot w^{1,4} \cdot \tau^{-0,16} \quad (1)$$

где параметры изменяются в следующих пределах: исходная влажность  $U=56-67\%$ ;  $P/P_0=1-6$ ; время сброса давления  $\tau=0,05-0,007$  с.

Формула (1) справедлива в вышеуказанном интервале изменения режимных параметров и её погрешность не превышает  $\pm 12,2\%$  (рис.2).

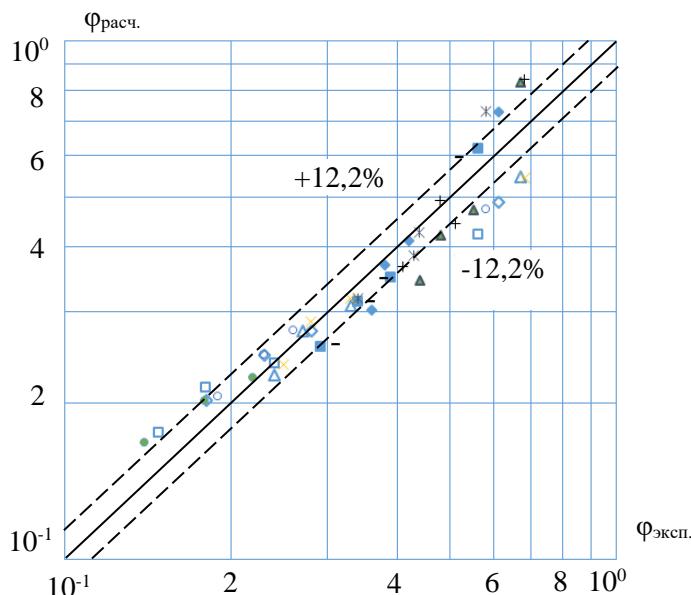


Рис.2. Сопоставление экспериментальных данных  $\varphi_{\text{эксп.}}$

с расчетными  $\varphi_{\text{расч.}}$  по влагоудалению при получении пюре топинамбура.

$\tau = 0,07$  с: □ -  $w=56\%$ , ◇ -  $w=62\%$ , △ -  $w=67\%$ ,

$\tau = 0,005$  с: ■ -  $w=54,3\%$ , ◆ -  $w=61\%$ , ▲ -  $w=67\%$ ,

Несмотря на то, что водяной пар используется однократно, то после измельчения мякоти выбрасывается в атмосферу в виде капелек воды, эффективность метода мгновенного сброса давления высока. Это объясняется тем, что водяной пар выполняет две работы в одном процессе, т.е., полное пропаривание сырой мякоти плюс измельчение, а также частичная подсушка или влагоудаление.

### Список литературы.

1. Textural and ultrastructural changes in carrot tissue as affected by blanching and freezing / Roy S.S., Taylor T.A., Kramer H.L. // Journal Food Science, 2001. – v.66.-№1. - p.176-180.
2. Patent France №2445114, МКР<sup>8</sup> A23N 7/00, A23N 7/02, A47J 27/16. Appareil pour l'epluchage ou la cuisson a vapeur / Goudshe mashine fabriek. – опубл. 2005, Б.И.№21. - sh.4. - fig.1.
3. Патент РФ №2197156, МПК<sup>7</sup> A23N 7/02, A47J 17/00. Устройство для очистки от кожуры картофеля, овощей и плодов / Коротков А.П. опубл. 27.01.2003, Б.И. №2. – ил.3. – с.2.
4. Абдуллаев А.Ш., Нурмухамедов Х.С., Зуфаров Р.Н. Термическая обработка деформирующихся материалов при наложении «взрывного» эффекта // Узбекский химический журнал, 1999. - №3. – с.58-64.
5. Заявка на патент России №2003102352/12. Устройство для очистки от кожуры картофеля, овощей и плодов / Оленев В.Т. - опубл. 28.03.2005, Б.И.№21. - ил.5.- с.7.
6. Абдуллаева С.Ш., Абдуллаев А.Ш., Абдурахимова А.У., Нурмухамедов Х.С. Интенсификация процесса очистки некоторых корнеплодов // Монография.-Ташкент-2013, Фан ва технологиялар.-127 с.
7. Patent USA №3177912, МКП<sup>7</sup> A23L 1/00, A23N 7/00. Pear peeling process / Haller Belmont L. - опубл. 2005, Б.И. №21. – 11 р.
8. Патент РФ №2154390, МКП<sup>7</sup> A23N 7/02, A23N 7/04. Способ переработки картофеля и плодовоовощной продукции / Коробицын Р.И., Абрамов А.Ф. - опубл. 20.05.2000, Б.И. №23.– 6 с.
9. Способ гидродинамического разрушения твердых пористых материалов: А.С. 1384335 СССР / В.В. Косинский, Л.Ю. Максимов, О.И. Быков и др. - №41347844/29-33; Заявл. 15.10.86 // Открытия. Изобретения. – 1988. - №12. – С.27.
10. Способ обработки влажных материалов: А.С. 763016 СССР / В.В. Анисимов, Ф.А. Парсиа, В.Н. Алтухов. - №4800689/26; Заявл. 15.05.90 // Открытия. Изобретения. – 1992. - №42. – С. 32.
11. Патент РФ №2013070, МКП<sup>5</sup> A23N 15/08. Машина для очистки корнеплодов от кожуры / Максимов В.Н.- опубл. 30.05.1994, Б.И. №14— ил.2.-с.4.