

УДК 664.83.002.5

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА РАЗМЕРНОСТЕЙ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА МОЙКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Всеволодов Александр Николаевич к.т.н., ст. преподаватель

Одесская национальная академия пищевых технологий

Vsevolodov A.

Odessa academy of food technologies

Аннотация: в статье доказано, что основным видом загрязнений на корнеплодах является почва. Почва как, физическое тело, имеет определенные характеристики, а именно: влажность, плотность, пористость, липкость и некоторые другие. Высказан предположение, что на проведение технологического процесса мойки сырья наибольшее влияние имеют: липкость, которая характеризуется адгезией и когезией загрязнения, влажность загрязнения и его плотность. Для описания технологического процесса мойки корнеплодов использован метод анализа размерностей теории подобия. Определены входные и выходные параметры, составлена параметрическая модель процесса мойки и получено критериальное уравнение в числах подобия. Определив экспериментально производительность по загрязнениям G_0 (в стоячей воде), усилие отрыва загрязнений от поверхности сырья F , варьируя размер загрязнения D и диапазон скорости потока воды V , можно определить число Ne и затем производительность G (в потоке воды).

Ключевые слова: влажность, плотность, пористость, липкость, адгезия, когезия, критериальные уравнения, числа подобия.

На поверхности растительного сырья могут находиться различные загрязнения, которые подлежат обязательному удалению перед использованием его для изготовления продуктов питания. Эти загрязнения могут быть минерального (почва), органического (сок повреждённого сырья), химического и комбинированного происхождения. Главным источником бактериальной обсеменённости большинства видов овощей является почва. В 1 г почвы содержится 10^8 бактериальных клеток, из них 10^6 часто бывают в споровой форме. На поверхность овощей из почвы чаще всего попадают аэробные и факультативно анаэробные микроорганизмы из группы мезофильных бацилл *Bac. Subtilis*, *Bac. Mesentericus*, но могут попадать и облигатно анаэробные бактерии из рода *Clostridium*. Наибольшую опасность для консервного производства представляют мезофильные Клостридии *Cl. perfringens* и *Cl. botulinum*, вызывающие пищевые отравления. Первый из них широко распространен в природе. Согласно [1] допустимое количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ) в 1 г/см^3 , колониеобразующих единиц (КОЕ) составляет 5×10^4 [1]. Таким образом, при проведении технологического процесса мойки, основной задачей является удаление почвенных загрязнений с поверхности растительного сырья. Однако почвенные загрязнения имеют определённые характеристики, а именно: влажность, плотность, липкость, пористость, минералогический состав и т.д. Липкость [2,3], определяется адгезионно-когезионным взаимодействием поверхности растительного сырья и загрязнения (характеризуется адгезией) и самих почвенных загрязнений между собой (характеризуется когезией). На вопрос адгезионно-когезионного взаимодействия поверхности растительного сырья и почвенного загрязнения при проведении технологического процесса мойки наука должного внимания не обращала. Рассматривались

только вопросы адгезионного взаимодействия рабочих органов сельскохозяйственной техники с почвой. Как известно из практики и литературы [4], мойка растительного сырья от почвенных загрязнений на первом этапе представляет собой процесс набухания загрязнений. Дальнейшее набухание загрязнений приводит к уменьшению адгезионно-когезионного взаимодействия сырья и загрязнения, что связано с падением структурной прочности загрязнений вследствие увеличения ионно-электростатического отталкивания слоёв и практически полного исчезновения капиллярной составляющей. Адгезия почвенных загрязнений текучей консистенции мала и определяется когезией почвенной суспензии. В дальнейшем, на втором этапе, удаление загрязнений происходит благодаря взаимным контактам сырья и действию потока воды, характеризующегося размывной скоростью. На третьем, завершающем этапе, происходит ополаскивание сырья чистой водой в соответствии с требованиями [5]. Анализ литературных источников показывает, что обоснование такого важного параметра как время отмочки, в зависимости от вида загрязнений, и их влажности, отсутствует. В связи с этим возникает необходимость исследования способа интенсификации процесса отмочки, либо более активного ополаскивания при выходе сырья из машины, либо определение степени «силового» воздействия на загрязнения растительного сырья в процессе мойки.

Очевидно, что для описания процесса мойки целесообразно использовать теорию подобия, которая даёт возможность существенно сократить число переменных влияющих на процесс. Сокращение числа переменных значительно упрощает проведение экспериментов и обобщение результатов экспериментов и численных решений. Применим метод анализа размерностей для описания процесса мойки растительного сырья. Составляем параметрическую модель (рис. 1). На производительность по загрязнениям G кг/с, влияет: скорость потока воды - V , м/с; плотность жидкости - ρ , кг/м³; усилие отрыва необходимое для преодоления сил адгезии F , Н; определяющий размер загрязнения D , м.

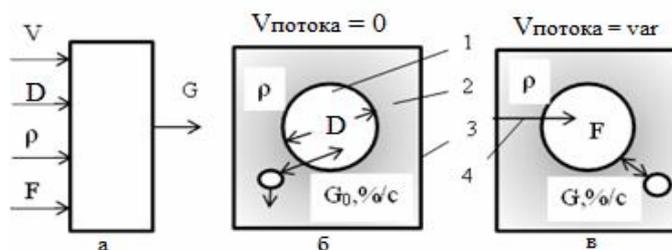


Рис. 1. Схема процесса мойки: а) параметрическая, б) при отсутствии потока, в) в потоке: 1 – загрязнение, 2 – среда (вода), 3 – ёмкость, 4 – вектор направления потока, 5 – частица загрязнения

В данном случае надёжным способом получения структур критериальных уравнений является метод анализа размерностей [6]. На основе его общих принципов устанавливаем вид критериального уравнения для расчета производительности G . Допустим, V , D , ρ , F имеют неизвестные показатели степени k_1 , k_2 , k_3 , k_4 , и запишем:

$$G = V^{k_1} \cdot D^{k_2} \cdot \rho^{k_3} \cdot F^{k_4} \quad (1)$$

Все эти параметры состоят из трёх основных размерностей: диаметра (D), времени (t), массы (M).

Размерности параметров, входящих в уравнение (1), известны, его можно записать в виде:

$$(M \cdot t^{-1}) = (D \cdot t^{-1})^{k_1} \cdot (D)^{k_2} \cdot (M \cdot D^{-3})^{k_3} \cdot (M \cdot D \cdot t^{-2})^{k_4} \quad (2)$$

Таблица 1

Список параметров

Параметр	Символ	Размерность
Производительность	G	$M \cdot t^{-1}$
Определяющий размер	D	L
Скорость	V	$L \cdot t^{-1}$
Плотность	ρ	$M \cdot L^{-3}$
Сила	F	$M \cdot L \cdot t^{-2}$

Условия безразмерности данного выражения выводятся непосредственно из строки в размерной матрице.

Таблица 2

Размерная матрица

	V	D	ρ	F	Уравнение
M	0	0	k_3	k_4	$k_3+k_4=1$
t	$-k_1$	0	0	$-2k_4$	$-k_1-2k_4=-1$
L	k_1	k_2	$-3k_3$	k_4	$k_1+k_2-3k_3+k_4=0$

Решаем в символьном виде систему уравнений таблицы 2.5, подставляем в уравнение (1). Группируя отдельные величины, получаем критериальное уравнение вида:

$$\frac{G}{(V \cdot D^2 \cdot \rho)} = \left(\frac{1}{V^2 \cdot D^2 \cdot \rho} \cdot F \right)^{k_4} \quad (3)$$

Или:

$$\frac{G}{G_0} = A \cdot Ne^b, \quad (4)$$

Или:

$$\frac{G}{G_0} = f(Ne), \quad (5)$$

где, $\frac{G}{G_0}$ - безразмерная производительность по количеству удалённых загрязнений,

G – производительность, при скорости потока: $V = var$,

G_0 – производительность при скорости потока: $V = 0$

Ne – число Ньютона модифицированное

A, b – константы.

Число Ньютона (Ne или Nt) — критерий подобия в механике, выражающий отношение работы внешних сил к кинетической энергии тела. Этот критерий также известен как силовое число или число мощности.

Число Ньютона можно определить двумя способами. Для твёрдого тела:

$$Ne = \frac{F \cdot t^2}{m \cdot D}, \quad (6)$$

Для сплошной среды:

$$Ne = \frac{F}{\rho \cdot D^2 \cdot V^2}, \quad (7)$$

где, m – масса тела, кг

ρ – его плотность, кг/м³

F – внешняя сила, Н

D – определяющий размер, м

V – скорость, м/с

В нашем случае применяем модифицированный критерий Ньютона, в виде:

$$Ne = \frac{\rho \cdot D^2 \cdot V^2}{F}, \quad (8)$$

то есть выражение (8) представляет собой отношение кинетической энергии потока к силе необходимой для преодоления адгезии.

Согласно π -теореме получено 2 безразмерных комплекса (5 переменных, 3 основных размерности):

$$\pi = a - e = 5 - 3 = 2 \quad (9)$$

Неизвестные коэффициенты «А» и «в» в уравнении (4) необходимо определить после обобщения экспериментальных данных.

Или окончательно:

$$\frac{G}{G_0} = f\left(\frac{\rho \cdot D^2 \cdot V^2}{F}\right), \quad (10)$$

Определив экспериментально производительность по загрязнениям G_0 (в стоячей воде), усилие отрыва загрязнений от поверхности сырья F , варьируя размер загрязнения D диапазон скорости потока воды V , определяем число Ne и затем производительность G (в потоке воды).

Список літератури

1. Про порядок санітарно-технічного контролю консервів на виробничих підприємствах, оптових базах, в роздрібній торгівлі та на підприємствах громадського харчування – Офіц. вид. – К.: М-во охорони здоров'я України, 2001. – 91 с. – (Нормат. док. М-ва охорони здоров'я України. Інструкція).
2. Грунтоведение / В.Т. Трофимов, В.А. Корольов, Е.А. Вознесенский и др.; под ред. проф. В.Т. Трофимова. – [6-е изд.]. – М.: МГУ, 2005. – 1024 с.
3. Гольдштейн, М.Н. Механические свойства грунтов / М.Н. Гольдштейн. – [2-е изд.]. – М.: Изд-во лит. по стр-4. Технологическое оборудование консервных заводов: учеб. / М.С. Аминов, М.Я. Дикис, А.Н. Мальский, А.К. Гладушняк. – М.: Агропромиздат, 1986. – 319 с.
5. Государственные санитарные нормы и правила «Гигиенические требования к питьевой воде, потребляемой человеком» [Электронный ресурс]: ГСанПиН 2.2.4-171-10. – [Введ. с 2010-01-06.]. – 48 с. – (Министерство здравоохранения Украины) – Режим доступа: <<http://omegaltd.com/ua/article/180.php>>.
6. Бурдо, О.Г. Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах: учеб. / О.Г. Бурдо, Л.Г. Калинин. – О.: Друк, 2008. – 348 с.

References

1. Pro porjadok sanitarno-ehnichnogo kontrolju konserviv na vyrobnychyh pidpryjemstvah, optovoyh bazah, v rozdribnij torgivli ta napidpryjemstvah gromads'kogo harchuvannja – Ofic. vyd. – K.: M-vo ohorony zdorov'ja Ukrainy, 2001. – 91s. – (Normat. dok. M-va ohorony zdorov'ja Ukrainy. Instrukcija).
2. Trofimov V.T., Korolyov V.A., Voznesensky E.A., (2005), Soil science [Gruntovedenie], Moscow, 1024p.

3. Gol'dshtein, M.N. (1971), *Mechanical features of soil* [Mekhanicheskie svoistva gruntov], Moscow, 367p.
4. *Tehnologicheskoe oborudovanye konservnuh zavodov: ucheb.* / M.S. Amynov, M.Ja. Dykys, A.N. Mal'skyj, A.K. Gladushnjak. – M.: Agropromyzzdat, 1986. – 319 s.
5. *Gosudarstvennue sanytarnue normy u pravyla «Gygyenycheskye trebovaniya k pyt'evojevode, potrebljaemoj chelovekom»* [Elektronnij resurs]: GCanPyN 2.2.4-171-10. – [Vved. s 2010-01-06.]. – 48s. – (Mynysterstvo zdavoohranenija Ukrainu) – Rezhym dostupa: <<http://omegald.com/ua/article/180.php>>.
6. Burdo, O.G. *Prykladnoe modelyrovanye processov perenosa v tehnologicheskylh systemah: ucheb.* / O.G. Burdo, L.G. Kalynyn. – O.: Druk, 2008. – 348 s.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ РОЗМІРНОСТЕЙ ДЛЯ ОПИСУ ПРОЦЕСУ МИЙКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Анотація: в статті доведено, що основним різновидом забруднень на коренеплодах є ґрунт. Ґрунт як речовина, має певні характеристики, а саме: вологість, щільність, пористість, липкість та деякі інші. Висловлено припущення, що на проведення технологічного процесу миття сировини найбільший вплив мають: липкість, яка характеризується адгезією і когезією забруднення, вологість забруднення та його щільність. Для опису технологічного процесу миття коренеплодів використаний метод аналізу розмірностей теорії подібності. Визначено вхідні і вихідні параметри, складена параметрична модель процесу миття і отримано критеріальне рівняння у числах подібності. Визначивши експериментально продуктивність по забруднень G_0 (в стоячій воді), зусилля відриву забруднень від поверхні сировини F , варіюючи розмір забруднення D і діапазон швидкості потоку води V , можна визначити число Ne і потім продуктивність G (в потоці води).

Ключові слова: вологість, щільність, пористість, липкість, адгезія, когезія, критеріальне рівняння, числа подібності.

APPLICATION OF A METHOD OF THE ANALYSIS OF DIMENSIONS FOR THE DESCRIPTION OF PROCESS OF WASHING OF VEGETATIVE RAW MATERIALS

Summari: this article proves that the soil is the principal kind of contaminations observed on root crops. As any material, the soil has certain characteristics, namely: humidity, density, porosity, stickiness and some other. It is assumed that the technological process of washing of raw materials is mostly influenced by the following factors: stickiness (being characterized by adhesion and contamination cohesion), humidity of contamination and its density. The method of the analysis of dimensions of the theory of similarity is applied in order to describe the technological process of washing of rootcrops. The entry and output parameters are defined, the parametrical model of process of washing is compounded, the criteria equation in figures similarity is obtained. When the contamination productivity G_0 (instagnantwater) & effort of break-off of contamination from a surface of raw materials F are experimentally defined, and the dimension of contamination D & a water speeds range V are varied, it is possible to define primarily the Ne figure and then the productivity G (in water stream).

Keywords: humidity, density, porosity, stickiness, adhesion, cohesion, similarities, criteria equations, similarity numbers.