

ОТДЕЛЕНИЕ ШЕЛУХИ ОЧИЩЕННОГО ФУНДУКА ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ

SHELLING OF HAZELNUT HUSK BY AIR STREAM

Алиева Р.Г. — диссертант

Азербайджанский Государственный Аграрный Университет
Азербайджанская Республика, г. Гянджа, пр. Ататюрка, д. 262.
E-mail: office@adau.edu.az

Фундук является ценным природным продуктом для пищевой промышленности, содержащий полноценные белки, микро- и макроэлементы, комплекс органических кислот и витаминов. Его производителями отмечается необходимость осуществления первичной обработки фундука, в частности отделения шелушительных машинах тонкой кожицы воздушным потоком. В целях совершенствования указанной технологии рассматривается теоретическая задача массообразования рассеянно витающих частиц кожицы путём создания завихренности в вертикальном воздушном канале, интенсификации процесса очистки очищенной массы ядер фундука. Поставленная задача решается на основе расчетной схемы движения кожицы в воздушном канале и действующих на нее аэродинамических сил. Установлено, что усиление вращательных колебаний кожицы в периодическом неравномерном потоке позволяет путем закрутки сузить пучок траекторий частиц и обеспечить интенсивное массовое удаление их в воздушном потоке в циклон.

Ключевые слова: фундук, первичная обработка, кожица фундука, воздушный поток, завихренность, аэродинамические силы, вектор скорости.

Введение

Производство фундука играет важную роль в сельском хозяйстве Азербайджанской Республики. По расчетам Организации по Продовольствию и Сельского Хозяйства ООН по производству фундука Азербайджан занимает четвертое место в мире. В республике ежегодно производится около 35 тыс. т этой продукции, 90% которой экспортируется в зарубежные страны. Местный сорт «Ата-Баба» отличается высоким качеством и высоко ценится на мировом рынке [1].

Фундук является ценным сырьем для пищевой промышленности, он содержит 60% масел, которые состоят из таких органических кислот, как олеин глицерид, стеарин и пальмитин. Эти кислоты препятствуют повышению в крови холестерина, защищают организм от сердечно-сосудистых заболеваний. Также в нем имеются белки — примерно 20%, протеин — 12%, углеводы — 13%, витамины В1, В2, В6, Е и целый спектр полезных минеральных веществ: калий, кальций, магний, натрий, цинк, железо. Энергетическая ценность фундука 639 ккал на 100 г ореха [2, 3].

Таким образом, пищевая ценность фундука высока, он широко применяется при производстве различных кондитерских изделий: халвы, конфет, карамели с начинкой и др. Изысканный вкус делает фундук незаменимым продуктом для полноценного и здорового питания.

Однако необходимо отметить, что большая часть фундука производится у частных производителей, и пока еще его производство очень слабо механизировано, требует ручного труда, что отрицательно сказывается на себестоимости продукции и в общем развитии отрасли.

Производство орехоплодной продукции становится более рентабельным в том случае, когда производственный процесс включает в себя не только выращивание, но и их первичную обработку: калибровку на фракции, отделение скорлупы от ядра, очистку ядерной кожицы.

В настоящее время фирмы предлагают машины различной конструкции для выполнения вышеуказанных операций. Однако практика применения этого оборудования, в частности шелушительной машины, показывает еще не полное ис-

Aliyeva R.G. — Candidate for a Degree

Azerbaijan State Agricultural University
Ataturk avenue, Ganja, AZ2000, Azerbaijan
E-mail: office@adau.edu.az

Hazelnut is a valuable natural product for food industry, contains complete proteins, micro and macro elements, a complex of organic acids and vitamins. There is noted a need for primary processing of hazelnuts, in particular, separation of hazelnut skin using shelling machines. In order to improve this technology, there is considered a theoretical problem of mass formation of floating particles of the skin by creating vorticity in a vertical air channel, intensifying the purification process of peeled hazelnut kernel. The task can be solved on the basis of the calculated scheme of movement of the skin in the air channel and aerodynamic forces acting on it. It has been established that increased rotational vibrations of the skin in a periodic uneven flow make it possible to narrow the beam of particle trajectories (by twisting) and provide intensive mass removal from air stream into the cyclone.

Keywords: hazelnut, primary processing, skin of hazelnut, air stream, vorticity, aerodynamic forces, velocity vector.

пользование всех ресурсов аспирационного удаления массы тонкой кожицы от массы ядра. Остатки тонкой кожицы в массе ядра может отрицательно сказываться на вкусовых качествах продукции. Поэтому, исследование аэродинамического разделения массы тонкой кожицы от массы очищенного ядра фундука является актуальной задачей и может служить повышению качества работы соответствующих технических средств.

Объект и методика исследования

Очищенный от скорлупы фундук имеет тонкую оболочку — кожуру, которая немного горчит и имеет сладковато-ореховый вкус. Ядро фундука намного вкуснее без этой кожуры. В большинстве рецептов фундук лучше использовать без кожуры, как из соображения вкусовых качеств, так и из соображения товарного вида.

Для снятия кожуры фундука применяют в основном два способа — мокрую и сухую способы обработки. При мокром способе очищенные от скорлупы ядра обрабатываются горячей водой, что облегчает сдирание кожицы с него. При сухом способе обработки используют воздействие высокой температуры (до 190 °С в течение 10 минут без поджарки), что способствует осыпанию кожуры. Ввиду того, что при первом варианте возможно дополнительное увлажнение продукта, на практике предпочтение дается второму способу. Однако при этом немаловажную роль играет отделение шелухи из основной очищенной массы ядра фундука. Для решения данного вопроса на шелушительных машинах рассматривали возможность разделения шелухи от падающих ядер вертикальным воздушным потоком, направленным в циклон.

Результаты и их обсуждение

Будем учитывать форму частицы кожуры (кожица) ближе эллипсоиду, вращающемуся с полуосями a , b , c , причем $a > b = c$. Предположим, что кожицы расположены достаточно далеко одна от другой и не взаимодействуют между собой. Воздушный поток плоскопараллельный с крупномасштабной стационарной неравномерностью поля скоростей.

Кожица вместе с очищенным ядром подается под углом β со скоростью в вертикальный воздушный поток так, чтобы вектор лежал в вертикальной плоскости OXY (рис). С этой целью установлена продольная решетка пластин. При обтекании на выходе с пластин в потоке образуются относительно узкие струйные течения воздуха со значительной неравномерностью полей скоростей.

При движении кожицы вдоль таких струй на нее действуют относительно большие градиенты давления, которые стабилизируют движение центра масс кожицы в плоскости струи и ориентируют наибольшую ось кожицы вдоль верхней кромки пластин.

Обозначим скорость воздушного потока, не возмущенного кожицей, через $\vec{v}_0 = (U_x; U_y)$. Считаем, что вектор постоянный в пределах данной кожицы и определяется в точке плоскости OXY , совпадающей в данный момент с центром кожицы.

На кожицу — движущуюся в воздушном потоке действуют сила тяжести $\vec{G} = \{mg; 0\}$ и аэродинамические силы: \vec{Q}_1 определяемая по теории идеальной несжимаемой жидкости, и \vec{R}_1 — аэродинамическое сопротивление, учитывающее в некоторой степени вязкость реальной воздушной среды.

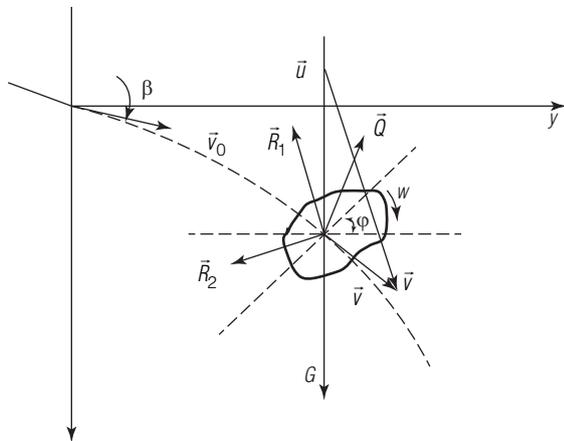


Рис. Схема движения кожицы фундука в воздушном канале и действующие на нее силы

Силу $\vec{Q} = \{Q_x; Q_y\}$ и момент аэродинамических сил Q_M относительно центра кожицы можно определить из уравнений Лагранжа II рода [4]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{x}} - \frac{\partial T}{\partial x} &= -Q_x \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{y}} - \frac{\partial T}{\partial y} &= -Q_y \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} - \frac{\partial T}{\partial \varphi} &= -Q_M \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где j — угол поворота главной оси кожицы.

Кинетическая энергия потока идеальной несжимаемой жидкости, вызванная движением в ней кожицы:

$$T = \rho W \left[\frac{k_1 (v_y \cos \varphi + v_x \sin \varphi) + k_2^2 (v_y \sin \varphi - v_x \cos \varphi)^2}{2} + \frac{k_3 \rho J_z \varphi^2}{2} \right] \quad (2)$$

где ρ — плотность идеальной жидкости, кг/м³; W — объем кожицы, м³; k_1, k_2, k_3 — постоянные коэффициенты определяемые по значениям a, b, c [5]; $\vec{v} = \{v_x; v_y\} = \vec{v}_\alpha - \vec{v}$ — вектор относительной скорости, м/с; $\vec{v}_\alpha = \{\dot{x}; \dot{y}\}$ — вектор абсолютной скорости центра кожицы, м/с; $k_3 \cdot \rho \varphi$ — присоединенный момент инерции; J_z — момент инерции кожицы вокруг оси OZ , перпендикулярной плоскости OXY и проходящей через центр кожицы, Нм².

Величины Q_x, Q_y, Q_M определяются подстановкой (2) в (1). Выпишем только составляющие величины:

$$\rho W \left(\ddot{x} S_x + \ddot{y} \frac{k_1 - k_2}{2} \sin 2\varphi \right); \quad (3)$$

$$\rho W \left(\ddot{x} \frac{k_1 - k_2}{2} \sin 2\varphi + \ddot{y} S_y \right); \quad (4)$$

где $S_x = k_1 \sin 2j + k_2 \cos 2j$; $S_y = k_1 \cos 2j + k_2 \sin 2j$, которые представляют собой влияние «присоединенных масс» кожицы. Влияние S_x, S_y и $k_3 \cdot \rho j$ по сравнению с остальными силами мало в такой же степени, в какой плотность ρ воздуха меньше плотности ρ_1 кожицы. Так как, $\rho/\rho_1 \approx 0,002$ то в дальнейшем пересчитанные составляющие не учитываются.

При вращательном движении кожицы слагаемые аэродинамической силы, содержащие $\sin 2\varphi, \cos \varphi, \dot{\varphi} \sin 2\varphi, \dot{\varphi} \cos 2\varphi$ — знакопеременные и, как показывают расчеты, приводят к незначительным отклонениям центра масс кожицы от некоторой монотонной кривой, т.е. к малым пульсациям движения центра масс кожицы.

Отбрасывая указанные составляющие, получим:

$$\vec{Q} = \rho W \left[\frac{\text{rot} \vec{U}_1 \vec{x} \vec{v} + \text{rot} \vec{U}_1 \vec{y} \vec{v} + \text{grad}(\vec{U}_1 \cdot \vec{U})}{2} \right], \quad (5)$$

где $\vec{v}_1 = \{U_x S_x; U_y S_y\}$

Формула (5) показывает, что в равномерном потоке $\vec{Q} = 0$ сила так как в этом случае \vec{U} , а значит, и не зависит от x и y . чтобы выяснить влияние неравномерности воздушного потока на силу \vec{Q} , рассмотрим частный случай равных осей эллипсо-

ида. В этом случае $k_1 = k_2 = 0,5, S_x = S_y = 0,5, \vec{U}_1 = \frac{\vec{U}}{2}$ и уравнение (5) примет вид:

$$\vec{Q} = \rho W \left(\frac{\text{rot} \vec{U}_x \vec{v} - \text{grad} \frac{\rho}{\rho}}{2} \right) \quad (6)$$

В (6) использовано уравнение движения невозмущенного потока кожиц несжимаемой жидкости:

$$\text{rot} \vec{U}_x \vec{v} + \text{grad} \frac{U^2}{2} = -\text{grad} \frac{\rho}{\rho} \quad (7)$$

Первая составляющая силы \vec{Q} аналогична (по формуле Жуковского) [6] подъемной силе, действующей на профиль в плоском потоке, и перпендикулярна относительной скорости \vec{v} кожицы. При наличии достаточно большой завихренности воздушного потока эта сила может быть значительной. Вторая составляющая силы \vec{Q} характеризует изменение давления (ρ) в воздушном потоке, направлена в сторону уменьшения этого давления и не зависит от движения кожицы.

При полном вращении кожицы вокруг его центра масс, когда $a \neq b, k_1 = k_2$, значения S_x и S_y можно заменить средним значением Усредненное значение силы \vec{Q} за полный оборот будет близко к полученному по (6); следовательно, качественная характеристика аэродинамической силы остается и в данном случае справедливой.

Таким образом, в слабо завихренном и не имеющем большого перепада давления потока воздуха силу можно приравнять нулю. При этом массообразование и движение кожиц в канале замедляется, ухудшается качество очистки, увеличиваются энергозатраты процесса.

Рассмотрев характер сил, действующих на кожицу (рис.), запишем дифференциальные уравнения движения ее в воздушном потоке:

$$m \vec{v} = \vec{Q} + \vec{R}_1 + \vec{R}_2 + \vec{G}; \quad (8)$$

$$J_z \ddot{\varphi} = Q_M \quad (9)$$

Проанализируем уравнение (9) вращательного движения кожицы. Представим его в виде:

$$\ddot{\varphi} = \lambda v^2 \sin(2\varphi\gamma), \quad (10)$$

$$\text{где } \gamma = \arctg\left(\frac{2v_z v_y}{v_y^2 - v_x^2}\right), \quad \lambda = \frac{\rho W(k_2 - k_1)}{2J_z} > 0.$$

Уравнение (10) — нелинейное и решить его в общем виде сложно. Для качественного анализа его предположим, что скорость v изменяется достаточно мало за один цикл колебаний кожицы (квазистационарная постановка). Тогда при интегрировании (10) можно считать $v = \text{const}$, $\gamma = \text{const}$. В результате получим уравнение угловой скорости

$$\dot{\varphi}^2 = \omega_0^2 + \lambda v^2 [\cos(2\varphi_0 - \gamma) - \cos(2\varphi - \gamma)], \quad (11)$$

где j_0 — начальный угол ориентации большой оси кожицы; ω_0 — начальная угловая скорость, с^{-1} .

Вращение кожицы складывается из равномерного вращения с угловой скоростью ω_0 и периодических колебаний с постоянной частотой и постоянной угловой амплитудой. Анализ уравнения (11) показывает, что с увеличением скорости v угловая скорость и частота колебаний кожицы возрастают, а амплитуда уменьшается. При выполнении условия $\omega_0^2 > 2\lambda v^2$ кожаца, совершая полное вращение, образуют массовый поток независимо от значения j_0 .

Заключение

Усиление вращательных колебаний кожицы в периодическом неравномерном потоке позволяет путем их закрутки сузить пучок траекторий частиц кожицы и обеспечить интенсивное массовое удаление их в воздушном потоке в циклон.

• ЛИТЕРАТУРА

1. <http://az.trend.az/azerbaijan/society/2715307.htm/>.
2. Алиев Э. Современное состояние экспорта фундука из Азербайджана в страны Евросоюза и пути его увеличения // Журнал экономических и социальных исследований Азербайджана Az JESS. — Баку, 2015. — № 3. — С. 42.
3. Остриков А. Н., Столяров И. Н., Юрецкий С. В., Кинетические закономерности процесса очистки фундука с использованием воздушных потоков // Sesiunii de Comunicari Stiintifice. — Университет «Джордж Бартиу» Дин Брасов. — Бухарест_Румыния, 2014. — 124 с.
4. Покорный Ю. Оптимальные задачи. — М.: Регулярная и хаотическая динамика, 2008. — 160 с.
5. Гришанина Т.В., Шклячук Ф.Н. Избранные задачи аэроупругости: учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2007. — 48 с.
6. Дубов Б.С. Основы обеспечения качества испытаний в аэродинамических трубах. — М.: ЦВГИ, 2003. — 319 с.

• REFERENCES

1. <http://az.trend.az/azerbaijan/society/2715307.htm/>.
2. Aliev E. Current status of export of hazelnuts from Azerbaijan to the EU countries and ways of its increase // journal of the economic and social research Azerbaijan Az JESS. — Baku, 2015, № 3, p. 42.
3. Ostrikov A.N., Stolyarov I.N., Yuretsky S.V. Kinetic Regularities of Hazelnut Raasting Process Using Super heat ed Steam // Sesiunii De Comunicari Stiintifice. — University “George Baritiu” Din Brasov. — Bucharest_Romdnia, 2014. — 124 p.
4. Pokorny Y. Optimization tasks. — Moscow, Regular and chaotic dynamics, 2008. — 160 p.
5. Grishanina T. V., Schlackuk F.N. Selected problems of aeroelasticity: workbook — M.:publishing house MAI, 2007. — 48 p.
6. Dubov B. S., Fundamentals of quality assurance tests in wind tunnels. — M.: TSUGI, 2003. — 319 p.