Исследование очистки ядерного покрытия фундука

Джамаладдин Алекпер Мамедов, Рагсана Газанфар Алиева

Азербайджанский государственный аграрный университет, г. Гянджа, Азербайджанская Республика
tagiyev.asau@gmail.com

Аннотация. Технологические процессы, которые используются в мире, позволяют механизировать многие стадии производства фундука, начиная от микроклонального размножения посадочного материала до сбора плодов и их переработки. Особо ценным в данном процессе является то, что для производства фундука можно также использовать площади, которые не совсем пригодны для выращивания других полевых и садовых культур, несмотря на то, что при этом увеличиваются затраты на уборку и защиту растений от вредителей, так как приходится применять лишь ручную работу, но такие насаждения предотвращают или минимизируют действия эрозионных процессов, скрепляя своими корнями почву на склонах и не дают ей смыываться.

Ключевые слова: фундук; скорлупа; ядро фундука; раскалывание; целостность ядра; частота вращения рабочего диска; интервал вариации.

Для цитирования: Мамедов Д. А., Алиева Р. Г. Исследование очистки ядерного покрытия фундука // Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 120–123. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp120-123>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Investigation of the purification of the nuclear coating of hazelnuts

Jamaladdin A. Mamedov, Ragsana G. Aliyeva

Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Azerbaijan Republic
tagiyev.asau@gmail.com

Abstract. The technological processes that are used in the world allow us to mechanize many stages of hazelnut production, ranging from microclonal propagation of planting material to fruit harvesting and processing. Especially valuable in this process is that for the production of hazelnuts, you can also use areas that are not quite suitable for growing other field and garden crops. Despite the fact that the costs of cleaning and protecting plants from pests increase, since you have to use only manual work, but such plantings prevent or minimize the effects of erosion processes, binding the soil on the slopes with their roots and do not allow it to wash away.

Keywords: hazelnut; shell; hazelnut kernel; splitting; kernel integrity; working disk rotation frequency; variation interval

For citation: Mamedov J. A., Aliyeva R. G. Investigation of the purification of the nuclear coating of hazelnuts. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(12): 120–123. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp120-123>.

Введение. В системе рационального питания населения важное место занимает проблема замены жировых и жировых компонентов, получаемых из продуктов животноводства, на растительные в составе продуктов питания, приготовленных из них. В связи с этим удобно использовать сырьевые ресурсы, в том числе орехи, биохимический состав которых благоприятен. В составе этого продукта также содержит 60..65 % липидов, незаменимых жирных кислот, токоферолов и биологически ценных белков [1, 3].

Учитывая выращивание ценных местных и интродуцированных сортов лещины на обширных территориях Республики, государственную заботу о развитии этой отрасли, а также растущий интерес производителей, можно увидеть наличие в стране больших потенциальных возможностей в пищевой промышленности и изготовлении биологически активных добавок из этого продукта. В то же время следует отметить, что производимое в Азербайджане ядро фундука, будучи конкурентоспособным на внешнем рынке по своим качествам, считается одним из приоритетов, приносящих валюту в страну. В результате сформировавшейся структуры питания на первый план выходит нарушение пищевого статуса: дефицит животных белков, недостаток ненасыщенных жирных кислот, большинства витаминов на фоне избытка животных жиров, недостаточное содержание ряда минеральных веществ и микроэлементов, недостаточное количество питательных тканей, в связи с чем по степени негативного воздействия на здоровье человека на первом месте стоят микронутриенты (витамины, микроэлементы), ненасыщенные жирные кислоты). Их дефицит приводит к резкому снижению сопротивляемости организма неблагоприятным факторам внешней среды, в первую очередь, за счет нарушения функционирования системы антиоксидантной защиты и развития иммунодефицитного состояния.

Решение этой проблемы нашло отражение в государственных программах как основной концепции государственной политики в области здорового питания населения [2]. Концепция направлена на создание условий для обеспечения рационального и здорового питания, удовлетворения потребностей населения с

учетом его традиций и привычек, экономической ситуации, медицинских нормативных требований. В связи с этим включение в рацион научно обоснованной пищи незаменимых аминокислот, ненасыщенных жирных кислот, полного спектра витаминного комплекса, микробактерий было подтверждено теоретическими исследованиями.

Однако очень важно, чтобы продукты питания состояли не из искусственных смесей, а из натуральных компонентов пищи, необходимых для жизни. По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН Азербайджан является четвертой страной в мире по производству фундуков. В Азербайджане производится около 35 тыс. т фундука в год [4, 7]. С целью увеличения производства Национальный Фонд содействия предпринимательству Министерства экономики предоставил производителям фундуков льготный кредит в размере 10 млн манатов. Азербайджан также занимает четвертое место в мире по экспорту ядра фундука [5, 6].

Среди важных направлений дальнейшего развития ореховодства в республике – открытие лабораторий в производственных регионах, создание условий для их лабораторных анализов, выполнение процессов первичной переработки после сбора орехов в фермерских хозяйствах, совершенствование технологического оборудования для производства упакованного ядра фундука [2, 3, 8].

Методика исследований. Объектом исследования является технология послеуборочной обработки фундука и твердая оболочка (скорлупа), ее устойчивость и процесс ее отделения от ядра. Методикой для изучения поставленной задачи служила теория устойчивости тонких упругих оболочек.

Результаты исследований. После отделения ядер фундука от твердой скорлупы их обрабатывают нагретым воздухом и подают в дисковый очиститель скорлупы для очистки от тонкой оболочки скорлупы. Также важным показателем качества в этом устройстве является то, что ядра остаются целыми, очищаясь от тонкой оболочки.

Основными факторами, влияющими на этот показатель, являются частота вращения рабочего диска n , мин⁻¹; минимальный интервал между дисками z , мм; и результирующее давление P , кПа. Поэтому в качестве контролируемых факторов приняты x_1 – частота вращения рабочего диска, x_2 – минимальный интервал между дисками и x_3 – давление, создаваемое в камере. Факторы и уровни их вариации приведены в табл. 1.

Таблица 1

Уровни факторов и интервалы вариации

Фактор	Уровни			Интервалы вариации
	Ниже	Выше	Средне	
x_1 , мин ⁻¹	420	630	525	52,5
x_2 , мм	17,5	18,5	18,0	0,25
x_3 , кПа	10	16	13	3

Оценки других факторов определялись на основе априорной информации и результатов теоретических исследований. Результаты экспериментальных исследований обрабатывались с помощью компьютерной программы Microsoft Excel и SPSS Statgraphics plus.

Размеры толщины тонкой оболочки влияют на условия отделения от ядра, несмотря на то, что они очень малы. 17,5...18,5 мм. Толщина сердечника при диаметре 0,045...0,055 мм, те у кого, очищаются лучше. Измеряя толщины тонких оболочек, устанавливают график их распределения (рис. 1).

Во всех измеренных скорлуп по графику распределения величины толщины скорлупы фундука составляет между 76,5 % и 0,045 0,055 мм.

Уравнение регрессии, отражающее весь уровень их сохранности при очистке ядра ореха от тонкой скорлупы, выглядит следующим образом:

$$y = 24,34 - 19,7x_1 - 5,35x_2 - 3,87x_3 + 3,23x_1x_2 + 2,604x_1x_3. \quad (1)$$

Однако результаты дисперсионного анализа этого уравнения показывают, что неполная квадратичная модель не является адекватной. С целью получения математической модели второго порядка, отражающей на высоком уровне процесс очистки ядра фундука без потери целостности от тонкой оболочки, эксперименты были продолжены в соответствии с принятой методикой по некомпозиционному трехуровневому плану Бокс – Бенкина. Расчет коэффициентов математической модели был выполнен с помощью компьютерной программы Statgraphics plus. В результате была получена математическая модель, отражающая весь уровень пребывания ядер фундука при очистке сердцевин ореха от тонкого на-

Рис. 1. Кривая распределения толщины тонкой оболочки ядра фундука

лета при очистке дисковой оболочки. Эта модель в кодифицированном виде выражается следующим образом:

$$y = 20,1 + 12,24x_1^2 + 10,84x_2^2 + 10,67x_3^2 - 10,14x_1 + 2,09x_2 - 2,81x_3 + 0,66x_1x_2 + 0,89x_1x_3 + 0,27x_2x_3. \quad (2)$$

После исключения незначительных коэффициентов уравнение регрессии, выражающее зависимость коэффициента целостности ядра от контролируемых факторов, выглядит следующим образом:

$$y = 20,1 + 12,24x_1^2 + 10,84x_2^2 + 10,67x_3^2 - 10,14x_1 + 2,09x_2 - 2,81x_3. \quad (3)$$

Достоверность результатов оценивалась также по критерию Фишера. Полученная модель (3) адекватно отражает исследуемый процесс и принимается для оценки результатов эксперимента.

Анализ уравнения (3) показывает, что в случае вариации факторов в заданном интервале оптимизирующий фактор влияет на частоту вращения рабочего диска и интервал между рабочими поверхностями. Меньший эффект оказывает давление, падающее на верхний диск или образующееся в рабочей камере. Решив систему уравнений с учетом множителей, приравнивающих конкретные множители к нулю, были определены цены факторов, обеспечивающие все пребывание ядра: $x_1 = 0,414$; $x_2 = -0,096$; $x_3 = 0,132$.

Коды оптимальных цен расшифровываются для удобной интерпретации полученных результатов. Расценки важных факторов (частота вращения рабочего диска, минимальный интервал между рабочими поверхностями и создаваемое в рабочей камере давление), обеспечивающих все пребывание сердечников, следующие: $n = 571,2 \text{ мин}^{-1}$, $z = 17,95 \text{ мм}$ и $P = 13,4 \text{ кПа}$.

Критерий оптимизации с двумя свободными переменными $y = f(n; z)$, $y = f(n; P)$ и графическое описание поверхностей ответных функций, характеризующих их зависимости, приведено на рис. 2–4.

Рис. 2. Поверхность ответной функции, когда $y = f(x_1; x_2)$

Рис. 3. Поверхность ответной функции, когда $y = f(x_1; x_3)$

Рис. 4. Поверхность ответной функции, когда $y = f(x_2; x_3)$

Получена регрессионная модель, выражающая зависимость степени очистки тонкой оболочки сердечника от контролируемых факторов (частота вращения рабочего диска, минимальное расстояние между дисками и создаваемое давление). Кодированный вариант модели выглядит следующим образом:

$$Y_{\text{там}} = 79,7 + 14,2x_1 + 3,34x_2 + 1,81x_3 - 2,61x_1x_2 + 0,013x_1x_3 - 0,013x_2x_3 + 0,34x_1x_2x_3. \quad (4)$$

После исключения незначительных коэффициентов уравнение зависимости коэффициента тонкой очистки от контролируемых факторов получает следующую картину:

$$Y_{\text{там}} = 79,7 + 14,2x_1 + 3,34x_2 + 1,81x_3 - 2,61x_1x_2. \quad (5)$$

Точность результатов оценивалась по критерию Фишера. С вероятностью 0,95 можно подтвердить адекватность уравнения (1) процессу. Поэтому модель принимается для оценки результатов эксперимента.

Анализ уравнения (5) показывает, что в заданном интервале вариаций факторов наибольшее влияние на параметр оптимизации оказывают частота вращения рабочего диска и минимальный промежуток между дисками. Менее влияющим фактором является давление, создаваемое на рабочих поверхностях. Это давление тонкой оболочки, которое лучше генерируется в чистых. Лучшая очистка тонкой оболочки (97,8 %) обеспечивается при значениях факторов: $n = 620 \text{ мин}^{-1}$, $z = 18 \text{ мм}$ и $P = 13 \text{ кПа}$. Графическое изображение поверхности ответной функции, отображающей зависимости между критерием оптимизации двумя свободными переменными, представлено на рис. 5–7.

В результате лабораторных исследований, проведенных методом планирования многофакторного эксперимента, получены его математические модели в виде уравнений регрессии. Это дисковые оболочки, в которых адекватно отражена связь между всем пребыванием сердечника при очистке оболочки сердечника в очистных сооружениях и частотой вращения рабочего диска со степенью тонкой очистки, минимальным

Рис. 5. Поверхность ответной функции, когда $y_{\text{опт}} = f(x_1; x_2)$

Рис. 6. Поверхность ответной функции $x_2 = 0$, когда $y_{\text{опт}} = f(x_1; x_3)$

промежутком между дисками и давлением, создаваемым в камере. Оптимальные параметры и режимы следующие: частота вращения рабочего диска $n = 620 \text{ мин}^{-1}$, минимальный междисковый интервал $z = 18,0 \text{ мм}$, степень очистки тонкой оболочки была 97,8 % при давлении $P = 13 \text{ кПа}$, скорость полного пребывания ядра 94 %.

Заключение. Практика показала, что в механизированных цехах одним из факторов, влияющих на эффективную работу дискового обкладочного узла, является его механизированная подача в процессе работы агрегата (бесперебойная подача в агрегат сердечника гайки), также имеет особое значение. Испытания, проведенные по изучению этого фактора, показали, что для повышения производительности линии нецелесообразно увеличивать частоту вращения подающего – подающего снека. Удобнее поддерживать частоту вращения подачи снека в пределах 620 мин^{-1} без ущерба для стабильной производительности линии. При этом, соблюдая вышеуказанные оптимальные показатели, удастся поддерживать степень очистки ядра на уровне 97–98 %.

Рис. 7. Поверхность ответной функции, когда $y_{\text{опт}} = f(x_2; x_3)$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парамонова В. А., Кудрявцев В. Н. Оценка теплофизических характеристик арахисового сырья // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия "Процессы и аппараты пищевых производств". 2015. № 2. С. 98–110.
2. Алиева Р. Г. Исследование механизма раскалывания скорлупы фундука // Материалы науч.-техн. конф. АГАУ. Гянджа, 2019. С. 51–55.
3. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях. Л., 1980. 168 с.
4. Муратов В. А., Тимофеев Т. И., Карачевцева Е. А. Характеристики перспективных селекционных и районированных сортов фундука // Известия ВУЗОВ. Пищевая технология. 2006. № 6. С. 25–26.
5. Shin E. C. Commercial Runner Peanut Cultivars in the United States: Tocopherol Composition // J.Agric. Food Chem. 2009. Vol. 57. No 21. P. 10289–10295.
6. Steigmann D. Koiter's Shell Theory from the Perspective of Three – dimensional Nonlinear Elasticity // Journal of Elasticity. 2013. Vol. 111 (1). P. 91–107.
7. Karman Th., Tsien H. S. The buckling of cylindrical shells under axial compression // Journal of Aeron Soc. 2014. Vol. 8. No. 8. P. 303–312.
8. Kibar H., Oztürk T. The Effect of Moisture Content on the Physico-mechanical Properties of some Hazelnut Varieties // Journal of Stored Products Research. 2008. No. 45. P. 14–18.

REFERENCES

1. Paramonova V. A., Kudryavtsev V. N. Assessment of thermophysical characteristics of arachis raw materials. *Scientific journal of NRU ITMO. Series "Processes and Apparatus for Food Production"*. 2015; 2: 98–110. (In Russ.).
2. Alieva R. G. Research of the mechanism of hazelnut shell. Ganja; 2019: 51–55. (In Russ.).
3. Melnikov S. V. Planning an experiment in research. Leningrad; 1980. 168 p. (In Russ.).
4. Muratov V. A., Timofeev T. I., Karachevtseva E. A. Characteristics of promising selection and zoned varieties of hazelnuts. *Food technology*. 2006; 6: 25–26. (In Russ.).
5. Shin E. C. Commercial Runner Peanut Cultivars in the United States: Tocopherol Composition. *J. Agric. Food Chem.* 2009; 57; 21: 10289–10295.
6. Steigmann D. Koiter's Shell Theory from the Perspective of Three - dimensional Nonlinear Elasticity. *Journal of Elasticity*. 2013; 111 (1): 91–107.
7. Karman Th., Tsien H. S. The buckling of cylindrical shells under axial compression. *Journal of Aeron Soc.* 2014; 8; 8: 303–312.
8. Kibar H., Oztürk T. The Effect of Moisture Content on the Physico-mechanical Properties of some Hazelnut Varieties. *Journal of Stored Products Research*. 2008; 45: 14–18.

Статья поступила в редакцию 13.09.2021; одобрена после рецензирования 15.11.2021; принята к публикации 20.11.2021.
The article was submitted 13.09.2021; approved after reviewing 15.11.2021; accepted for publication 20.11.2021.