

УДК 330.341.1:634.51

PHYSICAL PROPERTIES OF WALNUT WOOD

A. Ukrainets, O. Negrey*National University of Food Technologies*

Key words:

walnut,
physical properties,
peeling,
sweating,
pneumatic transport system

Article history:

Received 19.03.2019
Received in revised form
05.04.2019
Accepted 14.05.2019

Corresponding author:

o.negrei7@gmail.com

ABSTRACT

The article is devoted to the results of experimental determination of the physical properties of walnuts due to changes in their humidity in the range, which can be a response to natural conditions or created artificially.

And in the first and second cases it is connected with the necessity of designing separate plots and technologies of processing of products related to acceptance, storage, transportation, peeling, separation of the received material flows and preparation for realization. The implementation of the named processes and procedures requires initial conditions for the magnitude of material flows represented by nuts, their mediated data on geometry, form, bulk density, density, porosity of arrays, probability of deviation from weighted average parameters. Special attention is paid to the prospects and possibilities of designing transport systems in the materials of the article, in connection with which technological supports are investigated, connected with the necessity of experimental determination of frictional forces in static and dynamic regimes. The presence of these data, transformed to fixed or moving arrays, allows us to take the following steps to determine the conditions of self-immobilization on inclined planes or to ascend them to areas with gravitational descents. The prospect of such initial results is the possibility of rearranging non-deterministic multi-row mass streams of nuts in multi-row deterministic with a clear definition of the number of streams.

The next step is related to the estimation of energy costs for the implementation of movements of mass flows of nuts in accordance with the given performance of the system.

Experimental data on determining the velocities of nuts in airflows open the prospect of calculations of pneumatic transport systems.

The presented materials in the first approximation are an important basis for the creation of a comprehensive program of calculations in the synthesis of systems for the processing and receipt of nut products.

DOI: 10.24263/2225-2916-2019-25-5

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ

А. І. Українець, д-р техн. наук

О. В. Негрей

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена результатам експериментального визначення фізичних властивостей волоських горіхів за змін їх вологості в діапазоні, який може бути відгуком на природні умови або створюватися штучно. Експериментальні дані щодо визначення швидкостей витання горіхів у потоках повітря відкривають перспективи розрахунків пневматичних транспортних систем. Наведені матеріали в першому наближенні є важливим підґрунтям щодо створення комплексної програми розрахунків у синтезі систем для переробки й одержання горіхової продукції.

Ключові слова: волоський горіх, фізичні властивості, лущення, витання, пневматична транспортна система.

Постановка проблеми. Горіх — рід дерев у сім'ї горіхових — налічує 14—15 видів. В Україні найбільш розповсюдженим є волоських горіх з однонасінним закритим плодом з твердою дерев'янистою оболонкою. До складу плодів волоського горіха (*Juglans regia* L.) входять олія, білок, вітаміни та мінерали, що забезпечує їхню високу калорійність і доцільність використання.

Насадження горіхових садів та їх врожайність за своїм потенціалом ставлять Україну на п'яте місце у світі після Китаю, США, Ірану та Туреччини, що відкриває значні експортні можливості. Однак розвиток останніх стримується відсутністю сучасних технологій переробки місцевих сортів.

Відбиток місцевих природних умов і особливостей сортів знаходить прояв не лише в якісних показниках кінцевої продукції, а й у геометричних розмірах, формі горіхів, міцності зовнішніх оболонок, характері руйнувань оболонок під дією зовнішніх сил. Саме останнє є однією з найважливіших умов до якомога більшого рівня збереження природної форми ядра в процесі лущення. Однак поруч з цим загальна технологія переробки потребує більш повної інформованості про складові, що стосуються процесів сортування за розміром і формою горіхів, решток їх оболонок, ядер, розділення складових після руйнування оболонок тощо, визначення умов зберігання і фасування продукції і нарешті утилізації відходів [1; 3]. Названі процеси і технології будуються на основі механічних, пневмомеханічних або пневматичних систем, однак не виключається застосування гідравлічних процесів і способів обробки [4].

Сорти волоських горіхів відрізняються за кольором ядра під впливом різних кліматичних умов; розмірами, рівнем внутрішніх ушкоджень під впливом представників біосфери; рівнем зовнішніх трансформацій під дією силових факторів.

Визрівання плодів у кліматичному поясі України та Молдови є сезонним, що приводить до необхідності зберігання сировини на період переробки на складах із забезпеченням відповідних геометричних і фізичних параметрів. Проте відомо про існування взаємозв'язків між фізичними параметрами оболонок та ядер горіхів і вологістю і про важливість інформації щодо співвідношень геометричних і масових параметрів оболонок і ядер.

Мета дослідження: визначення геометричних параметрів, масових характеристик, об'ємної насипної щільності масивів вибірки горіхів, впливів вмісту

вологи на названі параметри, статичних і динамічних коефіцієнтів тертя з опорними площинами. В інтересах можливостей розрахунку пневматичних систем транспортування відповідних матеріальних потоків визначалися швидкості витання їх складових.

Матеріали і методи дослідження. Матеріальною базою досліджень обрано вибірку масиву горіхів традиційного виробника «Горіх Причорномор'я» (Одеська обл.). Масиви очищалися від домішок та ушкоджених плодів. Початковий вміст води в зразках визначали сушінням в печі при температурі $105 \pm 1^\circ\text{C}$ протягом 24 годин. Для одержання зразків горіхів на бажаних рівнях вологості здійснювалися такі операції: виконувалося замочування плодів у воді протягом 3 і 12 год для одержання різних кінцевих результатів вологості.

Зволожені зразки зберігалися в целофанових мішках у морозильній камері при температурі -10°C протягом 48 годин. За 24 год до розморожування вони передавалися на режими поступового розморожування для отримання рівноважної вологості всередині зразків. Вміст води в зразках — від 11,46 до 23,16% та 4,93 до 32,25% відповідно.

Експерименти з визначення фізичних властивості горіхів проводилися з десятьма повторами кожного досліду за кожного з трьох показників вологості. При цьому вимірювали довжину, ширину, товщину набором мікрометрів з точністю до 0,01 мм, масу випадково вибраних 100 горіхів. Середній геометричний параметр і сферичність обчислювалися залежностями:

$$D_o = \sqrt[3]{LWT} ; \quad (1)$$

$$\Phi = \left[\frac{D_o}{L} \right], \quad (2)$$

де L — довжина; W — ширина; T — товщина, мм об'єкта.

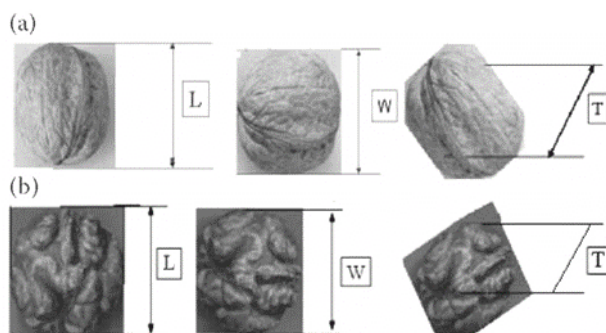


Рис. 1. Опис трьох перпендикулярних розмірів волоського горіха в оболонці (а) і його ядра (б)

Маса горіха визначалася з використанням цифрових електронних ваг з чутливістю 0,01 г. Межові лінії плодів визначали їх розміщенням на папері (рис. 1).

Істинну щільність масиву горіхів визначали методом Толуолу [5], а об'ємну — за використання стандартної методики досліджуваної маси. Пористість масиву визначалася умовою:

$$e = \left[1 - \frac{P_e}{P_t} \right] \cdot 100, \quad (3)$$

де P_e і P_t — об'ємна та істинна щільність відповідно.

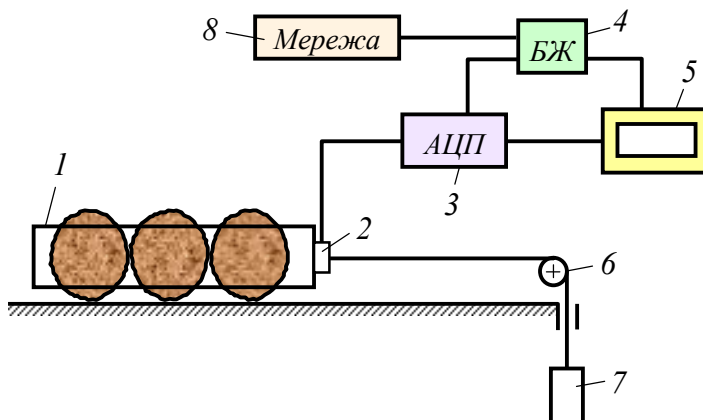


Рис. 2. Схематичний вигляд вимірювального приладу сили тертя

Коефіцієнти тертя горіхів і ядер з опорними площинами визначалися з використанням фрикційного пристрою (рис. 2).

Зусилля тертя визначалися за допомогою навантажувальної комірки 1 з тензодатчиком 2 силового навантаження, сигнал від якого транслювався аналоговим цифровим перетворювачем 3 в комп'ютер 5. Живлення електронної системи здійснювалося через блок живлення 5 від мережі 8, а механічне зусилля для здійснення переміщення забезпечувалося гравітаційним пристроєм у складі блока 6, рушійної маси 7 і гнучкого зв'язку між ними.

Максимальне навантаження системи (і сили тертя) відповідало статичному положенню і початку руху. В кожному експерименті вантажі в навантажувальній комірці змінювалися з реєстрацією результатів. За опорні площини використані листи ДСП і фанери.

Швидкості витання горіхів і ядер визначалися з використанням повітряної колони, в якій створювався висхідний повітряний потік. Горіхи вводили в потік з верхньої частини колони. Влаштування колони дало змогу створювати повітряні потоки зі швидкостями в межах від 0 до 20 м/с. Виміри швидкості потоку здійснювалися електронним анемометром Testo H25 (Lenzkirch, Німеччина).

Статистичний аналіз проводили за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel і SPSS 10.0 (SPSS 2000). Результати дослідів були проаналізовані на основі рандомізованої повної блокової конструкції з розбиттям ділянки.

Результати і обговорення. Приблизно 72% волоських горіхів мали довжину від 42,79 до 45,46 мм, приблизно 78% — ширину від 35,96 до 37,58 мм, приблизно 75% — товщину від 34,21 до 36,21 мм, а близько 79% — масу одного горіха від 17,42 до 19,79 г при вологості 11,46% (рис. 3).

Параметри волоського горіха в оболонці

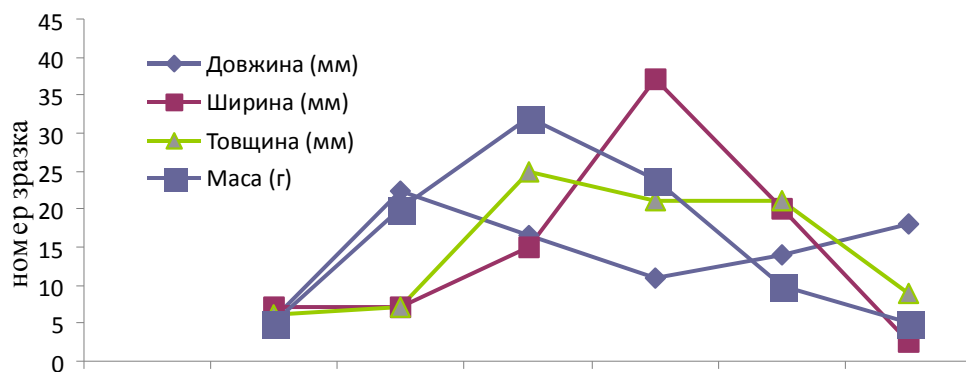


Рис. 3. Частотні розподіли кривих довжини, ширини, товщини та маса одного горіха при вологості 11,46%

Близько 85% волоських горіхів мали довжину від 32,08 до 35,42 мм, приблизно 79% — ширину від 28,08 до 32,33 мм, приблизно 96% — товщину від 23,5 до 27,25 мм і у 69% маса одного горіха становить від 6,96 до 8,58 г при вмісті води 4,93% (рис. 4).

Параметри ядра волоського горіха

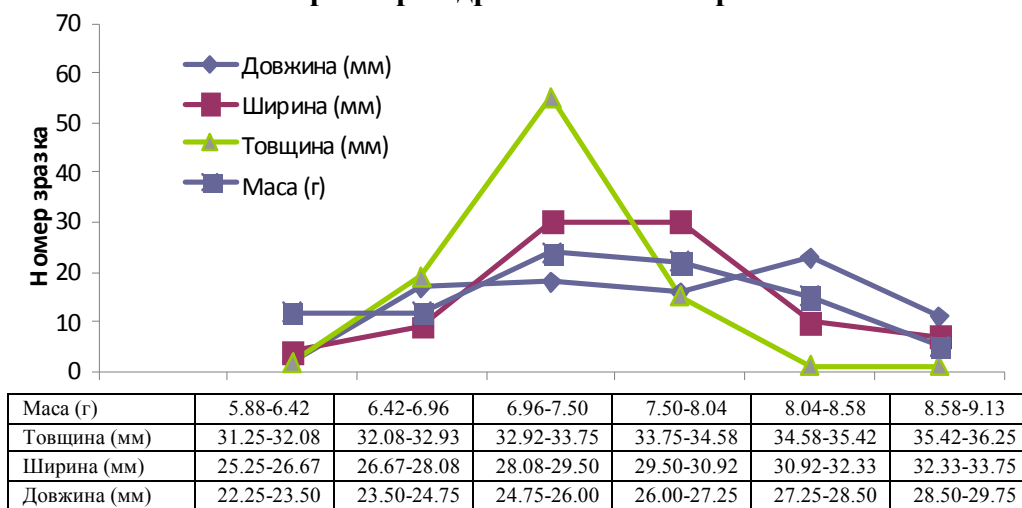


Рис. 4. Криві розподілу частот довжини, ширини, товщини та маси одного ядра горіха при вологості 4,93%

Оскільки вміст води збільшився з 11,46 до 23,16%, то середня товщина волоського горіха зросла з 1,628 мм до 1,667 мм. Вплив вологості на товщину оболонки волоських горіхів не був суттєвим.

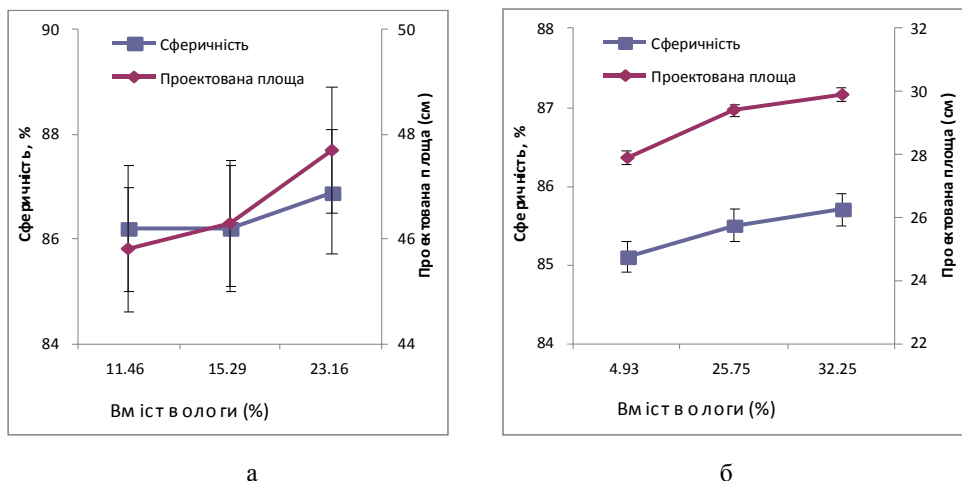


Рис. 5. Вплив вологості на сферичність і проектовану площу лущеного (а) і ядра (б) волоських горіхів

Сферичність

Отримані заміри сферичності лущеного і ядра горіхів представлені на рис. 5. Оскільки вміст води збільшився з 11,46 до 23,16%, середня сферичність волоського горіха зросла, відповідно, з 86,34 до 86,85%. Значення сферичності для ядер зросли з 85,26 до 86,03%, оскільки вологість зросла з 4,93 до 32,25% відповідно. Вплив вмісту води на сферичність ядра горіхів був статистично значущим ($P < 0,05$). Взаємозв'язок між вмістом води (M_c) і сферичністю волоських горіхів (Φ_s) та сферичністю ядра волоських горіхів (Φ_k) визначався такими рівняннями:

$$\Phi_s = 86.01 + 0.26M_c; \quad (4)$$

$$\Phi_k = 84.93 + 0.39M_c. \quad (5)$$

Досліджувана площа

Експериментальні результати визначення площі проекцій горіхів та ядер:

$$P_s = 44.74 + 0.97M_c, \text{ см}^2; \quad (6)$$

$$P_k = 26.14 + 1.35M_c, \text{ см}^2. \quad (7)$$

Лінійний приріст площ для волоського горіха в оболонці та ядра знаходиться в межах від 45,80 до 47,74 см² і від 27,24 до 29,93 см² при збільшенні вологості з 11,46 до 23,16% і від 4,93 до 32,25% відповідно. Значення площі волоського горіха, як правило, збільшується із збільшенням вмісту води як в оболонці, так і в ядрі. В досліджених ділянках збільшення поверхонь оболонок складає 4,06%, а збільшення площ ядер — 8,99%. Впливи вмісту води на досліджуваних ділянках для горіхів і ядер були статистично значущими ($P < 0,05$). Взаємозв'язок між вмістом води (M_c) і досліджуваною площею волоських горіхів (P_s) або досліджуваною областю ядра волоських горіхів (P_k) описуються рівняннями (6) та (7).

Об'ємна щільність

Об'ємна щільність при різних показниках вологості для нелущених (p_{bs}) і ядер волоських горіхів (p_{bk}) зростала від 259,19 до 318,04 кг/м³ і від 227,22 до 248,63 кг/м³ відповідно (рис. 6), що свідчить про збільшення об'ємної щільності при збільшенні вмісту води. Зростання об'ємної щільності горіхів в оболонках і ядер є відгуком на зростання вологості. Вплив вологості на об'ємну щільність волоських горіхів в оболонках та ядрах був статистично значущим ($P < 0,05$). Відношення між вмістом води (M_c) і об'ємною щільністю горіхів і ядер описуються такими лінійними рівняннями:

$$\rho_{bs} = 232.57 + 29.43M_c, \text{ кг/м}^3; \quad (8)$$

$$\rho_{bk} = 218.6 + 10.71M_c, \text{ кг/м}^3. \quad (9)$$

Справжня щільність

Справжня щільність волоських горіхів та їх ядер при показниках вологості змінювалася від 761,6 до 803,42 кг/м³ і від 1000,44 до 924,91 кг/м³ (рис. 6). Справжня щільність волоських горіхів та ядер загалом зменшувалася, коли вологість збільшувалася. Вплив вологості на справжню щільність горіхів не був статистично значущим. Збільшення (5,20%) для горіхів та зменшення (7,55%) для ядер у справжній щільності було зафіксовано в діапазоні від 11,46 до 23,16% і від 4,93 до 32,25% відповідно. Негативні лінійні співвідношення між вмістом води (M_c) і справжньою щільністю горіха (ρ_{ts}) і ядра (ρ_{tk}) описуються такими рівняннями:

$$\rho_{ts} = 734.86 - 20.91M_c, \text{ кг/м}^3; \quad (10)$$

$$\rho_{tk} = 1041.4 - 37.77M_c, \text{ кг/м}^3. \quad (11)$$

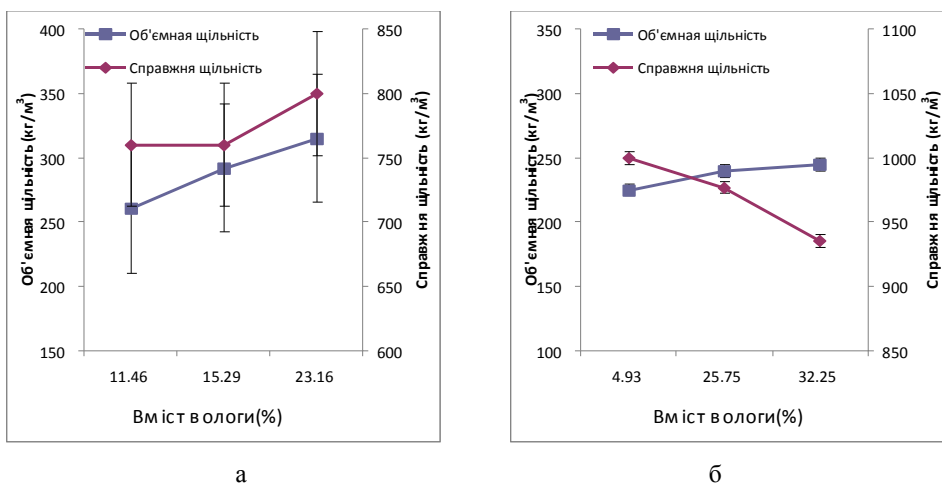


Рис. 6. Вплив вологості на об'ємну і справжню щільності горіхів (а) і ядер (б)

Пористість

Отримані результати пористості горіхів та ядер представлені на рис. 7. Пористість зменшувалася зі збільшенням вмісту води. Вплив вмісту води на

пористість був статистично значущим. Взаємозв'язки між вмістом води (M_c) і пористістю для горіхів (ε_s) і ядер (ε_k) описувалися такими рівняннями:

$$\varepsilon_s = 68.08 - 2.78M_c, \% ; \quad (12)$$

$$\varepsilon_k = 79.27 - 2.09M_c, \% . \quad (13)$$

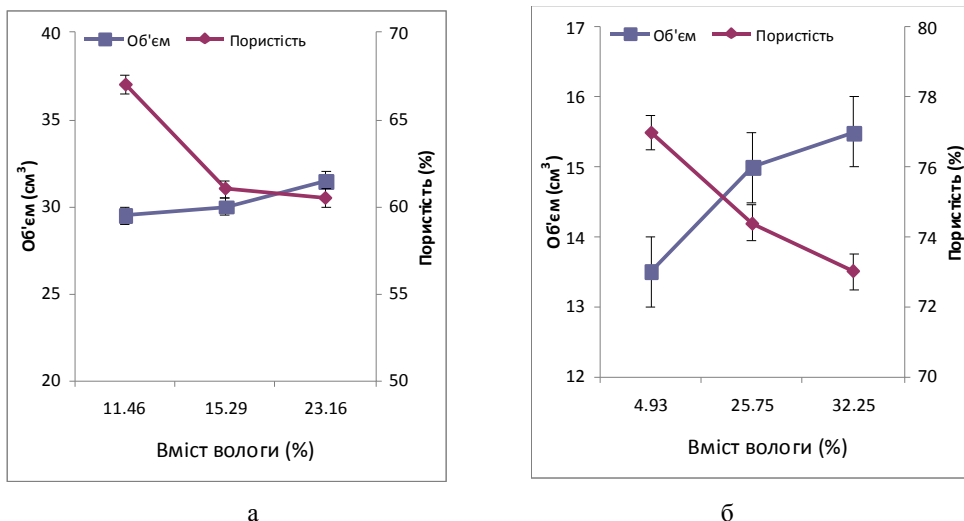


Рис. 7. Вплив вмісту води на об'єм і пористість масива горіхів (а) і ядер (б)

Об'єм волоського горіха

Отримані дані про об'єми горіхів та їх ядер представлені на рис. 7. Їхні середні об'єми зростають зі збільшенням вмісту води. При дослідженні вмісту води зафіксовано збільшення об'єму для нелущених горіхів (6,08%) і ядер (13,17%). Вплив вмісту води на об'єм горіхів та ядер був значним ($P < 0,05$). Співвідношення між вмістом води (M_c) і об'ємами горіхів (V_s) і ядер (V_k) можна описати такими рівняннями:

$$V_s = 28.44 + 0.96M_c, \text{ см}^3; \quad (14)$$

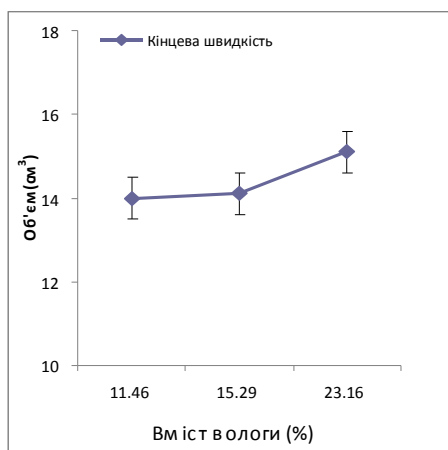
$$V_k = 12.68 + 1.03M_c, \text{ см}^3 (R^2 = 0.914). \quad (15)$$

Швидкість витання

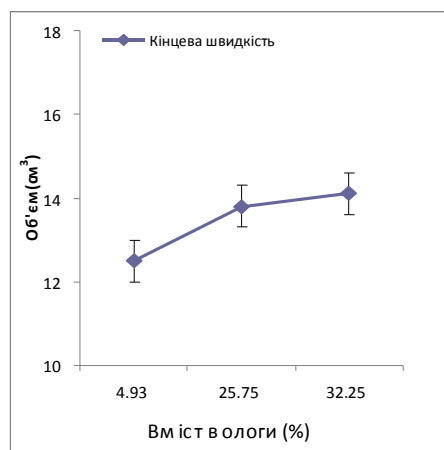
Зі збільшенням вмісту води збільшується щільність горіхів та ядер (рис. 8). Їхні кінцеві швидкості витання збільшилися з 14,17 до 15,5 м/с при збільшенні вмісту води відповідно. Швидкість витання збільшилася з 12,6 до 14,35 м/с. Вплив вологості на кінцеву швидкість ядер був статистично значущим ($P < 0,01$). Співвідношення між вмістом води (M_c) та кінцевими швидкостями горіхів (W_{ts}) та ядер (W_{tk}) описуються такими рівняннями:

$$W_{ts} = 13.33 + 0.67M_c, \text{ м/с}; \quad (16)$$

$$W_{tk} = 11.9 + 0.88M_c, \text{ м/с}. \quad (17)$$



а



б

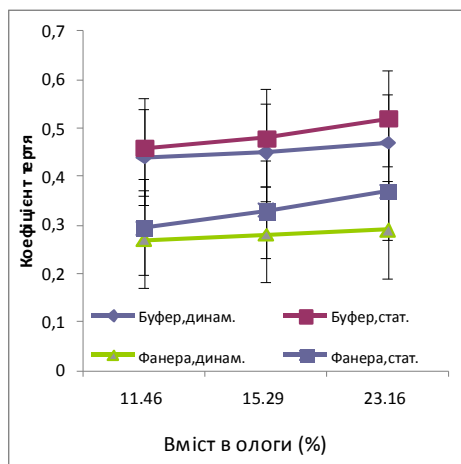
Рис. 8. Вплив вмісту вологи на кінцеву швидкість витання горіхів (а) і ядер (б)

Статичний і динамічний коефіцієнт тертя

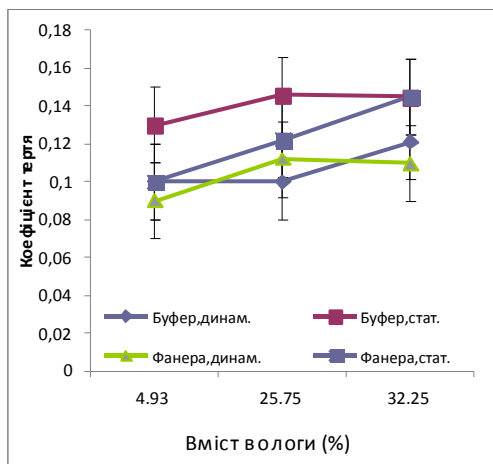
Порівняння результатів визначених статичних і динамічних коефіцієнтів тертя на поверхнях ДСП і фанери, отриманих з горіхами та ядрами, наведені на рис. 9 і в таблиці. Статичний коефіцієнт тертя був більшим за різних значень вологості, ніж динамічний. Статичні та динамічні коефіцієнти тертя лінійно збільшуються з урахуванням вмісту вологи на обох поверхнях. Лінійні рівняння для статичних і динамічних коефіцієнтів тертя представлені у формі:

$$\mu = A + BM_c, \quad (18)$$

де μ — коефіцієнт тертя; A , B — коефіцієнти регресії; відповідні значення яких наведені в таблиці.



а



б

Рис. 9. Вплив вмісту вологи на статичний і динамічний коефіцієнти тертя горіха (а) і ядра (б) на поверхні ДСП і фанери

Таблиця. Коефіцієнти регресії та коефіцієнт визначення для статичних і динамічних коефіцієнтів тертя на різних поверхнях тертя

Волоський горіх	Поверхня	Коефіцієнт регресії		Коефіцієнт детермінації
		перехоплення (А)	нахил (В)	
Горіх нелущений	Статичний коефіцієнт тертя дошка ДСП фанера	0.42	0.04	0.923
		0.25	0.05	0.996
	Динамічний коефіцієнт тертя дошка ДСП фанера	0.40	0.03	0.964
		0.26	0.02	0.964
Ядро	Статичний коефіцієнт тертя дошка ДСП фанера	0.12	0.01	0.750
		0.09	0.02	1.000
	Динамічний коефіцієнт тертя дошка ДСП фанера	0.11	0.01	0.750
		0.08	0.02	0.964

Статичний та динамічний коефіцієнти тертя горіхів були вищими на ДСП, ніж на фанері для всіх показників вологовмісту. Внаслідок підвищення адгезії між продуктом і поверхнею при більш високому вмісті води горіхів значно збільшилися статичні та динамічні коефіцієнти. Вплив вологості та поверхонь тертя на статичні та динамічні коефіцієнти тертя були значущими для ядер волоських горіхів ($P < 0,05$). Вплив вмісту води та поверхні фанери на статичні та динамічні коефіцієнти тертя були значущими ($P < 0,05$).

Висновки. У результаті проведеного дослідження фізичних властивостей волоських горіхів та їхніх ядер як функцій вмісту води можна зробити такі висновки:

1. Розміри, одинична маса, сферичність, площа проекції, об'ємна щільність, об'єм, пористість і кінцева швидкість витання волоських в оболонці та їх ядер зросли.

2. Справжня щільність лінійно зменшується зі збільшенням вмісту води.

3. Статичні та динамічні коефіцієнти тертя волоських горіхів і їхніх ядер на поверхнях ДСП та фанери збільшуються зі збільшенням вмісту води.

4. Одержані результати експериментальних досліджень і їхні математичні формалізації дають відповіді на діапазони впливів змінної вологості на геометричні параметри, форму горіхів, значення питомих одиничних і насипних мас, щільностей масивів, статичних і динамічних коефіцієнтів тертя.

5. Наявність одержаних результатів дає змогу здійснити перехід до синтезу систем приймання, зберігання, транспортування потоків продуктів, створення з них недетермінованих і детермінованих потоків із заданими кількостями та інтервалами і частотами їх реалізації. Щодо названих матеріальних потоків визначеними є потоки їх енергетичного забезпечення.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Затоковський Ф. Т.* Стан і перспективи розвитку горіха грецького в регіоні Карпат / Затоковський Ф. Т., Сатіна Л. Ф., Сатіна Г. М. // Проблеми агропромислового

комплексу Карпат: міжвідомчий тематик. зб. В.: Бакта. 2004—2005. Вип. 13—14. С. 119—123.

2. Криза харчування сучасної людини: питання якості та безпеки харчових продуктів / Позняковський В. М та ін. // Відомості вузів. Харчова технологія. — 2004. — № 1. — С. 6—7.

3. Сатіна Г. М. Грецький горіх в Україні: економічний огляд і перспективи / Сатіна Г. М. — М.-К.: НАУ, 2006. — 24 с.

4. Сатіна Г. М. Потенціал промислового виробництва грецького горіха в Україні та шляхи його ефективного використання / Сатіна Г. М. — Режим доступу: -<http://disser.com.ua/content/241007.html/> (02.03.2019).

5. Статистичні дані ФАО. Режим доступу: <http://faostat.fao.org>. (дата звертання 05.03.2019).

6. ГОСТ 16832—71. Межгосударственный стандарт. Орехи грецкие. Технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2006. — 7с.

7. ГОСТ 16833-71. Межгосударственный стандарт. Ядро ореха грецкого. Технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2006. — 7с.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРЕЦКИХ ОРЕХОВ

А. И. Украинец, Е. В. Негрей

Национальный университет пищевых технологий

Статья посвящена результатам экспериментального определения физических свойств грецких орехов по изменениям их влажности в диапазоне, который может быть откликом на природные условия или создаваться искусственно. Экспериментальные данные по определению скоростей витания орехов в потоках воздуха открывают перспективы расчетов пневматических транспортных систем.

Приведенные материалы в первом приближении являются важной основой по созданию комплексной программы расчетов в синтезе систем для переработки и получения ореховой продукции.

Ключевые слова: грецкий орех, физические свойства, лущение, витание, пневматическая транспортная система.