

УДК 664.8.032 : 634.23

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.4>

ОЦІНКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПЛОДІВ ВИШНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ОСОБЛИВОСТЕЙ СОРТУ

Василишина О.В. – д.с.-г.н.,

доцент кафедри харчових технологій,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-1066-4009

В статті наведено оцінку технологічних та фізичних показників якості плодів вишні різних сортів, їх вплив під час первинної обробки сировини на підприємствах.

Оскільки останнім часом на підприємствах харчової промисловості розвивається автоматизація та механізація технологічних процесів. Важливим питанням є вивчення фізичних та технологічних характеристик сировини які впливають на вибір обладнання та транспортування, сортування і пакування та умови зберігання. Важливим при цьому є моделювання та оптимізація технологічних процесів які б повністю включали показники якості продукції та використання даних результатів на практиці для проектування технологічного обладнання.

Метою статті було вивчення фізико-механічних властивості плодів вишні: розміру, ваги, кольору, щільності, діаметру, площі та сферичності, об'єму плодів. Досліджено технологічні властивості плодів вишні сортів Гріот Подбєльський, Альфа, Жадана, Елегантна, Оптимістка, Пам'ять Артеменка, Шанс, Лутовка, Шпанка зібраних у стані споживчої стадії стиглості на дослідній станції імені Л.П. Симиренка Інституту садівництва НААН.

Оцінено технологічні показники якості плодів вишні різних сортів на основі фізичних показників плодів. Встановлено, що в середньому плоди вишні мають довжину і товщину 10 мм, ширину 20 мм. Вага плодів – 4,7 г. Середній діаметр плодів складає 19,5 – 19,6 мм. Середня проектована площа плодів – 303,8–320,17 мм². Середня площа поверхні – 120,67 мм². Сферичність плодів складає 100,9. Співвідношення сторін – 1,04. Індекс луцення і подовження становить 0,95 і 0,97 відповідно. Об'єм плодів – 4036 мм³

За фізичними показниками розроблено математичні моделі прогнозування якості плодів вишні. Перспективою подальших досліджень є застосування отриманих показників в нормативних документах на сировину для підприємств по зберіганні та переробці продукції.

Ключові слова: плоди вишні, фізико-хімічні показники, діаметр, об'єм, сферичність.

Vasylyshyna O.V. Assessment and modelling of physical indicators of cherry fruits depending on the characteristics of the variety

The article provides an assessment of the technological and physical quality indicators of different cherry varieties and their impact during the initial processing of raw materials at enterprises.

Recently, food industry enterprises have been developing automation and mechanization of technological processes. An important issue is the study of the physical and technological characteristics of raw materials that influence the choice of equipment and transportation, sorting and packaging, and storage conditions. It is important to model and optimize technological processes that fully include product quality indicators and use the results in practice for the design of technological equipment.

The purpose of the article was to study the physical and mechanical properties of cherry fruits: size, weight, color, density, diameter, area and sphericity, and fruit volume. The technological properties of cherries of the varieties Griot Podbielsky, Alfa, Zhadana, Eleganta, Optimistka, Pam'yat Artemenka, Shans, Lutovka, and Shpanka, harvested at the consumer stage of ripeness at the L.P. Simirenko Experimental Station of the Institute of Horticulture of the National Academy of Agrarian Sciences, were studied.

The technological quality indicators of cherries of different varieties were assessed based on the physical characteristics of the fruit. It was found that, on average, cherries have a length and thickness of 10 mm and a width of 20 mm. The weight of the fruit is 4.7 g. The average diameter of the fruit is 19.5–19.6 mm. The average projected area of the fruit is 303.8–320.17 mm². The average surface area is 120.67 mm². The sphericity of the fruit is 100.9. The aspect ratio is 1.04. The peeling and elongation indices are 0.95 and 0.97, respectively. The volume of the fruit is 4036 mm³.

Mathematical models for predicting the quality of cherry fruit have been developed based on physical indicators. The prospect for further research is the application of the obtained indicators in regulatory documents for raw materials required by enterprises for the storage and processing of products.

Key words: cherry fruit, physicochemical parameters, diameter, volume, sphericity.

Постановка проблеми. Нині автоматизація та механізація технологічних процесів на підприємствах харчової промисловості відіграє важливе значення у робочому процесі підприємств. Важливим при цьому є розробка чітких технік та методів оцінки якості харчової продукції її моделювання які використовуються при проектуванні та механізації технологічних процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вишня – широко розповсюджена плодова культура в Україні, невибаглива до ґрунтово-кліматичних умов. Вона займає 2-ге після яблуні місце та характеризується зимостійкістю, скороплідністю, щорічною врожайністю, відносною невибагливістю до умов вирощування. Її плоди цінують за раннє досягання, високі смакові якості, лікувальні та тонізуючі властивості [1, 2]. Плоди вишні багаті на антоціани, флавоноїди, що зумовлюють її червоне забарвлення [3, 4].

За вмістом Р-активних речовин вишня не поступається аронії чорноплідній, горобині, яблукам, смородині [5, 6].

Вважається, що дуже ефективним з точки зору тривалого зберігання якості вишні є швидке заморожування. Аналіз літературних джерел показав, що одним із факторів, який стримує розвиток виробництва швидкозаморожених плодів вишні та вишнево-черешневих гібридів є недостатній ступінь вивченості сучасного вітчизняного сортименту цієї культури [7, 8].

Як швидкокопсувний продукт вишня піддається післязбиральній доробці: сортування, обробка антимікробними та іншими речовинами (лимонна кислота, саліцилова кислота), миття, пакування, транспортування [9]. При цьому важливим є вивчення питання фізичних, термічних, механічних властивостей післязбиральної обробки [10].

Фізичні характеристики плодів впливають на вибір обладнання та транспортування, сортування і пакування та умови зберігання [11]. Тоді як характеристики стиснення, щільність мають важливе значення для оптимізації транспортних операцій та упаковки [12–19].

Постановка завдання. Метою дослідження було дати оцінку фізико-механічним властивостям плодів вишні, зокрема розмір, вага, колір, щільність. Визначити моделі, які дають змогу врахувати та оцінити технологічні властивості плодів.

Матеріали й методика досліджень. Плоди вишні сортів Гріот Подбельський, Альфа, Жадана, Елегантна, Оптимістка, Пам'ять Артеменка, Шанс, Лутовка, Шпанка зібрані у стані споживчої стадії стиглості на дослідній станції імені Л.П. Смирненка Інституту садівництва НААН у 2016–2020 роках.

Масу плодів визначали за допомогою ваг з точністю до 0,01 г за Методикою проведення експертизи рослин групи плодових в Україні [13].

Для визначення відсоткового вмісту м'якоті і кісточки та їх співвідношення використовували рівняння (1 і 2): [14].

$$\text{Відсоток м'якоті} = \frac{\text{Вага} \cdot \text{мякоті}(g)}{\text{Вага} \cdot \text{плоду}(g)} * 100, \% \quad (1);$$

$$\text{Вага кісточки} = \frac{\text{Вага} \cdot \text{кісточки}(g)}{\text{Вага} \cdot \text{плоду}(g)} * 100, \% \quad (2).$$

Розміри плодів вимірювали мікрометром (з точністю до 0,01 мм). Для визначення розміру із партії плодів відбирали випадково 100 плодів. Визначали розміри по 3-х осях по осі x – велика вісь – довжина плоду (L), вісь y – від прямого кута осі x по площині шва – ширина (W) і товщина яку вимірювали вздовж осі z (T). Визначали показники середнього діаметру (dc), середній арифметичний діаметр (da), мм, середньогометричний діаметр (dd), мм, за рівняннями:

Середньогометричний діаметр, мм:

$$d_g = (L \cdot W \cdot T)^{\frac{1}{3}} \quad (3);$$

Середньоарифметичний діаметр, мм:

$$d_a = \frac{L + W + T}{3} \quad (4);$$

Еквівалентний середній діаметр, мм

$$d_e = \left[\frac{L \cdot (W + T)^2}{4} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (5);$$

Сферичність:

$$\phi = \frac{(L + W + T)^{\frac{1}{3}}}{3} \cdot 100 \quad (6);$$

Співвідношення:

$$A_r = \frac{W}{L} \quad (7);$$

Індекс лущення:

$$f_r = \frac{T}{W} \quad (8);$$

Індекс подовження:

$$E_r = \frac{L}{W} \quad (9);$$

Проектована площа перпендикулярна до довжини плоду, мм²:

$$P_w = \frac{\pi \cdot W \cdot T}{4} \quad (10);$$

Проектована площа перпендикулярна до товщини плоду, мм²:

$$P_L = \frac{\pi \cdot L \cdot W}{4} \quad (11);$$

Проектована площа перпендикулярна до ширини плоду, мм²:

$$P_w = \frac{\pi \cdot W \cdot W}{4} \quad (12);$$

Критерії проекрованої площі, мм²:

$$CPA = \frac{P_L \cdot P_T \cdot P_W}{3} \quad (13);$$

Площа поверхні плоду, мм²:

$$S_A = \pi \cdot d_g^2 \quad (14);$$

Визначали співвідношення сторін, сферичність, площу поверхні (мм), об'єм (мм³) [15].

Об'єм витягнутого сфероїда, мм³:

$$V_{pro} = \frac{4\pi}{3} \times \left[\frac{L}{2} \right]^2 \times \left[\frac{W}{2} \right] \quad (15);$$

Об'єм сплюсненого сфероїда, мм³:

$$V_{pro} = \frac{4\pi}{3} \times \left[\frac{L}{2} \right] \times \left[\frac{W}{2} \right]^2 \quad (16);$$

Еліпсоїдний об'єм плоду, мм³:

$$V_{elip} = \frac{4\pi}{3} \times \left[\frac{L}{2} \right] \times \left[\frac{W}{2} \right] \times \left[\frac{T}{2} \right] \quad (17).$$

Статистичний аналіз мінімум, максимум, середні значення плодів обчислювали за програмою Excel, Statistica. Модель із найбільшим коефіцієнтом регресії (R²) обрано як модель оптимальної маси [15, 16, 17].

Виклад основного матеріалу дослідження. Використовуючи рівняння (1, 2) було розраховано середній відсоток м'якоті та кісточки плодів вишні різних сортів який склав 93,06 – 93,4% (табл. 1).

При чому найменший він був у плодів вишні сорту Оптимістка (93,06%) та Альфа (92,55%), а найвищий у сорту Шпанка (93,4%), Пам'ять Артеменка (93,33%) і Елегантна (93,33%).

Найвищий відсоток кісточки у плодів вишні сорту Жадана (7,69%, а найменший у сорту Шпанка (6,6%).

Таблиця 1

Фізичні властивості плодів вишні

Сорт	Вага плоду	Вага кісточки	Вага м'якоті	Відсоток м'якоті, %	Відсоток кісточки, %
Гріот Подбельський	4,6±	0,31±	4,29±	93,26	6,74
Альфа	5,1±	0,38±	4,72±	92,55	7,45
Жадана	5,2±	0,40±	4,80±	92,31	7,69
Елегантна	4,5±	0,30±	4,20±	93,33	6,67
Оптимістка	4,9±	0,34±	4,56±	93,06	6,94
Пам'ять Артеменка	4,8±	0,32±	4,48±	93,33	6,67
Шанс	4,2±	0,29±	3,91±	93,10	6,90
Лутовка	4,40,2	0,30±	4,10±	93,18	6,82
Шпанка	4,7±	0,31±	4,39±	93,40	6,60

Вміст м'якоті та кісточки плодів вишні можуть враховуватись для проектування обладнання із сортування та у роботі кісточковибивних машин на підприємствах харчової промисловості.

Крім фізичних показників, важливе значення мають і розміри плодів (таблиця 2).

Дослідження дають змогу встановити, що середні значення по сортах плодів вишні відрізняються між собою і складають: довжина 19 мм, ширина 20 мм і товщина 19 мм. При цьому значення для середнього діаметра (враховуючи формули 3–5) становлять 19,5 і 19,6 мм. Дані мають важливе значення для підбору сортувальних транспортерів та для миття сировини на підприємствах харчової промисловості.

Таблиця 2

Фізичні властивості плодів вишні

Фізичні властивості	Сорт							Середнє
	Гріот Подольський	Альфа	Жадана	Елегантна	Оптимістка	Пам'ять Артемьєва	Шанс	
1. Довжина, (L), мм	20±	21±	22±	18±	20±	18±	17±	19
2. Ширина, (W), мм	18±	21±	22±	20±	21±	21±	18±	20
3. Товщина, (T), мм	19±	20±	20±	18±	20±	20±	17±	19
4. Середньогометричний діаметр, (dg), мм	19,0	20,7	21,3	18,6	20,3	19,6	17,3	19,5
5. Середній арифметичний діаметр (da), мм;	19,0	20,7	21,3	18,7	20,3	19,7	17,3	19,6
6. Еквівалентний середній діаметр (de), мм.	19,0	20,7	21,3	18,7	20,3	19,6	17,3	19,6
7. Сферичність, ф	94,9	98,4	96,9	103,6	101,6	109,0	101,9	100,9
8. Співвідношення сторін	0,90	1,00	1,00	1,11	1,05	1,17	1,06	1,04
9. Індекс лущення	1,06	0,95	0,91	0,9	0,95	0,95	0,94	0,95
10. Індекс подовження	1,11	1,00	1,00	0,90	0,95	0,86	0,94	0,97
11. Проектована площа, перпендикулярна до довжини плоду (мм ²)	268,47	329,70	345,40	282,60	329,70	329,70	240,21	303,68
12. Проектована площа, перпендикулярна до товщини плоду (мм ²)	282,6	346,19	379,94	282,6	329,7	296,73	240,21	308,28
13. Проекція площі, перпендикулярної ширині плоду (мм ²)	254,34	346,19	379,94	314,00	346,19	346,19	254,34	320,17
14. Критерій проекрованої площі (мм ²).	268,47	340,69	368,43	293,07	335,2	324,21	244,92	310,71
15. Площа поверхні (мм ²) плоду	1131,45	1340,92	1426,2	1091,39	1297,53	1209,51	942,71	1205,67
16. Об'єм витягнутої сфероїди (мм ³) плоду	3768,00	4846,59	5572,45	3391,20	4396,00	3560,76	2722,38	4036,77
17. Об'єм сплюснутої сфероїди (мм ³) плоду	3391,20	4846,59	5572,45	3768,00	4615,80	4154,22	2882,52	4175,83
18. Еліпсоїдний об'єм (мм ³) плоду	3579,60	4615,80	5065,87	3391,20	4396,00	3956,40	2722,38	3961,04

За допомогою рівнянь (10–13) було визначено показники проекрованої площі (мм²), середні значення яких складали 303,68–308,38 і 320,17 мм² відповідно. При цьому розрахована середня площа поверхні складала – 1205,67 мм². Дані площі необхідні для оцінки індексу стиглості, інтенсивності транспірації та визначення втрат маси плодів.

За наведеними формулами 6 і 7 середня сферичність плодів вишні складала 100,9, а співвідношення сторін – 1,04. Що свідчить про те, що плоди вишні мають опуклу сферичну округлу форму. Співвідношення сторін і сферичність впливають на сипучість плодів.

В таблиці 2 наведено індекс лущення і індекс подовження (формула 8 і 9), який в середньому склав 0,95 і 0,97 відповідно. Даний показник має велике значення для підбору параметрів кістчочковибивної машини.

Об'єм плодів вишні (обраховували за формулами 15–17) еліпсоїдний та витягнутого і сплюсненого сфероїда становив 3961,04, 4036,77 і 4175,83 мм³. Отримані показники об'єму, площі, середніх діаметрів відіграють важливе значення при визначенні швидкості теплообміну в холодильнику, при сушінні сировини, оцінки щільності плодів при пакуванні та зберіганні продукції [18, 19].

На основі досліджень розроблено моделі регресії, які можна використовувати для моделювання плодів вишні: лінійна, квадратична та степенева (рис. 1).

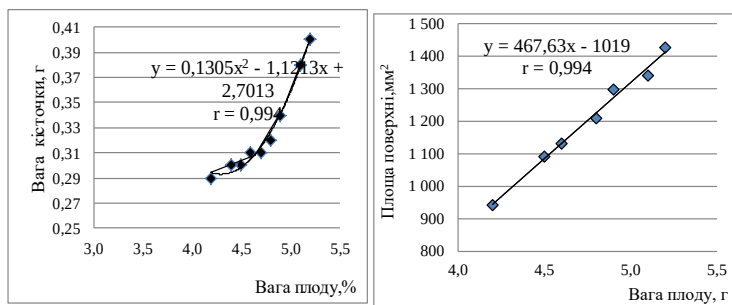


Рис. 1. Кореляційна залежність ваги плоду від ваги кісточки та площі поверхні плодів вишні

Висновки. Оцінено якісні показники плодів вишні різних сортів на основі фізичних характеристик плодів. Розроблено математичні моделі прогнозування якості плодів вишні за фізичними показниками.

Встановлено, що в середньому плоди вишні мають довжину і товщину 10 мм, ширину 20 мм. Вага плодів – 4,7 г. Середній діаметр плодів складав 19,5–19,6 мм. Середня проектована площа плодів 303,8–320,17 мм². Середня площа поверхні – 120,67 мм². Сферичність була рівна 100,9.

Співвідношення сторін – 1,04. Індекс лущення і подовження склав 0,95 і 0,97 відповідно. Об'єм плодів 4036 мм³.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бублик М.О. Зональне районування вишні і сливи в Україні. *Сад, виноград і вино України*. 2002. №9. С. 20–24.
2. Шкіндер-Барміна А.М., Туровцева В.О., Туровцева Н.М. Перспективні сорти вишні інституту зрошувального садівництва імені М. Ф. Сидоренка. *Біологічний вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького*. 2011. № 3. С. 73–79.
3. Kasım R, Sülüsoğlu M, Ufuk Kasım M. Relationship between total anthocyanin level and colour of natural cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) fruits. *African Journal of Plant Science*. 2011. № 5(5). P. 323–328.
4. Lakatos L., Szabó T., Szabó Z. & Soltész M., Nyéki J., Sun Z., Dussi M.. The influence of meteorological variables on sour cherry quality parameters. *Acta Horticulturae*. 2014. Vol. 1020. P.287–292. 10.17660/ActaHortic.2014.1020.41.
5. Yılmaz F.M., Görgüç A., Mehmet Karaaslan M., Vardin H., Bilek S.E., Uygun O., Cavit Bircan C. Sour cherry by-products: *Compositions, functional properties and recovery potentials critical reviews in food science and nutrition*. 2018.

6. Milošević T., Milošević N. Fruit quality attributes of sour cherry cultivars 2012. <http://dx.doi.org/10.5402/2012/593981>
7. Іванченко В.Й., Іванова І.Є. Вибір кращого для заморожування та тривалого зберігання сорту дюків з оптимальним комплексом параметрів органолептичних та фізико-хімічних показників плодів. *Виноградарство і виноробство*. 2009. Т. 39. С. 49–52.
8. Borowy A., Chrzanowska E., Kaplan M. Comparison of three sour cherry cultivars grown in central eastern Poland. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 2018. Vol.17(1). P. 63–73.
9. Kumari V., Yadav B. S. B., Yadav R., Nema P. K. Effect of osmotic agents and ultasonication on osmo-convective drying of sweet lime (Citrus limetta) peel. *Journal of Food Process Engineering*. 2020. Vol.43(4). P. 2–11.
10. Azman P. N. M. A., Shamsudin R., Che Man H., Ya acob, M. E. Some Physical Properties and Mass Modelling of Pepper Berries (Piper nigrum L.), Variety Kuching, at Different Maturity Levels. *Processes*. 2020. Vol.8(10). P. 1314.
11. Birania S., Attkan A. K., Kumar S., Kumar N., Singh V. K. Mass modeling of strawberry (Fragaria × Ananasa) based on selected physical attributes. *Journal of Food Process Engineering*. 2022. Vol.45(5). P.1–12.
12. Murakonda S., Patel G., Dwivedi M. Characterization of engineering properties and modeling mass and fruit fraction of wood apple (Limonia acidissima) fruit for post-harvest processing. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2022. Vol.21(4). P. 267–277.
13. Методика проведення експертизи сортів рослин групи плодових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні / За ред. Ткачик С. О. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 850 с.
14. Abhishek K., Vinita R., Ravika R. Studies on Physical Changes in Fruit Development of Sweet Orange (Citrus sinensis (L.) Osbeck). *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. 2017. Vol.5(1). P. 601–612.
15. Obrero G.O., Perea, C. A., Mancera A., Emigdio C., Ma V.-O., Gilberto L. C., Cynthia S. A. Physical characterization and mass modeling by geometrical attributes of black sapote (Diospyros nigra (J.F.Gmel.) Perr.). *Agrociencia*. 2024. P. 1-17.
16. Shamsudin, R., Che-Man H., Ariffin S. H., Mohd-Ghani S., Azmi N. Some Engineering Properties of Pineapple Fruit. *The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics*. 2023. Vol.23. P. 269-281.
17. Barbhuiya R. I., Nath D., Singh S. K., Dwivedi M. Mass Modeling of Indian Coffee Plum (Flacourtia Jangomas) Fruit with Its Physicochemical Properties. *International Journal of Fruit Science*. 2020. Vol.20(3). P. 1–24.
18. Василюшина О.В. Встановлення взаємозв'язку між фізико-хімічними показниками плодів вишні протягом зберігання методом кореляційних плеяд. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. №.2. С.72–78.
19. Василюшина О.В. Зміна фізичних показників плодів вишні залежно від обробки полісахаридними композиціями протягом зберігання. *Наукові доповіді НУБіП*. 2021. №1 (89). URL:<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/14724>.