

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЯГОД ОБЛЕПИХИ

DETERMINATION OF SOME PHYSICAL PROPERTIES OF SEA BUCKTHORN BERRIES

НЕТРЕБА Н., МАКАРЬ А., САНДУЛАКИ Е., БОЕШТЯН О., САНДУ Ю., ДИАНУ И.,
Технический университет Молдовы

Abstract. The article describes some of the physical properties of sea buckthorn berries grown in the Republic of Moldova. There were 4 different sorts of sea buckthorn. The complex of technological qualities of varieties includes high winter hardiness, yield, resistance to diseases and pests, large-fruited, high transportability of berries and biochemical composition. Dimensional and gravimetric properties (mass of berries, pulp, seeds, volume, surface area) were determined in the samples. The research results will make it possible to select the most suitable varieties for freezing, drying and other preservation methods, to give recommendations on the use of varieties for different types of processing.

Key-words: Sea buckthorn berries, Dimensional properties, Physical properties, Gravimetric properties.

Abstract. În acest articol sunt descrise unele dintre proprietăți fizice ale fructelor de cătină alba cultivate în Republica Moldova. Pentru cercetare, au fost luate 4 soiuri de cătină. Complexul de calități tehnologice ale soiurilor include rezistență ridicată la iernat, recolta, rezistență la boli și dăunători, mărimea fructelor, transportabilitate ridicată a fructelor și compoziție biochimică. În probe au fost determinate proprietățile dimensionale și gravimetrice (masa fructelor, a pulpei, a semințelor, volum, suprafață). Rezultatele obținute în urma cercetărilor vor oferi posibilitatea de a selecta cel mai potrivite soiuri pentru congelare, uscare și alte metode de conservare, pentru a elabora unele recomandări privind utilizarea soiurilor pentru diferite metode de prelucrare.

Cuvinte cheie: Cătina albă, Proprietățile dimensionale, Proprietățile fizice, Proprietățile gravimetrice.

Аннотация. В статье описаны некоторые физические свойства ягод облепихи, выращенных в Республике Молдова. Для исследований были взяты 4 сорта облепихи. Комплекс технологических

качеств сортов включает высокую зимостойкость, урожайность, устойчивость к болезням и вредителям, крупноплодность, высокую транспортабельность ягод и биохимический состав. В образцах были определены размерные и гравиметрические свойства (масса ягод, мякоти, семян, объем, площадь поверхности). Результаты исследований позволят произвести отбор наиболее подходящих сортов для замораживания, сушки и других методов консервирования, привести рекомендации по использованию сортов для разных видов переработки.

Ключевые слова: Облепиха, Размерные показатели, Физические характеристики, Гравиметрические показатели.

ВВЕДЕНИЕ

Облепиха (*Hippophae* L.) произрастает в более чем 30 странах мира и распространена в границах территорий Азии, Европы, а также Северной и Южной Америки [13]. Обсуждаемая в настоящее время в научных кругах систематическая классификация облепихи насчитывает от 6 до 8 видов, многие из которых, в свою очередь, представлены несколькими подвидами [1, 17]. Вместе с тем большинство видов и подвидов облепихи не используются в промышленном производстве плодово-ягодной продукции и являются исключительно объектами ботанических исследований. Исключение составляют две разновидности – *Hippophae sinensis* Rousi и *Hippophae rhamnoides* L., причем первая представлена в основном в Китае, занимая огромные площади (более 1 млн га), вторая – на территории Европы и центральной Азии, в том числе и Республики Молдова. Основным же видом, который используется в промышленном садоводстве, является *H. rhamnoides* L. Именно на его основе созданы все сорта европейской селекции [9, 10, 15].

Физические свойства ягод имеют важное практическое значение при оценке качества, а также при выборе способов упаковки, организации транспортирования и хранения. Значение физических свойств, кроме того, дает возможность выбрать наиболее рациональные способы переработки. Физические характеристики – одни из важнейших признаков ценности сорта любой плодовой и ягодной культуры, в том числе и облепихи, во многом определяющий урожайность сорта, его привлекательность и экономическую эффективность. Масса, размеры ягоды варьируют по годам в широких пределах и зависят от многих факторов [19]. Но, в первую очередь, масса ягоды – это сортовой, генетически обусловленный признак.

Исследования физико-механических характеристик различных сортов облепихи *Hippophae rhamnoides* L., как факторов, определяющих качество и стабильность ягод при хранении очень важны. Но в мире, включая и в Республике Молдова, эти темы мало изучены.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ

Исследования проводились в рамках проекта: *Elaborarea tehnologiei de producere a cătinii albe în sistem ecologic și a prelucrării fructelor și biomasei* в Техническом университете Молдовы. Были изучены 4 сорта облепихи Mara, Cora, Dora, Clara урожая 2021 г., выращенные в р. Дубэсарь Республики Молдова. Ягоды исследовали в стадии полной зрелости. Период созревания для исследуемых сортов облепихи в 2021 г., определенный путем предварительного комплексного анализа физическо-механических, органолептических и физико-химических характеристик, составил: для сорта Mara с 10.08.2021, для сортов Cora и Dora с 31.08.2021, для сорта Clara с 07.09.2021.

Сбор облепихи производили утром, используя специальный секатор. Объем выборки при сборе для каждого сорта составлял 2-3 кг. Затем плоды перевозили в лабораторию и отделяли от веточек, используя обрезные ножницы, промывали и предварительно отбирали в соответствии со стадией спелости, цветом, размером, однородностью, массой и отсутствием травм или заболеваний.

Отбор проб осуществляли в соответствии со стандартом SM SR ISO 874:2006 [14].

Выделяли среднюю пробу массой 1 кг, далее распределяли пробу на 10 равных частей по 100 г. В каждой части определяли размерные свойства (длину, ширину, толщину, средний арифметический диаметр, средний геометрический диаметр, сферичность, объем плода, площадь поверхности и площадь проекции), массу ягод, количество ягод в 100 г навески,

соотношение плод/мякоть.



Рис. 1. Экспериментальные образцы облепихи

Количество ягод определяли методом подсчета в 100 г пробы в трех повторах. Массу ягод, соотношение мякоть/плод определяли весовым методом, путем взвешивания 100 ягод на электронных весах с погрешностью 0,001 г.

Измерения геометрических размеров проводили в вертикальной, горизонтальной и диагональной плоскостях с помощью цифрового штангенциркуля Carbon Fiber Composites Digital Caliper с ценой деления 0,01 мм.

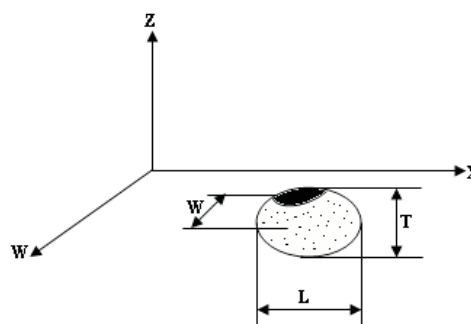


Рис. 2. Измерение геометрических размеров ягод

Сначала плавным движением подвижной измерительной губки уменьшали зазор между губками штангенциркуля до момента удержания ягоды. Затем, также плавно, раздвигали губки до момента выпадения ягод из зазора. Показание штангенциркуля в этот момент принималось за результат измерения. Результаты измерений длины, ширины и толщины округляли до 0,1 мм и фиксировали в таблице.

Средний арифметический диаметр (D_{ar} , мм) и средний геометрический диаметр (D_g , мм) определяли, используя уравнения 1 и 2 [8].

$$D_{ar} = \frac{L+W+T}{3} \quad (1)$$

$$D_g = \sqrt[3]{L \times W \times T} \quad (2)$$

где: L – длина ягоды, мм;

W – ширина ягоды, мм;

T – толщина ягоды, мм.

Сферичность (φ , %) ягод является показателем их округлости. Сферичность ягод облепихи определяли по формуле 3 [6]:

$$\varphi = \left(\frac{\sqrt[3]{L \times W \times T}}{L} \right) \times 100 \quad (3)$$

Площадь поверхности (S , мм²) образцов ягод рассчитывали с использованием уравнения 4 [2, 3, 5]:

$$S = \frac{\pi \times \sqrt{W \times T} \times L^2}{2 \times L - \sqrt{W \times T}} \quad (4)$$

Объем (V , мм³) образцов ягод был рассчитан согласно уравнению 5 [3, 7, 16]:

$$V = \frac{\pi \times W \times T \times L^2}{6 \times (2L - \sqrt{W \times T})} \quad (5)$$

Площадь проекции (P_a , мм²) - важный параметр для определения аэродинамических свойств ягод [11]. Этот параметр был определен с использованием уравнения 6 [4]:

$$P_a = \frac{\pi \times W \times L}{4} \quad (6)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Одним из наиболее значимых компонентов продуктивности является масса ягоды. Несмотря на то, что масса ягоды довольно динамичный показатель, определяющими являются сортовые особенности, так как при оптимальных условиях выращивания различия между сортами по уровню крупноплодности бывают довольно значительными [12]. Анализ механического состава ягод 4 сортов облепихи позволил выявить существенные различия между ними по исследуемым параметрам. В таблице 1 сведены результаты измерения средней массы 100 ягод облепихи, количества ягод в 100 г и соотношения мякоть/плод. Сорта в таблице ранжированы по степени убывания показателя «средняя масса ягоды».

Таблица 1. Физические характеристики облепихи *Hippophae rhamnoides* L.

Название сорта	Средняя масса 100 ягод, г	Количество ягод в 100 г навески, шт.	Соотношение мякоть/плод, %
Cora	32,99±0,38	318±2	93,1±0,4
Clara	31,86±0,12	326±4	96,3±0,5
Dora	21,88±0,13	448±2	94,4±0,3
Mara	18,35±0,56	552±2	92,8±0,5

Как показали исследования, диапазон варьирования массы 100 г ягод – 17,79-33,37 г. В соответствии с дифференциацией сортов ягод облепихи, сорта Mara и Dora относятся к мелкоплодным (с массой 100 г ягод до 25 г), сорта Cora и Clara - к сортам со средней массой (масса 100 г ягод 25-45 г).



Рис. 3. Ягоды мелкоплодных сортов облепихи (урожай 2021г.)



Рис. 4. Ягоды сортов облепихи со средней массой (урожай 2021г.)

В результате определения размерных величин были рассчитаны средний арифметический диаметр, средний геометрический диаметр, степень сферичности, площадь поверхности и объем ягод. В таблице 2 представлены геометрические размеры ягод облепихи

Таблица 2. Геометрические размеры ягод облепихи *Hippophae rhamnoides* L.

Показатели		Средние значения показателей по сортам			
		Сора	Dora	Mara	Clara
Длина ягоды (L), мм	пределы	7,60-10,10	6,40-8,90	7,00-10,00	8,30-11,80
	среднее	9,13±0,61	7,72±0,63	8,58±0,62	10,50±0,92
Ширина ягоды (W), мм	пределы	5,80-8,20	4,50-7,50	4,40-7,40	6,00-8,62
	среднее	7,23±0,67	6,12±0,64	6,17±0,66	7,67±0,70
Толщина ягоды (T), мм	пределы	6,70-9,80	5,20-8,60	5,70-9,00	7,50-10,92
	среднее	8,38±0,74	6,98±0,70	7,39±0,79	9,52±0,89
Средний арифметический диаметр (D_a), мм	пределы	6,80-9,13	5,70-8,33	5,97-8,77	7,37-10,20
	среднее	8,25±0,62	6,94±0,59	7,38±0,62	9,23±0,78
Средний геометрический диаметр (D_g), мм	пределы	6,77-9,10	5,62-8,31	5,86-8,70	7,31-10,11
	среднее	8,20±0,63	6,01±0,60	7,31±0,64	9,15±0,78
Фактор сферичности (φ), %	пределы	80,6-97,6	73,5-99,2	71,5-96,2	78,2-92,3
	среднее	89,9±3,7	89,5±4,8	85,2±4,5	87,2±3,1
Площадь поверхности ягоды (S), мм ²	пределы	131,65-245,22	85,92-204,48	93,06-214,42	152,11-292,09
	среднее	196,06±31,41	138,76±25,39	151,45±27,79	239,55±39,71
Объем ягоды (V), мм ³	пределы	140,28-359,60	71,54-273,70	80,28-290,01	173,74-463,11
	среднее	257,76±61,23	153,72±42,66	173,48±48,58	346,10±83,13
Площадь проекции (P_a), мм ²	пределы	39,97-74,62	28,98-60,0,8	33,56-69,87	50,17-98,19
	среднее	60,35±8,56	42,49±7,07	50,04±8,27	78,98±13,15

Длина, ширина и толщина исследуемых образцов ягод облепихи варьировались от 6,40 мм до 11,83 мм, 4,40 мм до 8,62 мм и от 5,20 мм до 10,92 мм соответственно. Сравнение между сортами Mara, Sora, Dora, Clara указывает на то, что диапазон размеров сорта Clara был шире, чем сортов Mara, Sora и Dora.

Средний геометрический диаметр и средний арифметический диаметр были рассчитаны на основе уравнения 1 и уравнения 2, соответственно. Средний геометрический диаметр был несколько меньше среднего арифметического диаметра, полученного во всех случаях, для всех сортов, что закономерно подчиняется обобщенному неравенству Коши, согласно которому среднее арифметическое n положительных чисел всегда не меньше среднего геометрического этих чисел [18]. Сравнение исследуемых сортов показывает, что максимальное значение среднего арифметического и геометрического диаметра у сорта Clara, а минимальное у сорта Dora, а наибольшее отклонение геометрического диаметра от арифметического из всех испытуемых – у сорта Dora.

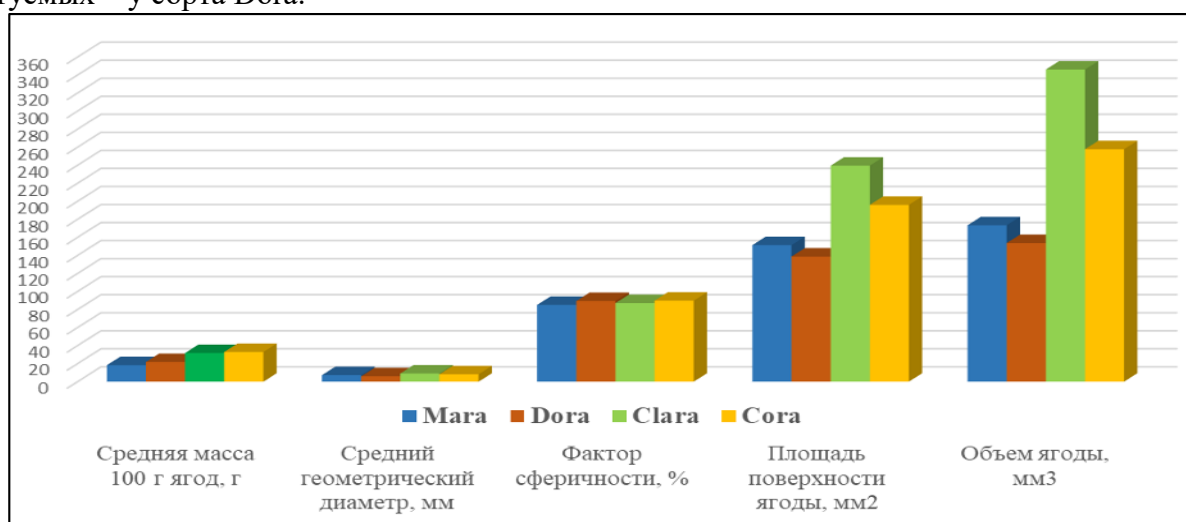


Рис. 5. Физические свойства облепихи, культивируемой в Республике Молдова

На основании полученных экспериментальных результатов было установлено, что средний геометрический диаметр плодов облепихи составляет от 5,41 мм до 9,93 мм. Сорта с

наибольшей массой ягоды характеризовались и большим ее размером. Средняя площадь поверхности и средний объем имели диапазон варьирования 113,37-279,26 мм² и 111,06-429,23 мм³ соответственно. Сорта Cora и Dora имели более высокую сферичность, чем сорта Mara и Clara. Ягоды облепихи сортов Mara и Clara имели более вытянутую эллипсоидную форму.

ВЫВОДЫ

Результаты работы представляют собой исследование некоторых физических свойств плодов облепихи перспективных сортов, собранных в Республике Молдова в 2021 году. Результаты исследований могут использоваться для оценки качества сортов облепихи *Hippophae rhamnoides* L., выращиваемых в Республике Молдова. Выявлена незначительная неоднородность опытных партий облепихи по физическим характеристикам: массе 100 штук плодов, соотношению мякоть/плод, сферичности, поверхности и объему плода. В результате исследований определены основные размерные показатели и некоторые физико-механические свойства ягод облепихи: средний диаметр, средняя толщина, сферичность, объем, площадь поверхности и площадь проекции, масса 100 ягод, количество ягод в 100 г навески, соотношение плод/мякоть.

Результаты исследований будут использованы при дальнейшем изучении гранулометрического состава и гидродинамических характеристик взвешенного слоя ягод облепихи, что позволит использовать эти данные в инженерно-технологических расчетах, связанных с переработкой облепихи *Hippophae rhamnoides* L., выращиваемой в Республике Молдова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. BARTISH, I., JEPSSON, N. Application of Molecular Markers to Study the Systematics, Phylogeny, Biogeography, Genetic Diversity and Population Genetics of *Hippophae* L. In: *Seabuckthorn (Hippophae L.): A Multipurpose Wonder Plant*. 2003. Vol. 1. pp. 64-71. ISBN: 9789351242666.
2. BARYEN, E. Physical properties of bambara groundnuts. In: *Journal of Food Engineering*. 2001. 47 (4). pp. 321–326. ISBN: 0260-8774
3. BARYEN, E. Physical properties of millet. In: *Journal of Food Engineering*. 2002. 51(1). pp. 39-46. ISBN: 0260-8774
4. BURUBAI, W., AKOR, A., IGONI, A. Some physical properties of African nutmeg (*Monodora myristica*). In: *International Agrophysics*. 2007. 21(2). pp. 123-126. ISSN: 0236-8722
5. JAFARI, S., KHAZAEI, J., ARABHOSSEINI, A. Study on mechanical properties of sunflower seeds. In: *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. 2011. 14(1): 06 ISSN 1505-0297 Available Online <http://www.ejpau.media.pl>
6. KHAZAEI, J., JAFARI, S., NOOROLAH, S. Lognormal vs. Normal and Weibull distributions for modeling the mass and size distributions of sunflower seeds and kernels. In: *World conference on agricultural information and IT, IAALD AFITA WCCA 2008, Tokyo University of Agriculture, Tokyo, Japan, August 24-27, 2008*. Tokyo, 2008, pp: 91-105. ISBN: 9784931250024
7. KIBAR, H., OZTURK, T. Physical and mechanical properties of soybean. In: *International Agrophysics*. 2008. 22. pp. 239-244. ISSN: 0236-8722
8. KOOCHEKI, A., RAZAVI, S., MILANI, E., MOGHADAM, T., ABEDINI, M., ALAMATIYAN, S., IZADKHAH, S. Physical properties of watermelon seed as a function of moisture content and variety. In: *International Agrophysics*. 2007. 21(4). pp. 349-359. ISSN: 0236-8722
9. LIAN, Y., CHEN, X., SUN, K., MA, R., A new subspecies of *Hippophae* (Elaeagnaceae) from China. In: *Novon*. 2003. Vol. 13. № 2. pp. 200–202. ISSN 1055-3177 (Print), ISSN 1945-6174 (Online)
10. LIAN, Y., CHEN, X., LIAN, H., Taxonomy of Seabuckthorn (*Hippophae* L.) In: *Seabuckthorn (Hippophae L.): A Multipurpose Wonder Plant*. 2003. Vol. 1. pp. 35–46. ISBN: 9789351242666
11. MIRZABE, A., KHAZAEI, J., CHEGINI, G. Physical properties and modeling for sunflower seeds. In: *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2012. 14(3). pp. 190-202. ISSN 1682-1130
12. RODYUKOVA, O. Results of the study of black currant varieties in the environments of the Central Black-Soil Zone (Resultaty sortoizucheniya smorodiny chernoy v usloviyakh TsChZ). In: *The Current State of Cultivated Currants and Gooseberries*. Michurinsk – Naukograd RF. 2007. pp.149-163
13. SINGH, V. Geographical adaptation and distribution of Seabuckthorn (*Hippophae* L.) resources.

In: *Seabuckthorn (Hippophae L.): A Multipurpose Wonder Plant – Botany, Harvesting and Processing Technologies* (V. Singh, Editor in Chief), Indus Publishing Company, New Delhi. 2003. pp. 21-34. ISBN: 8173871566

14. SM SR ISO 874:2006 „Fructe și legume proaspete. Eșanționare (luarea probelor)”

15. SWENSON, U., BARTISH, I. Taxonomic synopsis of Hippophae (Elaeagnaceae). In: *Nordic Journal of Botany*. 2003. Vol. 22. pp. 369–374. ISSN 1756-1051

16. TABARSA, T., JAHANSHAH, S., ASHORI, A. Mechanical and physical properties of wheat straw boards bonded with atannin modified phenol–formaldehyde adhesive. *Composites: Part B: Engineering*. 2011. 42 (2). pp. 176–180. ISSN: 1359-8368

17. YONGSHAN, L., XUELIN, C., HONG, L. Taxonomy of seabuckthorn (Hippophae L.). In: *Seabuckthorn (Hippophae L.): A Multipurpose Wonder Plant*. 2003. Vol. I. New Delhi, India: Indus Publishing Company. pp. 35-46. ISBN 978-81-7387-156-6.

18. КАЛИНИН, С. Неравенство Коши: новое индуктивное доказательство и некоторые применения к решению задач. В: *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*. 2012. №1 (Январь). сс.. 11–15. ART 1203 У.Д.К.: 372.8:517.16 <http://e-koncept.ru/2012/1203>

19. САВА, П. Совершенствование технологии возделывания крыжовника в условиях республики Молдова В: *Плодоводство, Институт плодоводства Национальной академии наук Беларуси, научные труды*. 2004. Т.15: Самохваловичи, сс. 264-267. У.Д.К.: 634.725631.526.32581.192(478)