

ПЛОДЫ ШЕЛКОВИЦЫ –АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Лилиана КУЛЕВА, Андрей ЛУПАШКО, Михаил КУЛЕВ, Елена РОТАРЬ

Технический Университет Молдовы

Абстракт: Представлены характеристика плодов шелковицы (*Morus L.*) и обзор данных по их структуре, механическим и геометрическим параметрам. Благодаря высокому содержанию калия плоды шелковицы могут использоваться в качестве эффективного средства для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. При этом структура, медико-биологические, химические и физико-механические свойства плодов шелковицы недостаточно исследованы, а сами они практически не используются в фармацевтике и в пищевой промышленности Республики Молдова. Поэтому изучение вопросов моделирования и исследование плодов шелковицы с целью их использования в отмеченных областях, являются крайне актуальными и перспективными.

Ключевые слова: плоды, шелковица, структура, параметры, моделирование, метод конечных элементов.

1. Характеристика структуры плодов шелковицы

Шелковица-тут, тутовник или тутовое дерево (рис. 1а) - относится к семейству тутовых растений – *Moraceae* с двумя основными видами: шелковица белая и черная — *Morus alba L.*, *Morus nigra L.* Шелковицей, также называется плод (точнее соплодие) тутового дерева, длиной $(2-4) \times 10^{-2} \text{m}$, мясистый, сочный и имеющий пищевую ценность и лечебные свойства [1].

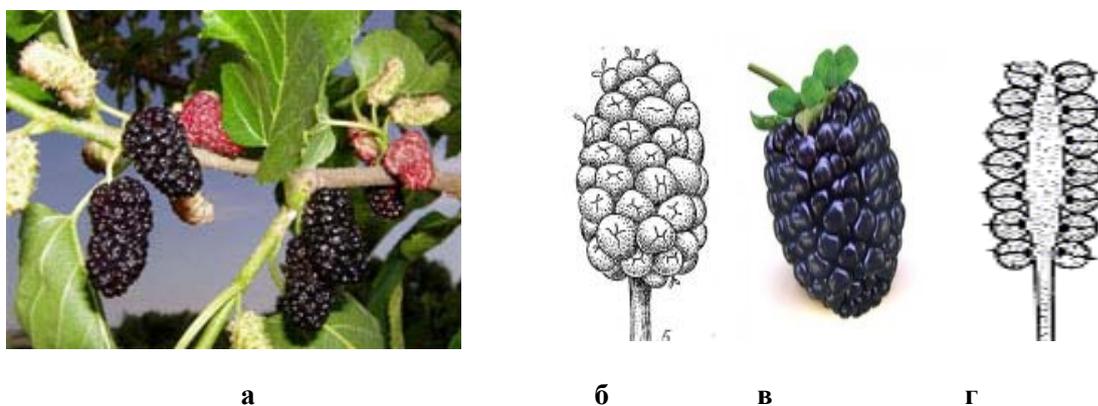


Рис. 1. Шелковица – а) тутовое дерево (фото) [2] и плоды-соплодия шелковицы: б) ботаническая иллюстрация [3]; в) фото [4]; г) продольный разрез [5].

У шелковицы соплодия (рис. 1б, в, г) формируются из сросшихся початковидных соцветий.

Соплодие шелковицы представляет собой кисть сочных односемянных плодиков (костянок), имеющих кожицу, мякоть и мелкое зернышко (семя-косточку). Но и кожица, и зернышко являются мягкими, и даже не заметно, что у этих плодиков такая сложная структура (рис. 2 [6] и рис. 3 [7]).



Рис. 2. Преобразование одного цветка шелковицы в плодик с косточкой. Рис. 3. Косточка плодика.

В результате проведенного экспериментального анализа авторами были получены и исследованы составные части плода черной шелковицы - многочисленные плодики с косточкой (обычно в количестве 20-40 шт.) и центральная ось соплодия (рис.4, 5).



Рис.4. Составные части плода черной шелковицы (фото авторов).



Рис. 5. Плод-соплодие черной шелковицы и одна из его многочисленных косточек (фото авторов).

Обзор химического состава плодов шелковицы, а также их медико-биологических характеристик и лечебных свойств был представлен в работах [8] и [9].

2. Конечноэлементная математическая модель структуры плода шелковицы

В соответствии с вышепредставленной сложной составной структурой плода шелковицы, в работе [10] была предложена конечноэлементная математическая модель структуры составного плода на примере плода (соплодия) шелковицы. В работе отмечается, что при составлении конечноэлементной математической модели важными моментами являются выбор вида конечного элемента и конечноэлементная дискретизация исследуемого объекта. Основой для правильного и адекватного выбора является сама структура объекта, в данном случае - это структура плода шелковицы, представленная и описанная выше. Исходя из этого, в качестве конечного элемента модели был выбран объемный (трехмерный) пятиузловой конечный элемент в форме пирамиды с квадратным основанием, с помощью которого можно адекватно смоделировать структуру и

параметры отдельно взятого плодика с косточкой, из множества которых (обычно 20-40 штук), как установлено, формируется соплодие (плод) шелковицы. При этом множество узлов, представляющих вершины пирамиды, адекватно моделируют центральную ось всего плода шелковицы. Количество и геометрические размеры конечных элементов (плодиков), а также физико-механические параметры для узлов конечных элементов определяются на основе статистического анализа экспериментальных измерений. С помощью конечноэлементной модели можно адекватно и эффективно проводить компьютерное моделирование как сложной структуры и параметров плода шелковицы, так и, например, сложных термодинамических процессов, протекающих в плоде при его сушке с целью продолжительного хранения и сохранения полезных свойств.

3. Механические и геометрические характеристики плодов шелковицы

Для определения геометрических и механических параметров конечноэлементной математической модели плода шелковицы были проведены экспериментальные измерения количества составных плодиков, размеров, массы и объема характерных образцов свежих плодов

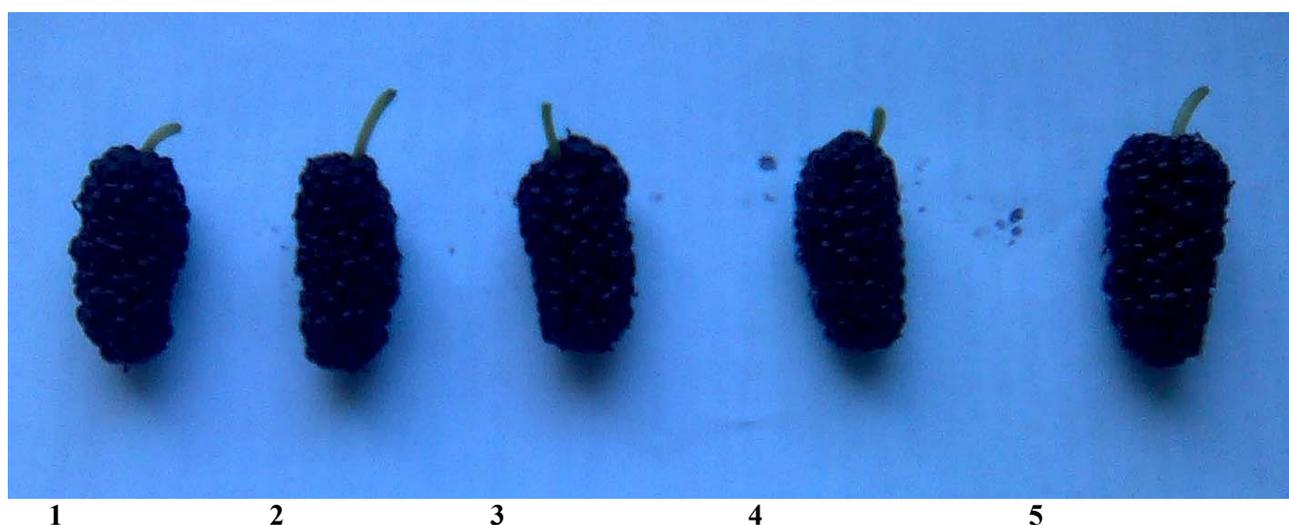


Рис. 6. Образцы свежих плодов черной шелковицы для проведения экспериментальных измерений(фото авторов).

черной шелковицы, использованных при проведении экспериментов(рис.6). Для измерения объема плода шелковицы был применен метод вытеснения при погружении в мензурку с дистиллированной водой. Результаты некоторых измерений для отдельно взятых плодов черной шелковицы представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п плода (рис.6)	Длина-L $\times 10^{-3}$ m	Диаметр-D $\times 10^{-3}$ m	Масса-M $\times 10^{-3}$ kg	Объем-V $\times 10^{-6}$ m ³	Количество плодиков в плоде
1	28	12,5	3,6	3,5	33
2	29	12,0	3,8	4,0	38
3	27	12,5	3,4	3,5	31
4	32	12,5	4,1	4,1	40
5	33	13,5	4,1	4,0	41

Кроме того, были определены массовые характеристики нескольких сборов, состоящих из различного количества свежих плодов черной шелковицы, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Порядковый номер сбора	1	2	3	4	5	6	7
Количество плодов в сборе	53	50	5	5	5	1	1
Массасбора×10 ³ kg	192,4	216,5	19,0	24,1	16,8	7,1	5,1

Заключение

Экспериментальный анализ составной структуры плода шелковицы, а также его физико-механических параметров позволяет получать данные для адекватного компьютерного моделирования, с помощью конечноэлементной математической модели, как сложной структуры и параметров плода шелковицы, так и, например, сложных термодинамических процессов, протекающих в плоде при его сушке с целью сохранения его полезных свойства продолжительного хранения.

Bibliografie

1. <http://beautyinfo.com.ua/m0c3i2910.html>-Шелковица: полезные и лечебные свойства(посещен 22.11.2012)
2. <http://www.webfazenda.ru/mulberry.html>-Шелковица(посещен 22.11.2012)
3. www.cosmoschool.ru/metod_library/grants/arhiv/bio/6-2.doc -Пособие 2. Плоды и семена.Раздел 2. Соплодия (посещен22.11.2012)
- 4.<http://oblepiha.com/calorie/fruits/1039-shelkovica-chernaya.html> - Шелковицачерная(посещен 22.11.2012)
- 5.<http://medbiol.ru/medbiol/botanica/001cb4a1.htm#0009a2dd.htm>-Биология и медицина. Рис.98 (суст).Тутовые(посещен22.11.2011)
- 6.<http://selene.ro/articole/dud> - Dudalb. Dudnegru(посещен22.11.2012)
7. BarbourJillR., Read Ralph A., Barnes Robert L.*Morus L.:mulberry* // The Woody Plant Seed Manual. Agric. Handbook No. 727, Washington, DC, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, April 2008, p. 728-732.
8. KulevaL. Шелковица – Медико-биологический объект (Обзор). Articolinrevista„Fizica si Tehnica. Procese, modele, experimente”, Universitatea de Stat „Aleco Russo” din Bălți, 2012, 10p.(în redactia revistei).
9. Лупашко А.С., Кулева Л.Г., Рэдукан М.Г., Стойчев П.Н., Кулев М.К.*Медико-биологическое обоснование использования современных методов сушки для плодов шелковицы.*-Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов VIII Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 27-28 апреля 2011 г., с.68.
10. Kuleva L., Lupasco A., Stoicev P., Kulev M. *Finite Element Mathematical Model forComplex Structure Fruits on an Example of Mulberry Fruit.*-Proceedings of theInternationalConference “Modern Technologiesin the Food Industry-2012”, UTM, Chişinău, 1–3 noiembrie 2012, p. 115-116.