

УДК 634.739.3

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАКЕТОВ ЯГОД КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ МЕТОДОМ 3D ПЕЧАТИ

Павел Юрьевич Крупенин

кандидат технических наук, доцент

pavel@krupenin.com

Александр Константинович Рендов

аспирант

sasarendov@gmail.com

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

г. Горки, Беларусь

Аннотация. В статье разработана методика проведения исследований массоразмерных свойств ягод клюквы крупноплодной.

Также представлены параметры макетов ягод клюквы крупноплодной и способ их изготовления методом 3D печати, предусматривающие изменение массы и, как следствие, плотности макетов посредством различной степени заполнения пластиком их внутренней полости.

Ключевые слова: клюква крупноплодная, массогабаритные характеристики, гранулометрический состав, 3D модель ягоды.

В настоящее время из дикорастущих растений нашей страны наиболее ценна клюква. Достоинство клюквы – это высокие пищевые и лечебно-профилактические свойства за счет содержания в ней значительного количества биологически активных веществ. В совокупности это обеспечивает ягоде высокий спрос как на внутреннем, так и на внешнем рынках. В настоящее время происходит сокращение площади, занимаемой дикорастущими растениями клюквы. Чтобы удовлетворить потребности населения нужно увеличивать объемы промышленного выращивания клюквы крупноплодной. Одной из проблем технологии выращивания данной культуры на промышленных плантациях Республики Беларусь является применение малопродуктивных и трудоемких технических средств для уборки ягод. Поэтому совершенствование технического обеспечения процесса уборки клюквы крупноплодной является актуальной научно-технической задачей, решение которой обеспечит сокращение затрат энергетических и материальных ресурсов на единицу продукции и повышение ее качества [1, 2, 3].

Для того чтобы экспериментально совершенствовать техническое средства для уборки ягод клюквы нам потребуются свежие ягоды. Ягоды имеют ограниченный срок годности что затрудняет проведение лабораторных исследований в течение длительного времени. Поэтому стоит найти им альтернативу. Использование в лабораторных исследованиях макетов ягод позволит получить прочный, износостойкий и непортящийся материал, точно имитирующий поведение реальных ягод клюквы при их погружении в воду, что упростит и удешевит проведение лабораторных исследований процесса уборки ягод клюквы крупноплодной мокрым способом [4, 5].

Массоразмерные характеристики определяют размеры и вес измеряемого объекта. Они являются важной информацией для дальнейших исследований. Знание массоразмерных характеристик позволяет определить все возможности исследуемого объекта. Таким образом, массогабаритные характеристики играют важную роль в исследовании ягод клюквы крупноплодной [3].

В результате анализа априорной информации и расчетов среднего объема и плотности ягод клюквы крупноплодной, установлено что расчетные значения данных параметров варьируется в зависимости от размера ягод. Например, плотность ягод мелкой фракции на 40,4 % превышает плотность ягод крупной фракции. В связи с этим, с целью более корректного представления физико-механических свойств ягод клюквы крупноплодной, определение плотности ягод следует выполнять независимо для каждой фракции. Пренебрежение указанной рекомендацией и использование среднего значения плотности для ягод различных размерных фракций может приводить к некорректному результату: расчетная плотность превышает 1000 кг/м^3 , а следовательно такие ягоды должны тонуть в воде, что, в свою очередь, противоречит технологическому процессу их уборки «мокрым» способом.

Распределение ягод клюквы крупноплодной по размерам (фракциям) чаще всего представлено следующими фракциями: мелкая, крупная и средняя [6]. В связи с тем, что размер ягод может быть задан одним из измерений (длина, ширина и высота), предлагается осуществлять деление ягод на фракции по их объему, а не по одному из линейных размеров. Нами были проведены эксперименты, в которых мы определяли, линейные размеры (два поперечных диаметра и длина), массу и объем ягод (таблица 1).

Таблица 1

Средние значения параметров для фракций ягод клюквы крупноплодной.

Фракция по объему, см^3	Доля фракции	Масса m_ϕ , $\times 10^{-3} \text{ кг}$	Длина L_ϕ , мм	Диаметр D_ϕ , мм	Объем V_ϕ , $\times 10^{-6} \text{ см}^3$	Плотность ρ_ϕ , кг/м^3
до 1	0,032	1,12	14,20	10,48	0,81	1367,37
1...2	0,246	1,39	16,61	13,53	1,59	873,48
2...3	0,502	1,78	18,85	15,85	2,48	717,95
3...4	0,206	2,09	20,68	17,73	3,40	615,13
более 5	0,014	1,97	22,53	19,01	4,26	461,98

Из данных, приведенных в таблице 1 следует, что средняя масса ягод от мелкой фракции к крупной увеличивается на 75,9 %, длина ягоды – на 58,7 %,

диаметр – 81,4 %, объем – на 55,6 %, при этом плотность ягод снижается в 3 раза.

В качестве способа изготовления макетов ягод предлагается использовать 3D-печать. По данному способу модели могут изготавливаться однородными (внутреннее пространство полностью заполнено материалом) и неоднородными, представляющими собой сплошную оболочку, внутреннее пространство которой лишь частично заполнено материалом в виде пространственной структуры (соты, прямоугольник, треугольник, волна). Степень заполнения измеряют в процентах, то есть при заполнении 0 % получают пустотелую модель, а при 100 % – внутреннее пространство полностью заполнено материалом.

3D модель макета ягоды клюквы (рисунок 1) представляет собой эллипсоид с осями L_{ϕ} , D_{ϕ} . Конструктивно модель имеет сплошную оболочку толщиной b , пространство внутри которой заполнено сотовой структурой.

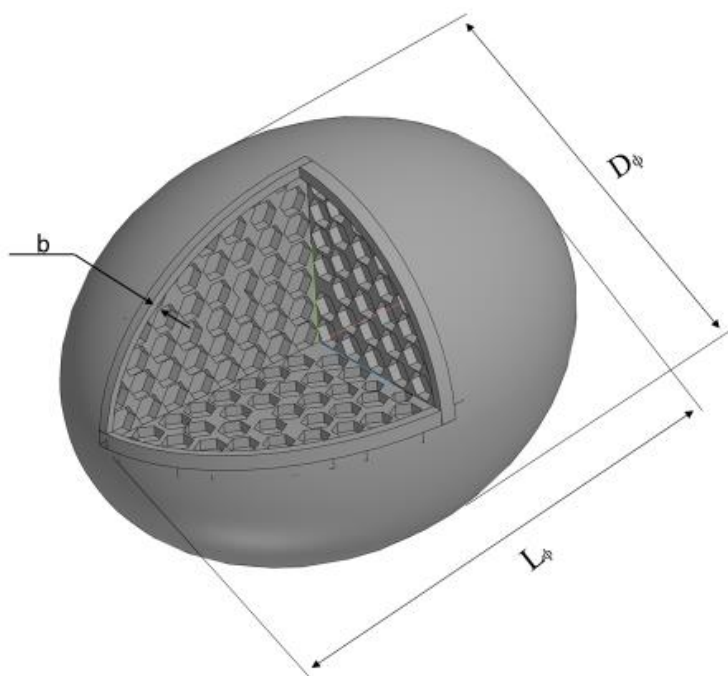


Рисунок 1 – 3D модель макета ягоды клюквы.

Чтобы масса и плотность макета соответствовали реальной ягоде нужно определить степень заполнения внутреннего пространства при печати макета. Правильная степень заполнения повышает точность модели, гарантируя что она

будет вести себя на воде аналогично реальной ягоде клюквы. Заполнение внутренней полости пространственной структурой стабилизирует форму модели и позволяет ей сопротивляться физическим нагрузкам. В совокупности это позволит использовать макеты ягод в ходе лабораторных исследований по обоснованию параметров технических средств для уборки клюквы крупноплодной «мокрым» способом.

Для изготовления макетов мы выбрали пластик полилактид (ПЛА, PLA) – экологичный, биоразлагаемый материал, получаемый из натурального сырья, как правило, из крахмала агропромышленных отходов кукурузы и сахарного тростника, которой далее перерабатывается в молочную кислоту, лактид и, в конечном счете, в итоговый полимер. Плотность полилактида составляет 1230...1250 кг/м³.

Предложенный способ изготовления макетов ягод клюквы крупноплодной методом 3-D печати позволяет получить материал, имитирующий свойства реальных ягод что упростит и удешевит проведение лабораторных исследований.

Список литературы:

1. Cranberry production in the pacific northwest. A pacific northwest extension publication. Washington, Oregon, Idaho. USA. 1984. 50 p.
2. Project plan for cranberry production in the Pinsk district, Brest region Byelorussian Soviet Socialist Republic. Omaha, Nebraska, USA. 1985. 42 p.
4. Рендов А. К. Повышение эффективности промышленного производства клюквы путем совершенствования средств механизации для ее возделывания // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства: материалы междунар. научн. конф. студентов и магистрантов (Горки, 15–16 марта 2023 г.) / редкол.: В. В. Гусаров (гл. ред.) и др. // Горки: БГСХА. 2023. С. 94–97.

5. Яковлев А.П., Рупасова Ж.А., Волчков В.Е. Культивирование клюквы крупноплодной и голубики топяной на выработанных торфяниках севера Беларуси: оптимизация режима минерального питания // Мн.: Тонпик. 2002. 188 с.

6. Развитие и метаболизм клюквы крупноплодной в Белорусском Полесье / Ж.А. Рупасова и др. // Мн.: Наука и техника. 1989. 205 с.

UDC 634.739.3

METHOD OF MANUFACTURING LARGE-FRUIT CRANBERRY BERRIES BY 3D PRINTING

Pavel Yu. Krupenin

candidate of technical sciences, associate professor

pavel@krupenin.com

Alexander K. Rendov

graduate student

sasarendov@gmail.com

Belarusian State Agricultural Academy

Gorki, Belarus

Abstract. The article develops a methodology for conducting studies of the mass-size properties of large-fruited cranberries.

It also presents the parameters of large-fruited cranberry mock-ups and a method for their production using 3D printing, which involves changing the mass and, as a consequence, the density of the mock-ups by varying the degree of filling their internal cavity with plastic.

Key words: large-fruited cranberry, weight and size characteristics, granulometric composition, 3D model of berry.

Статья поступила в редакцию 20.03.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 20.03.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.