

**РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КАЛИБРАТОРА-НАРЕЗАТЕЛЯ
И КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СТОЛОВЫХ КОРНЕПЛОДОВ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦУКАТОВ**

**Development of a multifunctional calibrator-cutter and comprehensive
assessment of table root crops for the production of candied fruits**

А. Б. Сахапова, магистрант

С. Л. Тихонов, доктор технических наук, профессор
Уральский государственный аграрный университет
(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Аннотация

В статье представлены результаты разработки и испытаний многофункционального лабораторного оборудования для подготовки столовых корнеплодов (моркови, свеклы столовой, корневого сельдерея) к производству цукатов, а также комплексной оценки их технологической пригодности. Целью работы являлось создание устройства, совмещающего операции калибровки по диаметру, продольной резки на сегменты и фигурной поперечной нарезки, и определение критериев выбора сырья на основе физико-химических и структурно-механических свойств. Конструкция аппарата включает сменные дисковые ножи с профилями «звезда», «волна», «треугольник» и регулируемый зазор для калибровки (5-25 мм). Проведен сравнительный анализ корнеплодов трех сортов каждого вида по следующим параметрам: содержание сухих веществ (рефрактометрия), сахароза (поляриметрия), протопектина (кальциево-пектатный метод), клетчатки (по Ван-Сусту), твердость (текстуrometer с погружным зондом), индекс стабильности цвета после термообработки. Установлено, что оптимальным сырьем для цукатов являются корнеплоды с содержанием сухих веществ не менее 12-14%, сахарозы 5-7%, протопектина 0,8-1,2% и твердостью в сыром виде 35-50 Н. Наилучшие результаты по комплексу свойств показали морковь сорта «Шантанэ Роял», свекла «Бордо односемянная» и сельдерей «Есаул». Разработанное оборудование позволило повысить выход стандартных заготовок на 22% и снизить отходы при подготовке на 15% по сравнению с ручной обработкой. Полученные критерии и техническое решение могут быть использованы малыми предприятиями по переработке овощной продукции.

Ключевые слова: корнеплоды, цукаты, технологическая пригодность, калибровка, нарезка, оборудование, физико-химические свойства, текстурный анализ.

Summary

The article presents the results of the development and testing of multifunctional laboratory equipment for preparing table root crops (carrots, table beets, root celery) for the production of candied fruits, as well as a comprehensive assessment of their technological suitability. The aim of the work was to create a device combining the operations of diameter calibration, longitudinal cutting into segments and shaped transverse cutting, and to determine raw material selection criteria based on physicochemical and structural-mechanical properties. The device design includes interchangeable disc knives with "star", "wave", "triangle" profiles and an adjustable gap for calibration (5-25 mm). A comparative analysis of root crops of three varieties of each type was carried out according to the following parameters: dry matter content (refractometry), sucrose (polarimetry), protopectin (calcium pectate method), fiber (by Van Soest), hardness (texturometer with a penetration probe), color stability index after heat treatment. It was found that the optimal raw materials for candied fruits are root crops with a dry matter content of at least 12-14%, sucrose 5-7%, protopectin 0.8-1.2% and hardness in raw form of 35-50 N. The best results in terms of a set of properties were shown by carrots of the "Chantane Royale" variety, beets "Bordo odnosemyannaya" and celery "Yesaul". The developed equipment increased the

yield of standard blanks by 22% and reduced preparation waste by 15% compared to manual processing. The obtained criteria and technical solution can be used by small enterprises processing vegetable products.

Keywords: root crops, candied fruits, technological suitability, calibration, cutting, equipment, physico-chemical properties, texture analysis.

Производство цукатов из столовых корнеплодов является перспективным направлением переработки овощной продукции, позволяющим создать натуральный, функциональный и длительно хранящийся продукт с высокой добавленной стоимостью [1]. Однако традиционная технология сталкивается с проблемами нестабильности качества готовых изделий, что во многом обусловлено отсутствием системного подхода к оценке и подготовке сырья [2]. Ключевыми этапами, влияющими на потребительские свойства цукатов (форма, консистенция, стабильность при варке и сушке), являются калибровка и нарезка исходного сырья, а также его биохимический состав.

Ручная или полумеханизированная подготовка (очистка, нарезка) приводит к значительным отходам (до 25-30%), неравномерности форм и размеров заготовок, что негативно сказывается на последующих стадиях пропитки и сушки [3]. Существующее промышленное оборудование (карборуши, дисковые и гидравлические резки) часто не адаптировано для малых производств и не обеспечивает создания фигурных элементов, повышающих привлекательность продукта.

С другой стороны, выбор сырья чаще всего основывается на визуальных признаках, без учета критически важных технологических свойств: содержания сухих веществ, пектиновых веществ, влияющих на желеобразующую способность и формуемость; начальной твердости, определяющей сохранность структуры при термообработке; цветовой стабильности [4]. Комплексная оценка этих параметров у различных сортов корнеплодов позволит сформулировать объективные критерии пригодности для кондитерской переработки.

Целью данной работы являлась разработка лабораторного образца многофункционального оборудования для калибровки и фигурной нарезки столовых корнеплодов и проведение на нем сравнительной оценки технологических свойств различных сортов моркови, свеклы и сельдерея для определения оптимального сырья для производства цукатов.

Материалы и методы

Объекты исследования: столовые корнеплоды урожая текущего года.

1. Морковь: сорта «Нантская 4», «Шантанэ Роял», «Император».
2. Свекла столовая: сорта «Бордо односемянная», «Цилиндра», «Детройт».
3. Сельдерей корневой: сорта «Есаул», «Пражский гигант», «Диамант».

Разработка оборудования: Спроектирован и изготовлен лабораторный образец многофункционального калибратора-нарезчика. Принцип действия: корнеплод после мойки и очистки подается в загрузочный лоток, проходит через регулируемый калибровочный узел (два сходящихся под углом рифленых ролика с регулировкой зазора), затем фиксируется и проталкивается через блок сменных дисковых ножей. Ножи обеспечивают: а) продольное деление на сегменты (4, 6 или 8 частей), б) поперечную фигурную нарезку. Для испытаний использовались ножи с профилями «звезда» (толщина 5 мм) и «волна» (толщина 7 мм). Оценка эффективности работы проводилась по коэффициенту выхода стандартных заготовок (Кв) и проценту отходов.

Методы анализа сырья: Определялись следующие показатели:

- Содержание сухих веществ (рефрактометр).
- Содержание сахарозы (поляриметрический метод).
- Содержание протопектина (кальциево-пектатный метод).
- Содержание клетчатки (метод Ван-Суста в модификации).
- Твердость (текстуrometer TAXT2i, зонд Р/2, скорость 1 мм/с, глубина 5 мм).
- Стабильность цвета: образцы размером 10x10x5 мм бланшировали при 95°C в течение 3 мин, затем измеряли цвет в системе CIELab (колориметр ColorTec-PCM) и рассчитывали общее изменение цвета (ΔE) относительно сырого образца.

Статистическая обработка: по 15 измерениям для каждого сорта, расчет среднего значения и стандартного отклонения.

Результаты и обсуждение

Таблица 1

Сравнительная характеристика технологических свойств корнеплодов разных сортов

Культура, сорт	Сухие в-ва, %	Саха- роза, %	Прото- пектин, %	Клет- чатка, %	Твер- дость, Н	ΔЕ после бланш.
Морковь						
Нантская 4	11.2 ± 0.3	4.8 ± 0.2	0.65 ± 0.05	1.1 ± 0.1	28.5 ± 2.1	5.2 ± 0.4
Шантанэ Роял	14.1 ± 0.4	6.9 ± 0.3	1.05 ± 0.06	1.3 ± 0.1	48.3 ± 3.0	3.8 ± 0.3
Император	12.5 ± 0.3	5.5 ± 0.2	0.88 ± 0.05	1.4 ± 0.1	39.7 ± 2.5	4.5 ± 0.3
Свекла						
Бордо одно- семянная	15.8 ± 0.5	7.2 ± 0.3	1.18 ± 0.07	0.9 ± 0.1	41.2 ± 2.8	2.1 ± 0.2
Цилиндра	13.5 ± 0.4	6.1 ± 0.2	0.92 ± 0.06	0.8 ± 0.1	35.6 ± 2.4	3.0 ± 0.3
Детройт	14.3 ± 0.4	6.5 ± 0.3	1.00 ± 0.06	0.9 ± 0.1	38.5 ± 2.6	2.5 ± 0.2
Сельдерей						
Есаул	16.5 ± 0.6	5.8 ± 0.2	1.30 ± 0.08	1.6 ± 0.1	52.4 ± 3.5	4.2 ± 0.3
Пражский гигант	15.2 ± 0.5	5.0 ± 0.2	1.15 ± 0.07	1.5 ± 0.1	47.8 ± 3.2	5.0 ± 0.4
Диамант	14.8 ± 0.5	4.9 ± 0.2	1.10 ± 0.07	1.5 ± 0.1	45.3 ± 3.0	4.8 ± 0.4

Анализ данных таблицы 1 позволяет выделить сорта с оптимальным для производства цукатов комплексом свойств (выделены жирным). Они характеризуются высоким содержанием сухих веществ (более 14%) и сахарозы, что обеспечивает хорошую садку и уменьшает усушку; достаточным содержанием протопектина (около 1% и выше), способствующего сохранению формы при варке; высокой

начальной твердостью (35-52 Н), гарантирующей устойчивость к развариванию; и относительно низким ΔE , что свидетельствует о стабильности натурального пигмента.

Таблица 2

**Эффективность работы разработанного калибратора-нарезчика
(на примере моркови «Шантанэ Роял»)**

Показатель	Ручная обработка	Обработка на разработанном оборудовании	Эффект
Выход стандартных заготовок (Кв), %	68.5 ± 3.0	83.7 ± 2.5	+22.2%
Отходы при подготовке, %	26.0 ± 2.5	12.8 ± 1.5	-50.8%
Производительность, кг/ч	8.5	22.0	+158.8%
Однородность формы и размера	Низкая	Высокая	—

Как видно из таблицы 2, применение разработанного оборудования позволило значительно повысить эффективность подготовки сырья: выход стандартных заготовок вырос на 22%, а отходы снизились более чем в 2 раза. Это обусловлено точной калибровкой, минимизирующей потери при обрезке концов и боковых поверхностей, и стабильностью работы фигурных ножей.

Заключение

1. Разработан и изготовлен лабораторный образец многофункционального оборудования для калибровки и фигурной нарезки столовых корнеплодов. Устройство позволяет совмещать операции калибровки по диаметру (регулируемый зазор 5-25 мм) и нарезки на сегменты с поперечным профилированием («звезда», «волна» и др.), что обеспечивает высокий выход стандартных заготовок (83,7%) и снижение отходов до 12,8%.

2. Проведена комплексная оценка технологической пригодности девяти сортов трех видов корнеплодов (морковь, свекла, сельдерей) для переработки в цукаты. Установлены рекомендуемые диапазоны ключевых показателей: сухие вещества – 12-14% и более, сахароза – 5-7%, протопектин – 0,8-1,2%, твердость – 35-50 Н, изменение цвета ΔE после бланширования – не более 4,5.

3. На основе проведенного анализа выделены сорта, наиболее соответствующие установленным критериям: морковь «Шантанэ Роял», свекла «Бордо односемянная» и сельдерей «Есаул». Использование данного сырья в сочетании с разработанным оборудованием для подготовки позволит получать цукаты с улучшенными потребительскими свойствами (стабильная форма, яркий цвет, оптимальная консистенция).

4. Предложенные технические и сортовые решения предназначены для внедрения на малых и средних предприятиях, специализирующихся на переработке овощной продукции, и могут способствовать созданию новых видов натуральных кондитерских изделий.

Библиографический список

1. Губанова Т. И., Маркина Л. Н. Технология переработки плодов и овощей: производство цукатов, сушеных и быстрозамороженных продуктов. М.: КолосС, 2018. 320 с.

2. Калинин А. В., Потапова И. А. Влияние биохимического состава корнеплодов на качество железированных изделий // Кондитерское производство. 2021. № 5. С. 28-31.
3. Лобов В. И., Федотова О. Б. Современное оборудование для подготовки овощного сырья к переработке // Пищевая промышленность. 2020. № 9. С. 44-47.
4. Скворцова Е. Г., Белова Т. В. Методы оценки технологических свойств растительного сырья для кондитерской промышленности // Известия вузов. Пищевая технология. 2019. № 2-3. С. 85-88.
5. Krokida M. K., Maroulis Z. B., Saravacos G. D. The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products // International Journal of Food Science & Technology. 2001. Vol. 36. P. 53-59.