

УДК 664.8.047

Поступила в редакцию 22.11.2023
Received 22.11.2023

Д. А. Зайченко, Н. Н. Петюшев, Л. В. Евтушевская, М. Ю. Уложина,
Д. И. Гоман, О. Н. Станкевич

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

РАЗРАБОТКА ДВУХСТАДИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ЯГОД И ФРУКТОВ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по разработке универсальной двухстадийной технологии сушки ягод и фруктов. Определены рациональные режимы сушки (температура и продолжительность) ягод черной смородины и голубики. Установлено влияние двухстадийного температурного нагрева с промежуточным охлаждением на эффективность конвективной сушки ягод и фруктов. Приведены графики влияния двухстадийной сушки ягод (черной смородины и голубики) и фруктов (яблок и груш) на продолжительность сушки при различных температурах.

Ключевые слова: ягоды, фрукты, двухстадийная сушка, конвективная сушка, температура, влажность, органолептические показатели.

D. A. Zaichenko, N. N. Petyushev, L. V. Evtushevskaya, M. Yu. Ulozhinova,
D. I. Homan, O. N. Stankevich

*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

DEVELOPMENT OF A TWO-STAGE TECHNOLOGY FOR DRYING BERRIES AND FRUITS

Annotation. The article presents the results of research on the development of a universal two-stage technology for drying berries and fruits. Rational drying modes (temperature and duration) of black currant and blueberry berries have been determined. The effect of two-stage temperature heating with intermediate cooling on the efficiency of convective drying of berries and fruits has been established. Graphs of the effect of two-stage drying of berries (black currants and blueberries) and fruits (apples and pears) on the duration of drying at different temperatures are given.

Keywords: berries, fruits, two-stage drying, convective drying, temperature, humidity, organoleptic indicators.

Введение. По данным ФАО/ВОЗ, суточный рацион питания на 65–75 % должен состоять из свежих овощей, фруктов и продуктов их переработки. В то же время в мире уровень дефицита потребления этой продукции составляет 50–60 %, а витаминов и других ценных биологически активных веществ — до 65 % [1].

Уровень производства фруктов и ягод для удовлетворения потребностей внутреннего рынка Республики Беларусь преимущественно за счет собственных ресурсов недостаточный и составляет 48,1 % от необходимого количества. Сложившиеся объемы внешней торговли свидетельствуют о несбалансированности развития рынка плодов и ягод.

При хранении фруктов и ягод основной проблемой является потеря массы и качества, которая может составлять 50–60 %. В условиях ограниченных возможностей высокоэффективного хранения потребность в импортной продукции в зимне-весенний период может составлять до 40–50 %.

Одним из надежных методов консервирования является сушка. Сушеные ягоды и фрукты имеют ряд преимуществ, к числу которых относится содержание в концентрированном виде наиболее питательных и биологически активных веществ, а также сохранение формы, цвета,

аромата и вкуса исходного сырья. К достоинствам сушеных продуктов можно также добавить малый вес, что снижает расходы при транспортировке и возможность длительного срока хранения. Производство сушеных ягод и фруктов может удовлетворить потребности как населения, так и различных отраслей пищевой промышленности, а также садоводства [2].

Цель работы — разработка двухстадийной технологии сушки ягод и фруктов, обеспечивающих повышение производительности, улучшение качества конечного продукта, сокращение транспортных расходов на перевозку сырья, а также снижение энергозатрат на их производство.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований являлся технологический процесс сушки ягод и фруктов (двухстадийная сушка с промежуточным охлаждением). Предметом исследования — ягоды черной смородины и голубики, плоды яблок и груш.

Для исследований использовали образцы свежих ягод и фруктов, выращиваемых в условиях Республики Беларусь (КФХ Сапрончика В.Н.): ягоды смородины черной (сортосмесь), ягоды голубики (сортосмесь), яблоки (сорта «Имант», «Вербное», «Белорусское сладкое»), груша (сорт «Белорусская поздняя»), которые отвечали требованиям стандартов ГОСТ 6829-2015 (UNECE STANDARD FFV-57:2010) «Смородина черная свежая. Технические условия», ГОСТ 34219-2017 «Черника и голубика свежие. Технические условия», ГОСТ 27572-87 «Яблоки свежие для промышленной переработки, Технические условия», СТБ 2492-2016 «Плоды груши свежие поздних сроков созревания. Технические условия».

Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 28561-90 с использованием анализатора влажности ЭВЛАС — 2М. Конвективную сушку осуществляли с использованием вентилируемой электронной печи Garbin. В качестве основных факторов, влияющих на эффективность процесса сушки, были приняты температура теплоносителя и размер продукта.

Содержание витаминов, минеральных веществ, показателей пищевой ценности и безопасности ягод и фруктов определяли в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». Содержание растворимых сухих веществ в ягодах и фруктах определяли рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173-2013. Органолептическую оценку сушеных продуктов осуществляли в соответствии с ГОСТ 15113.3-77.

В лабораторных условиях осуществляли подготовку фруктов и ягод к сушке, которая включала в себя мойку сырья, обсушку и резку яблок и груш на ломтики различной толщины. Сушку ягод осуществляли в целом виде.

Мойку сырья производили трехкратным погружением в емкость с холодной водой. После чего сырье выкладывали на решетку и давали стечь воде. Сырье раскладывали на поддоны в один слой и сушили.

Сушку ягод и фруктов проводили двумя методами:

- 1) при постоянной температуре воздуха, в различных опытах температуру варьировали в пределах 60–90 °С с шагом в 10 °С;
- 2) с использованием двухстадийной сушки с промежуточным охлаждением.

Результаты исследований и их обсуждение. Для исследований использовали различные сорта ягод черной смородины и голубики (сортосмесь), яблок и груш, выращиваемых в КФХ Сапрончика В.Н. (рис. 1).

В результате экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных и промышленных условиях, определены рациональные режимы сушки (температура и продолжительность) ягод черной смородины и голубики.

Сушка продуктов происходит за счет испарения содержащейся в них влаги. При сушке воздух должен обладать способностью поглотить выделяющийся водяной пар. В зависимости от температуры влагоемкость воздуха различная. Таким образом, регулируя температуру воздуха, можно существенно изменять объем поглощаемой влаги, и соответственно, интенсивность сушки.

При сушке в традиционной сушильной установке шкафного типа влажный и теплый воздух с нижних лотков может также выделять влагу на более холодные верхние лотки, и продукт вместо сушки увлажняется или, как говорят, запаривается.

При сушке сначала удаляется поверхностная влага. По мере уменьшения содержания влаги в продукте, температура его повышается и к концу сушки становится приближенной к температуре омывающего воздуха. В первом периоде сушки влага частично диффундирует из верхних слоев продукта к поверхности, где за счет испарения могут отлагаться растворимые вещества. Далее влага постепенно испаряется из внутренних зон продукта, при этом растворимые вещества остаются внутри.

В течение сушки влага перемещается внутри продукта не только от зон с повышенной влажностью к зонам с пониженной влажностью (обычно к поверхностным слоям), но и от зон с высокой температурой к более холодным участкам.



Рис. 1. Образцы сырья, используемого для исследований
Fig. 1. Samples of raw materials used for research

Это можно использовать, когда подсушенные наружные слои продукта замедляют продвижение влаги к поверхностным слоям. Если прервать сушку и охладить продукт, тогда наружные слои становятся холоднее внутренних зон, и это ускорит сушку. Поэтому если сформировать две последовательные зоны в сушильной камере с промежуточным понижением температуры сушки, это позволит ускорить сушку. При этом необходимо определить оптимальную температурную разницу, исключающую образование в конце первой зоны камеры трудно влагопроницаемой корочки на поверхности сырья.

Таким образом, объектом исследований являлась технология, позволяющая реализовать принцип двухстадийной сушки, когда на первом этапе в специально сформированной зоне сушилки удаляется в основном поверхностная влага, а в следующей зоне — внутренняя, позволяющая повысить производительность процесса и снизить удельные энергозатраты.

Для определения рациональных параметров конвективную сушку ягод проводили при различных температурных режимах:

- ♦ при постоянной температуре воздуха. В различных опытах температуру варьировали в пределах 60...90 °С с шагом в 10 °С;
- ♦ с использованием двухстадийной сушки с промежуточным охлаждением.

Продолжительность сушки ягод определяли при различных температурных режимах (табл. 1).

Таблица 1. Продолжительность сушки ягод при различных температурах
Table 1. Duration of drying of berries at different temperatures of raw materials used for research

Продукт	Конечная влажность, %, не более	Продолжительность сушки при различных температурах, ч				
		Одностадийный режим сушки				Двухстадийный режим сушки
		60 °С	70 °С	80 °С	90 °С	
Ягоды черной смородины	17	22	17	13	9	9
Ягоды голубики	17	16	13	11	9	9

В соответствии с таблицей 1, продолжительность сушки ягод при температуре воздуха 60 °С, 70 °С, 80 °С, 90 °С и 60 °С/90 °С составила соответственно 22, 17, 13, 9 ч и 9 ч.

Кроме того, в процессе исследований установлено, что при двухстадийной сушке, количество лопнувших ягод составляет не более 1 % к общей массе; при сушке ягод при постоянной температуре 90 °С, количество лопнувших ягод составило 18–20 % к общей массе.

В результате исследований установлено, что наибольшая скорость удаления влаги наблюдалась в течение первых 4 часов сушки (от 16 до 34 % в час при различных температурах нагрева). На протяжении всего процесса удаления влаги скорость сушки снижалась.

В процессе сушки в ягодах происходит ряд биохимических процессов, влияющих на структуру, физико-химический состав и органолептические показатели. В связи с этим проводили органолептическую оценку (цвет, вкус, запах и консистенция) по 5-бальной шкале образцов, высушенных при различных температурных режимах (рис. 2).

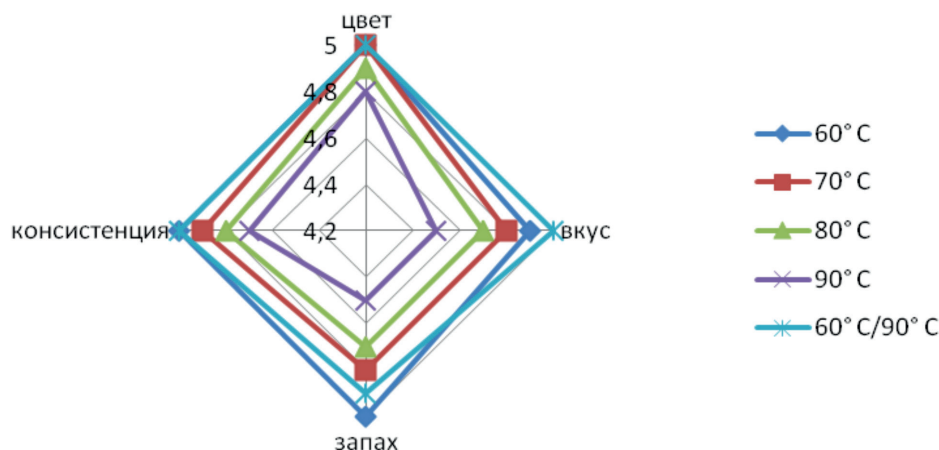


Рис. 2. Профилограмма органолептической оценки сушеных ягод
Fig. 2. Profilogram of organoleptic evaluation of dried berries

Установлено, что изменение температуры сушки больше всего влияет на такие показатели как запах и вкус (рис. 2). Лучшие органолептические показатели были у ягод высушенных при 60° С и 60° С/90° С.

На основании полученных результатов, установлено, что применение двухстадийной сушки эффективно, так как при данном методе за наименьшее время сушки получен продукт с наилучшими органолептическими показателями.

Исследован процесс сушки различных сортов яблок и груш, выращиваемых в КФХ Сапрончика В.Н. Изготовление сушеных яблок и груш осуществляли по традиционной технологической схеме, состоящей из следующих основных операций:

- ♦ входной контроль поступающего сырья;
- ♦ мойка и резка фруктов;
- ♦ сушка и инспекция сушеных фруктов.

Установлено, что для получения продукта с наилучшими органолептическими показателями толщина ломтиков яблок и груш должна быть не менее 4 мм; температура сушки 70–80° С или 60° С /90° С, продолжительность сушки (при раскладке продукта в один слой) — 6 ч.

В результате проведенных исследований разработана и утверждена техническая и технологическая документация на производство сушеных продуктов:

- ♦ технические условия ТУ ВУ 190239501.970–2018 «Ягоды и фрукты сушеные» в которых установлены органолептические, физико-химические, микробиологические показатели, правила приемки, методы контроля, требования к сырью и пищевым добавкам, материалам, маркировке, упаковке, транспортированию и хранению в соответствии с требованиями ТР ТС 021, ТР ТС 022, ТР ТС 005, ГН 10-117, ГН №37 «Показатели безопасности и безвредности продовольственного сырья и пищевых продуктов», Специфических санитарно-эпидемиологических требований к объектам промышленности по переработке сельскохозяйственной продукции, продовольственного сырья и производству пищевой продукции, утвержденных постановлением Совета Министров Республики Беларусь 05.03.2019 № 146, общих санитарно-эпидемиологических требований к содержанию и эксплуатации капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений и иных объектов, принадлежащих субъ-

ектам хозяйствования, утвержденных Декретом Президента Республики Беларусь от 23.11.2017 №7, СанПиН №52 «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», ГН №52 «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов», СанПиН «Требования к миграции химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами», ГН №119 «Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами».

- ♦ технологическая инструкция по производству ягод и фруктов сушеных ТИ ВУ 190239501.10.091-2022;

- ♦ согласованы с производителем (КФК Сапрончика В.Н.) временные нормы расхода сырья на производство сушеных ягод и фруктов;

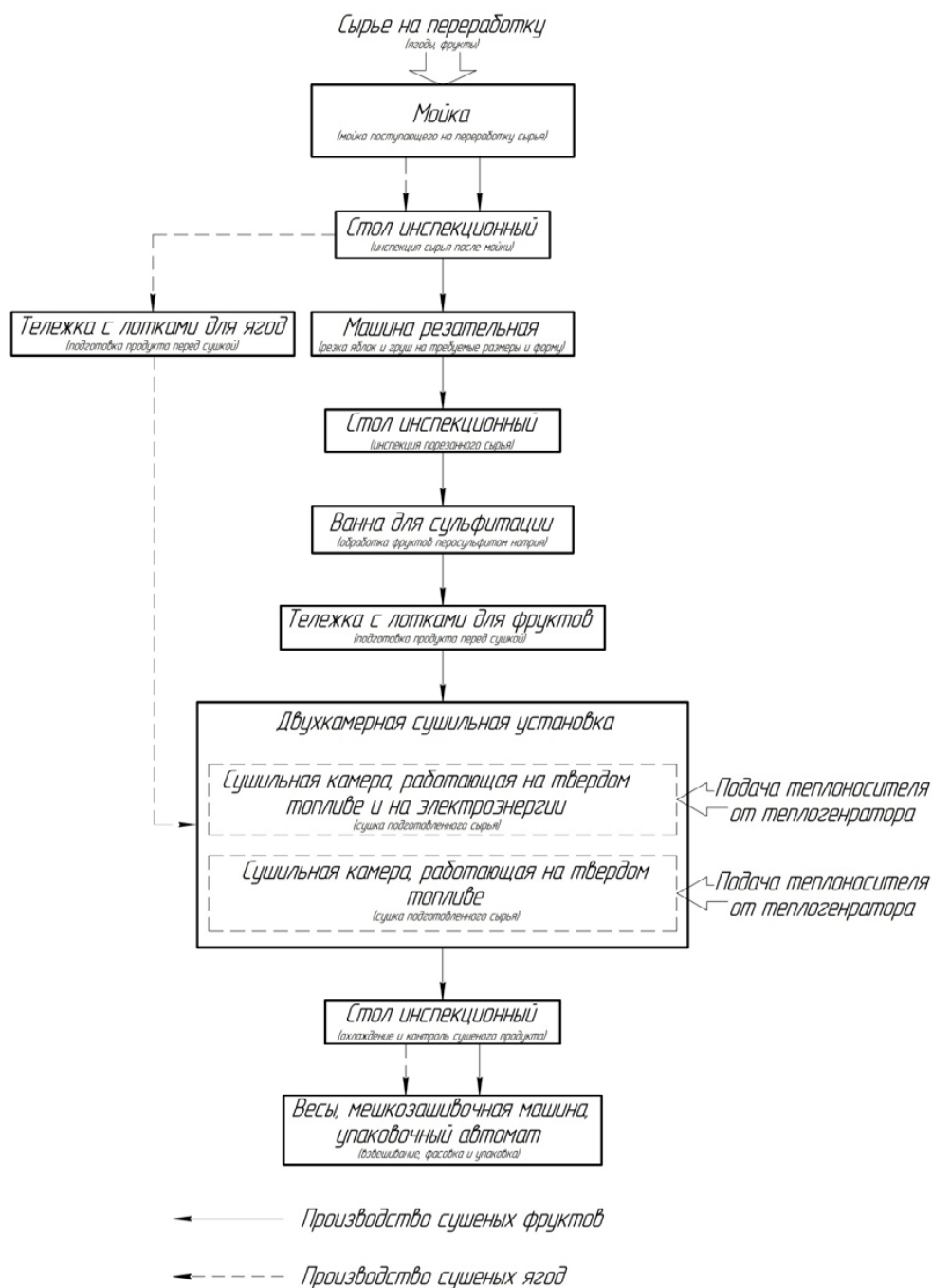


Рис. 3. Аппаратурно-технологическая схема производства сушеных ягод и фруктов

Fig. 3. Hardware and technological scheme of production of dried berries and fruits

За время исследований определен тип сушильного оборудования и изготовлена сушильная установка камерного типа, работающая как на электроэнергии, так и на твердом топливе, осуществлен подбор оборудования для мойки, резки, изготовлены опытные образцы оборудования.

На свободных площадях КФХ Сапрончика В.Н. организован цех пищевых продуктов: подготовлено планировочное решение и инженерные коммуникации для производственного участка, произведен монтаж технологического оборудования.

В производственных условиях отработаны технологические режимы и параметры технологического процесса сушки ягод и фруктов.

Использование разработанной сушилки и двухступенчатой технологии сушки позволило снизить энергозатраты на испарение 1 кг влаги с 1,2 кВт·ч/кг до 1,0 кВт·ч/кг.

Аппаратурно-технологическая схема производства сушеных ягод и фруктов представлена на рис. 3.

Сушеная продукция, полученная из отечественного сырья по разработанной технологии, представляет собой натуральный продукт и может быть рекомендована для всех групп населения в качестве продуктов здорового питания (рис. 4).



а



б



в

Рис. 4. Сушеные фрукты (яблоки и груши)
а) резка фруктов; б) поддоны со свежими фруктами;
в) сушеные фрукты

Fig. 4. Dried fruits (apples and pears) a) fruit cutting;
b) pallets with fresh fruits; в) dried fruits

Заключение. Научным коллективом РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» проведены исследования и разработана универсальная технология производства сушеных ягод (черная смородина, голубика) и фруктов (яблоки, груши), которая включает в себя двухстадийную сушку с промежуточным охлажде-

нием, применение которой позволяет снизить энергозатраты на испарение 1 кг влаги с 1.2 кВт·ч/кг до 1.0 кВт·ч/кг и улучшить качество сушеного продукта (отсутствуют потери сока ягод во время сушки).

Организация выпуска сушеных ягод и фруктов по разработанной технологии позволяет:

- ♦ организовать производство непосредственно в зоне возделывания сырья;
- ♦ обеспечить круглогодичные поставки продукта, не зависящие от сезона переработки;
- ♦ гарантировать изготовление отечественной продукции, соответствующей потребительским предпочтениям населения;
- ♦ снизить потери сырья при хранении;
- ♦ увеличить срок хранения продукции (до 24 мес.).

Универсальность технологии заключается в использовании одних и тех же машин и идентичных технологических подходов (наличие определенных технологических операций, их последовательность, решений по снижению энергопотребления и ускорению процесса производства, обеспечение щадящего режима сушки) для переработки ягод и фруктов.

Список использованных источников

1. Колобов, С. В. Товароведение и экспертиза плодов и овощей: учебное пособие / С.В. Колобов, О.В. Памбухчиянц. — Москва: Дашков и К, 2012. — 400 с.
2. Гришин, М. А. Установки для сушки пищевых продуктов: Справочник / М.А. Гришин, В.И. Атаназевич, Ю.Г. Семенов. — М.; Агропромиздат, 1989. — С.97–143.
3. Кац, З. А. Новые способы сушки овощей и фруктов. — М.: ЦНИИТЭИ пищепром, 1975.
4. Тепляшин, В. Н. Технологии и оборудование для сушки растительного сырья [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. Н. Тепляшин, Л.И. Ченцова, В.Н. Невзоров; Краснояр. гос. аграр. ун-т. — Красноярск, 2019. — 173 с.
5. Кац, З. А. Производство сушеных овощей, картофеля и плодов. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 234 с.
6. Гинзбург, А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1971. — 168 с.
7. Бачурская, Л. Д. Технология пищевых концентратов / Л.Д. Бачурская, В.Н. Гуляев — М.: Пищевая промышленность, 1970. — 354 с.
8. Концентраты пищевые. Методы определения органолептических показателей, готовности концентратов к употреблению и оценки дисперсности суспензии = Канцэнтраты харчовыя: ГОСТ 15113.3-77. — Введ. 01.01.79. — Минск: Госстандарт, 2011. — 8 с.
9. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ : ГОСТ ISO 2173-2013. — Взамен ГОСТ 28562-90 ; введ. РБ 01.03.16. — Минск: Госстандарт, 2016. — 11 с.
10. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги = Прадукты перапрацоўкі пладоў і агародніны ГОСТ 28561-90. — Введ. 01.07.91. — Минск : Госстандарт, 2011. — 12 с.

Информация об авторах

Зайченко Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора по научной и инновационной работе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: zaichenko@belproduct.com

Петюшев Николай Николаевич, кандидат технических наук, начальник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: petushev@belproduct.com

Information about authors

Zaichenko Dmitry Alexandrovich, PhD (Engineering), Associate Professor, Deputy Director General for Scientific and Innovative Work of RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (Kozlova str., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: zaichenko@belproduct.com

Petyushev Nikolay Nikolaevich, PhD (Engineering), head of the department of technology for products from root crops of the “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: petushev@belproduct.com

Евтушевская Людмила Владимировна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: olishenia@mail.ru

Уложина Марина Юрьевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: ml0510@mail.ru

Гоман Дмитрий Иосифович, научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: potato@belproduct.com

Станкевич Ольга Николаевна, инженер-технолог 1 категории отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: potato@belproduct.com

Evtushevskaya Lyudmila Vladimirovna, PhD (Engineering), senior researcher of the department of technologies for products from root crops of the RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29 Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: olishenia@mail.ru

Ulozhinova Marina Yurievna, PhD (Engineering), senior researcher of the technology department for products from root crops of the RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (st. Kozlova, 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: ml0510@mail.ru

Dmitry Iosifovich Goman, research associate of the technology department for products from root crops of the RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (Kozlova str., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: potato@belproduct.com

Olga Nikolaevna Stankevich, process engineer of the technology of the 1st category department for products from root crops of the RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (29 Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: potato@belproduct.com