

Полина Сергеевна Гурских

Красноярский государственный аграрный университет, аспирант кафедры товароведения и управления качеством продукции АПК, Россия, Красноярск, e-mail: vps2008@mail.ru

Марина Анатольевна Янова

Красноярский государственный аграрный университет, доцент кафедры товароведения и управления качеством продукции АПК, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Россия, Красноярск, e-mail: yanova.m@mail.ru

Сергей Витальевич Хижняк

Красноярский государственный аграрный университет, профессор кафедры экологии и природопользования, доктор биологических наук, Россия, Красноярск, e-mail: skhizhnyak@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ СУШКИ ПЛОДОВ ЧЕРНОПЛОДНОЙ РЯБИНЫ

В статье проведен сравнительный анализ вакуумного, конвекционного и сублимационного методов сушки плодов черноплодной рябины для приготовления порошка как компонента порошкообразного концентрата из плодово-зернового сырья для приготовления безалкогольного напитка. В результате научных исследований различных методов сушки определено, что по сравнению с конвекционным и вакуумным методами при сублимационном методе сушки плодов черноплодной рябины выше химический, витаминный, минеральный состав сырья на 1–10 %. При конвекционном методе белка ниже, чем при других исследуемых методах, на 0,2–0,4 %; углеводов на 6,93–11,68 %; жира на 0,02 %; витамина С на 15,13–15,49 мг/100 г; витаминов В₁ на 0,06 %; В₂ на 0,17 %; РР на 0,41 %. Установлено, что плоды черноплодной рябины максимально сохраняют качественные показатели после сублимационной сушки. Математическая обработка результатов исследований подтвердила, что максимальное превышение показателей наблюдается в варианте «Сублимационная сушка» – в среднем 318,6 % к контролю, минимальное – в варианте «Вакуумная сушка» – в среднем 266,6 % к контролю. Различия между вариантами статистически значимы на уровне $p < 0,05$. Результаты проведенных исследований доказывают, что сублимационная сушка является приоритетным способом сушки плодов черноплодной рябины для дальнейшего их применения при разработке технологии порошкообразных концентратов из растительного сырья.

Ключевые слова: сушка, сублимация, конвекционный метод сушки, вакуумный метод сушки, режимы сушки, порошкообразные концентраты, обогащенные продукты, черноплодная рябина.

Polina S. Gurskikh

Krasnoyarsk State Agrarian University, post-graduate student of the chair of merchandizing and product quality control of agrarian and industrial complex, Russia, Krasnoyarsk, e-mail: vps2008@mail.ru

Marina A. Yanova

Krasnoyarsk State Agrarian University, associate professor of the chair of merchandizing and product quality control of agrarian and industrial complex, candidate of agricultural sciences, associate professor, Russia, Krasnoyarsk, e-mail: yanova.m@mail.ru

Sergey V. Khizhnyak

Krasnoyarsk State Agrarian University, professor of the chair of ecology and environmental management, doctor of biological sciences, Russia, Krasnoyarsk, e-mail: skhizhnyak@mail.ru

COMPARATIVE EVALUATION OF THE METHODS FOR DRYING THE FRUITS OF BLACK MOUNTAIN ASH

The study provides a comparative analysis of vacuum, convection and sublimation methods for drying chokeberry fruits for preparing a powder, which will later be used as a component of a powdery concentrate from fruit and grain raw materials for preparing a soft drink. As a result of the research of various drying methods, it was determined that, in comparison with convection and vacuum methods, with freeze drying method of chokeberry fruits, physical and chemical, vitamin, and mineral composition of the raw material is 1–10 % higher. With convection method, protein is lower than with other investigated methods by 0.2–0.4 %, carbohydrates by 6.93–11.68 %, fat by 0.02 %, vitamin C by 15.13–15.49 mg / 100 g, vitamins B₁ by 0.06 %, B₂ by 0.17 %, PP by 0.41 %. It has been established that the fruits of chokeberry retain the maximum quality indicators after freeze drying. Mathematical processing of the research results confirmed that the maximum excess of indicators is observed in the "Freeze drying" option – an average of 318.6 % to the control, the minimum – in the "Vacuum drying" option – an average of 266.6 % to the control. The differences between the options are statistically significant at $p < 0.05$ level. The results of conducted studies prove that freeze drying is a prior method for drying chokeberry fruits for their further use in the development of the technology for powdered concentrates from plant raw materials.

Keywords: drying, sublimation, convection drying method, vacuum drying method, drying modes, powdered concentrates, enriched products, chokeberry.

Введение. Все большую популярность набирает деятельность по созданию высококачественных и обладающих высокой пищевой ценностью продуктов питания. Все большее внимание уделяется населением здорову питанию в связи с его положительным влиянием на иммунную систему и общее самочувствие организма [3].

Уже известные технологии производства продуктов питания не сохраняют в полной мере необходимые для организма человека макро- и микронутриенты [4]. Следует отметить, что в период распространения инфекционных заболеваний население уделяет больше внимания повышению иммунитета и здоровому питанию. Это объясняет растущий спрос на продукцию с измененными свойствами, направленными на повышение пищевой и биологической ценности продуктов питания.

Сохранение полезных веществ в порошках для приготовления безалкогольных напитков из растительного сырья основано на применении новых технологий, в которых строго соблюдены параметры сушки и измельчения растительных компонентов, имеющие свои регламенты для каждого вида сырья [2].

Поскольку одним из компонентов порошкообразного концентрата является порошок из плодов черноплодной рябины, для достижения

максимального сохранения полезных веществ в сырье необходимо тщательно подбирать параметры сушки, измельчения и хранения сырья.

Черноплодная рябина (арония черноплодная) обладает высокими качественными показателями, широко применяется в медицине, произрастает на территории Красноярского края в достаточном количестве и является зимостойкой, плоды не боятся пониженных температур, а даже, наоборот, после замораживания приобретают сладкий вкус [5].

Цель исследований. Сравнительная оценка вакуумного, конвекционного и сублимационного методов сушки плодов черноплодной рябины.

Задачи:

- провести сравнительную оценку технологических характеристик различных методов сушки плодов черноплодной рябины для получения порошка из них;

- изучить влияние различных методов сушки на химический, витаминный, минеральный состав плодов черноплодной рябины;

- определить оптимальный фракционный состав плодов для производства порошкообразного концентрата;

- для доказательной базы достоверности проведенных исследований, провести математическую обработку результатов исследований.

Методы исследований. Сбор сырья проходил на территории Емельяновского района Красноярского края в рекомендуемое время сбора созревшего урожая плодов черноплодной рябины – сентябрь месяц. Перед проведением эксперимента по изучению методов сушки плодов черноплодной рябины и их качественных показателей после сушки плоды черноплодной рябины разделили на 2 фракции: крупную (более 6 мм) и мелкую (менее 6 мм).

При определении химических показателей в работе использовались общепринятые и стандартные методы исследований свойств сырья: определение процентного содержания белка – ГОСТ Р 54390; клетчатки – ГОСТ 31675; жира – ГОСТ 13496.15; сахара – ГОСТ 5903; золы – ГОСТ 10847-74; витамина С – ГОСТ 24556-89.

Отбор проб для исследования химического состава и качественных показателей порошка из сушеных плодов черноплодной рябины проводили через 420 мин от начала сушки, и далее с временным интервалом каждые 30 минут – до 720 минут.

Результаты и их обсуждение. При вакуумном методе сушки исходное сырье после сортировки и мойки укладывают в лотки и помещают в сушильную камеру, в которой происходит нагрев сырья до температуры не более +72 °С в вакуумной среде, значение которой циклически меняют в интервале 0–0,04 МПа, а полученную при сушке влагу собирают для ее последующей переработки. Недостатком данного способа можно назвать длительность сушки и невысокие качественные показатели конечного продукта.

Конвекционный способ представляет собой влагообмен изделий с сушильным воздухом, это сушка сырья его обдувом сушильным воздухом с последующим удалением влаги из сушки. Сушка происходит посредством подвода влаги к поверхности сырья и превращения ее в пар, и

следовательно, удаления пара с поверхности изделий сушильным воздухом [7].

В процессе сублимационного способа сушки также применяют вакуум, но температура имеет низкие параметры. Этот способ переработки сырья, как растительного, так и животного происхождения, считается на данный момент самым современным. Процесс сушки сублимационным методом выглядит так: замороженные при температуре -22 °С плоды черноплодной рябины подают в камеру, в которой создается вакуумная среда 0,6–0,8 МПа. Согласно физике низких температур, при отрицательной температуре вся влага из продукта стремится наружу и замерзает, при этом разрушения структуры самого продукта не происходит. После этого сырье кратковременно досушивается при температуре +50 °С для исключения остатков влаги с поверхности.

Неоспоримыми плюсами сублимационного метода сушки являются сохранение высокого товарного вида продукта, его цвет, форма, текстура; вкус и аромат остаются неизменными; полезные вещества в продукте, при минимальном содержании влаги, сохраняются на достаточно высоком уровне [1].

В результате проведения лабораторных исследований химического состава плодов черноплодной рябины после сушки было определено оптимальное время сушки для каждого из исследуемых методов. Так, для вакуумного метода сушки оптимальной является продолжительность 540 минут, для конвекционного – 480 минут и для сублимационного метода сушки – 720 минут [6].

На графиках представлена сравнительная оценка плодов черноплодной рябины контрольного образца до сушки и после сушки вакуумным, конвекционным и сублимационным методами (рис. 1–4).

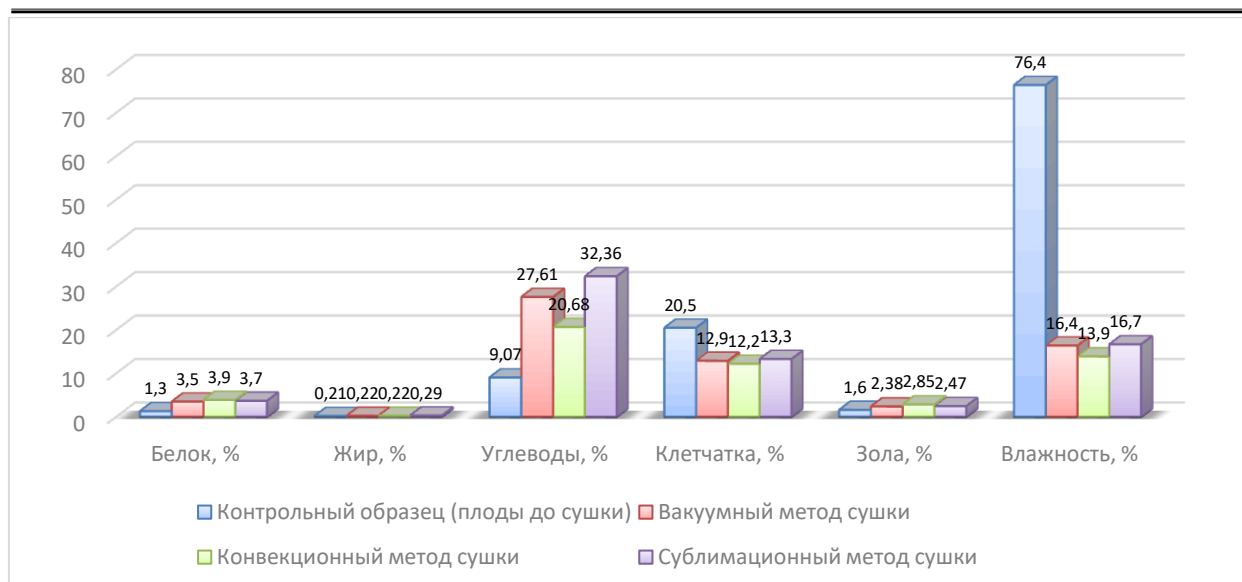


Рис. 1. Сравнительная оценка химического состава и витаминов в плодах черноплодной рябины при различных методах сушки

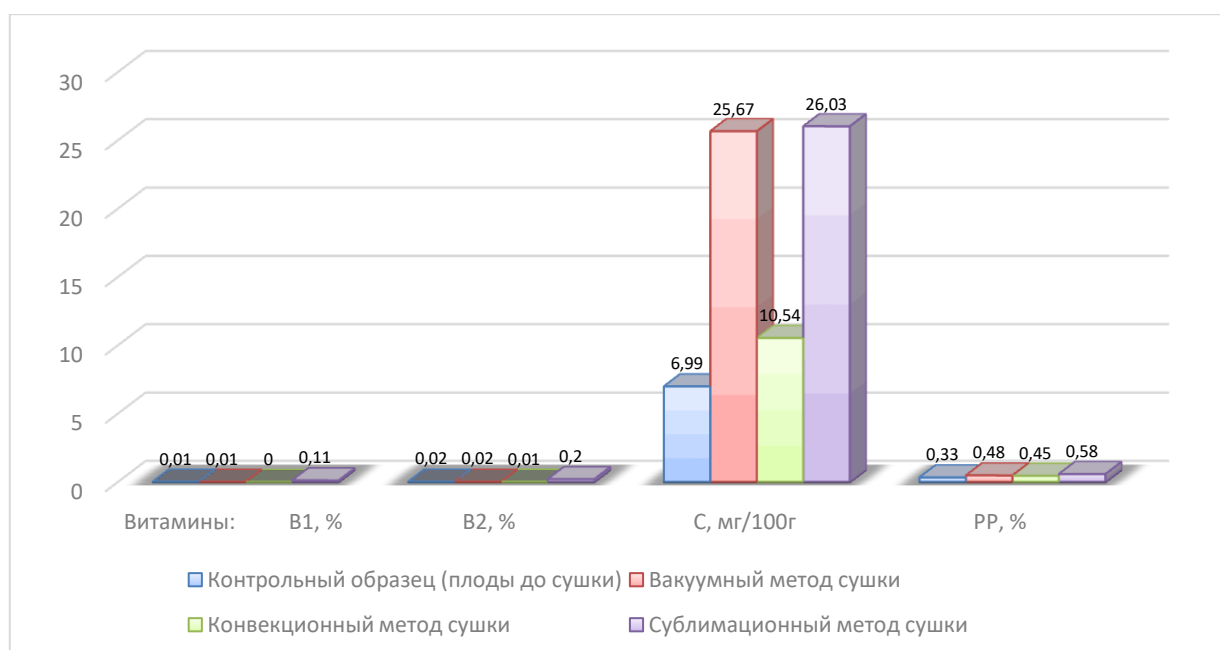


Рис. 2. Сравнительная оценка содержания витаминов в плодах черноплодной рябины при различных методах сушки

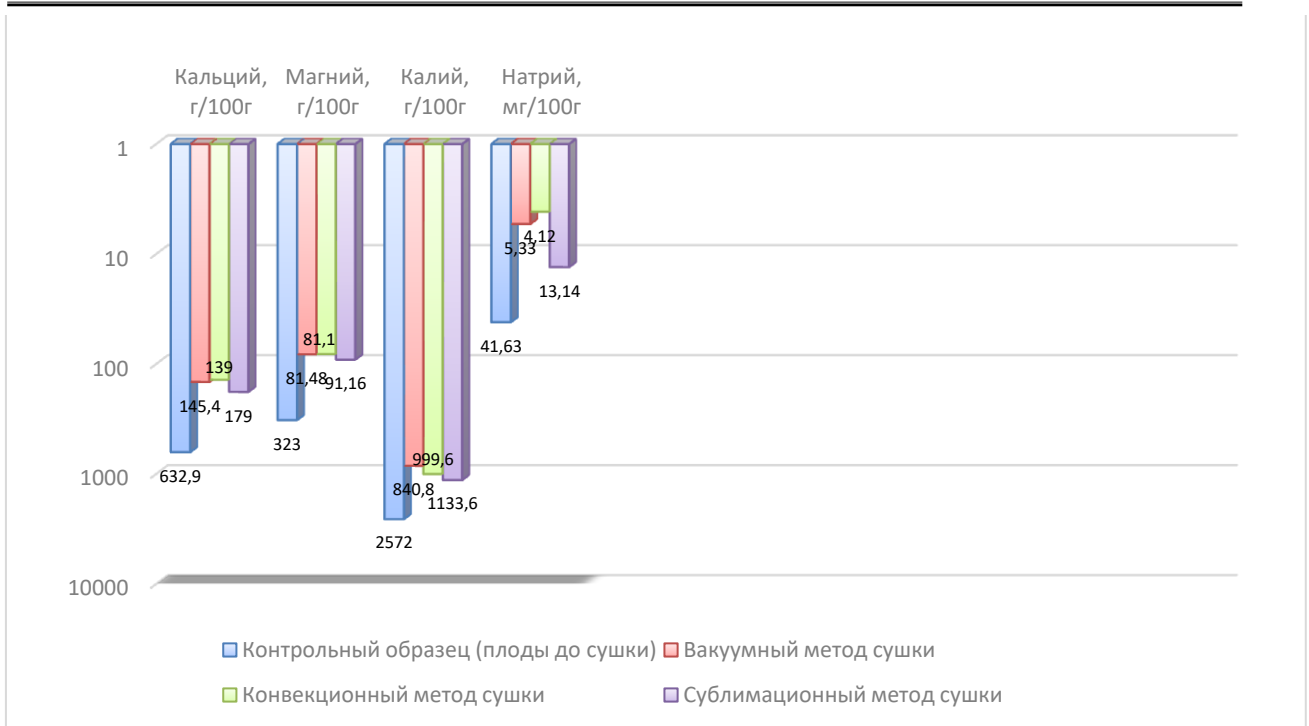


Рис. 3. Сравнительная оценка минеральных веществ (кальций, магний, калий, натрий) в плодах черноплодной рябины при различных методах сушки

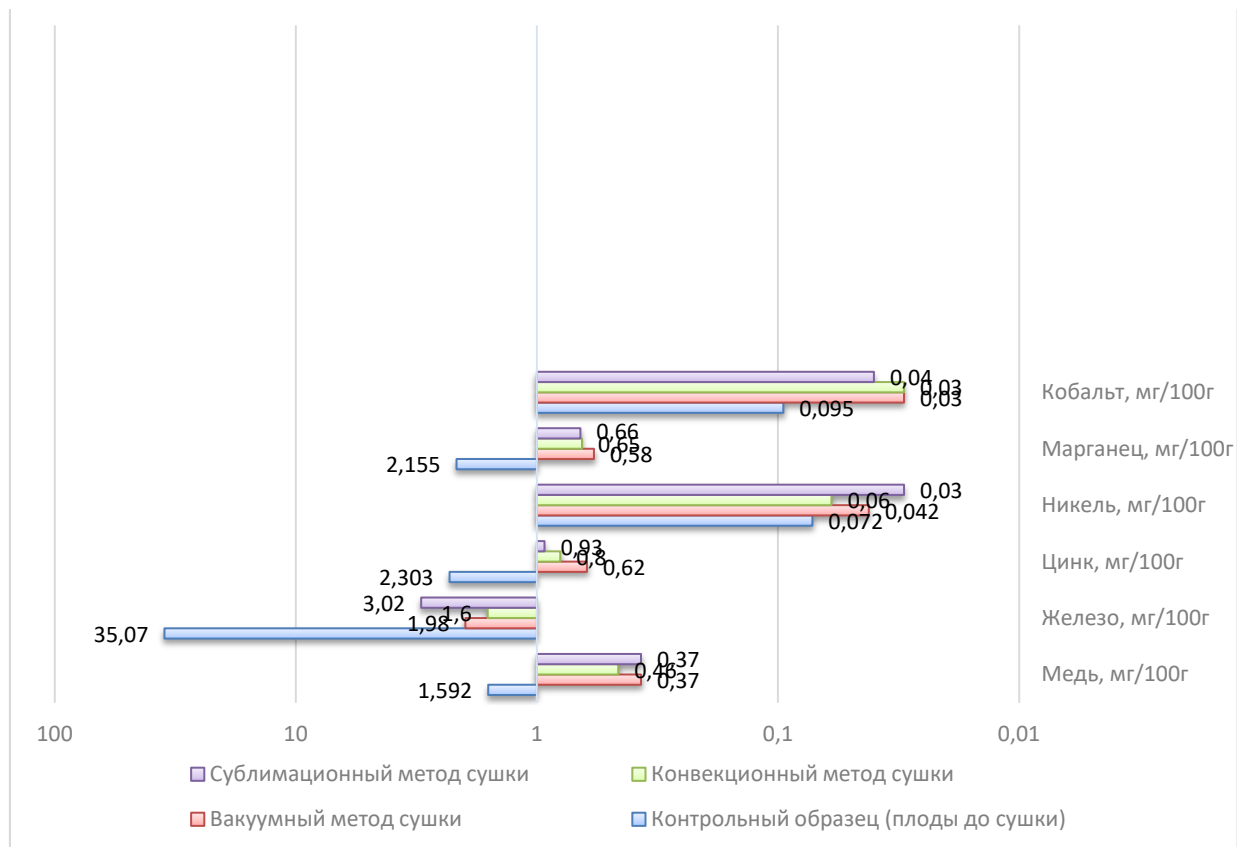


Рис. 4. Сравнительная оценка минеральных веществ (кобальт, марганец, никель, цинк, железо, медь) в плодах черноплодной рябины при различных методах сушки

Из рисунков 1–4 видно, что плоды черноплодной рябины имеют высокие показатели белка – 1,3 %; жира – 0,21; углеводов – 9,07; клетчатки – 20,5; золы – 0,73; при влажности

76,4 %, витамина С – 6,99 мг на 100 г сырья, а также обладают высоким содержанием минеральных веществ, особенно таких как кальций – 632,9 мг/кг, калий – 2572,0, магний – 323,0 мг/кг, это показывает, что плоды имеют высокую пищевую ценность. Следовательно, плоды черноплодной рябины являются перспективным сырьем для производства порошкообразных концентратов для приготовления плодово-ягодных безалкогольных напитков.

При конвекционном методе сушки сырья крупные плоды (более 6 мм в диаметре) лучше сохраняют полезные вещества, чем мелкие (менее 6 мм в диаметре). Плоды мелкой фракции остаются более насыщены белком, углеводами и витамином С при более продолжительной обработке (630 мин). Показатели содержания белка выше, чем у крупной фракции, при такой же продолжительности обработки, на 0,2 %, углеводов на 0,3, витамина С на 0,2 %. Плоды крупной фракции при продолжительности сушки 420–480 минут сохраняют в себе больше белка на 0,2–0,3 %, жира на 0,1–0,2, углеводов на 0,4–0,6, витамина РР на 0,01–0,02 %. Следовательно, оптимальное время при конвекционном методе сушки плодов черноплодной рябины – 480 минут.

Сравнительная оценка методов сушки плодов черноплодной рябины для получения порошка (см. рис. 1–4) показала, что при сублимационном методе сушки плодов черноплодной рябины в большей степени сохраняются качественные характеристики сырья, на 1–10 % выше по сравнению с конвекционным и вакуумным методами. При конвекционном методе качественные показатели сырья значительно ниже: белок на 0,2–0,4 %, углеводы на 6,93–11,68; жир на 0,02 %, С на 15,13–15,49 мг/100г, чем при других исследуемых методах, и витамины В₁ на 0,06 %; В₂ на 0,17; РР на 0,41 % меньше, чем при сублимационном методе сушки.

Для доказательной базы достоверности проведенных исследований провели математическую обработку анализов с помощью пакета StatSoft STATISTICA 6.0. При определении значимости различий между контрольным образцом и образцами, подвергнутыми сушке, по абсолютным значениям показателей использовали критерий Уилкоксона для связанных выборок и критерий знаков. Результаты представлены в таблице 1.

Сравнение по комплексу показателей показало, что варианты сушки в высшей степени значимо ($p < 0,001$) различаются между собой (табл. 2).

Таблица 1

Значимость различий между контрольным образцом и образцами, подвергнутыми сушке, по абсолютным значениям показателей

Вариант	Значимость различий, p	
	Критерий знаков	Критерий Уилкоксона
Контрольный образец (плоды до сушки) – вакуумная сушка	<0,001	<0,001
Контрольный образец (плоды до сушки) – конвекционная сушка	0,001	<0,001
Контрольный образец (плоды до сушки) – сублимационная сушка	<0,001	<0,001

Таблица 2

Результаты сравнения вариантов сушки по комплексу показателей с помощью рангового дисперсионного анализа Фридмана

Вариант	Средний ранг	Сумма рангов	Среднее, % к контролю
Вакуумная сушка	1,5	30	319,6716
Конвекционная сушка	1,825	36,5	364,8322
Сублимационная сушка	2,675	53,5	452,3456

Максимальное превышение показателей наблюдается после сублимационной сушки – в среднем 452,3 % к контролю, минимальное –

после вакуумной сушки (в среднем 319,7 % к контролю).

В таблицах 3–5 приведены результаты анализа по отдельным группам показателей.

Таблица 3

Результаты сравнения вариантов сушки по показателям основ рационального питания (белок, жир, углеводы, клетчатка, зола) с помощью рангового дисперсионного анализа Фридмана

Вариант	Средний ранг	Сумма рангов	Среднее, % к контролю
Вакуумная сушка	1,4	7	300,7562
Конвекционная сушка	2,2	11	308,0542
Сублимационная сушка	2,4	12	321,1305

По результатам, приведенным в таблице 3, видно, что распределение вариантов не изменилось – максимальное превышение показателей по-прежнему наблюдается в варианте «Сублимационная сушка» (в среднем 321,1 % к

контролю), минимальное – в варианте «Вакуумная сушка» (в среднем 300,8 % к контролю). А также значимость различий по показателям не доказана ($p < 0,174$).

Таблица 4

Результаты сравнения вариантов сушки по содержанию витаминов с помощью рангового дисперсионного анализа Фридмана

Вариант	Средний ранг	Сумма рангов	Среднее, % к контролю
Вакуумная сушка	1,25	5	550,522
Конвекционная сушка	1,75	7	659,288
Сублимационная сушка	3	12	1058,249

По результатам сравнения вариантов сушки по содержанию витаминов распределение вариантов также осталось прежним – максимальное превышение показателей наблюдается после сублимационной сушки (в среднем 1058,2 %

к контролю), минимальное – после вакуумной сушки (в среднем 550,5 % к контролю). Различия между вариантами статистически значимы на уровне $p < 0,05$.

Таблица 5

Результаты сравнения вариантов сушки по содержанию минеральных элементов с помощью рангового дисперсионного анализа Фридмана

Вариант	Средний ранг	Сумма рангов	Среднее, % к контролю
Вакуумная сушка	1,6	16	266,6098
Конвекционная сушка	1,75	17,5	310,1029
Сублимационная сушка	2,65	26,5	318,6407

Результаты сравнения вариантов сушки по содержанию минеральных элементов показали, что распределение вариантов осталось прежним. Все также максимальное превышение показателей наблюдается в варианте «Сублимационная сушка» – в среднем 318,6 % к контролю, минимальное – в варианте «Вакуумная сушка» – в среднем 266,6 % к контролю. Различия между вариантами статистически значимы на уровне $p < 0,05$.

Выводы. Сравнительная оценка технологических характеристик различных методов сушки

плодов черноплодной рябины показала преимущество сублимационного метода сушки, при котором сохраняется высокий товарный вид продукта, его цвет, вкус и аромат остаются неизменными; полезные вещества в продукте при минимальном содержании влаги сохраняются.

При изучении различных методов сушки определено, что при сублимационном методе сушки плодов черноплодной рябины химический, витаминный, минеральный состав сырья выше на 1–10 % по сравнению с конвекционным и вакуумным

методами. При конвекционном методе белка ниже, чем при других исследуемых методах, на 0,2–0,4 %, углеводов на 6,93–11,68 %, жира на 0,02 %, витамина С на 15,13–15,49 мг/100г, витаминов В₁ на 0,06 %, В₂ на 0,17 %, РР на 0,41 %.

При математической обработке результатов исследований подтверждено, что максимальное превышение показателей наблюдается в варианте «Сублимационная сушка» – в среднем 318,6 % к контролю, минимальное – в варианте «Вакуумная сушка» – в среднем 266,6 % к контролю. Различия между вариантами статистически значимы на уровне $p < 0,05$.

Результаты проведенных исследований доказывают, что сублимационная сушка является приоритетным способом сушки плодов черноплодной рябины для дальнейшего их применения при разработке технологии порошкообразных концентратов из растительного сырья.

Литература

1. *Ахмедов М.Э., Яралиева З.А.* Совершенствование технологии производства сухих пищевых добавок из плодового и ягодного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 5-6. С. 44–48.
2. *Гурских П.С., Янова М.А.* Использование порошков из ягод при производстве зерновых напитков // Инновационные тенденции развития российской науки: мат-лы XI Международ. науч.-практ. конф. Ч. 1. Красноярск, 2018. С. 261–264.
3. *Гурских П.С., Янова М.А.* Использование ягод черноплодной рябины при производстве композитных смесей для зернового напитка из овса // Экология. Пища. Качество: тр. XV Международ. науч.-практ. конф. (Краснообск 27–29 июня 2018). Новосибирск, 2018. С. 755–759.
4. *Кожухарь Е.Н.* Совершенствование технологии производства пищевых порошков из дикорастущих ягод брусники: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2016. 19 с.

5. *Плоды, ягоды и пищевые растения Сибири в детском питании / под ред. Е.И. Прахина.* Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. 77 с.
6. *Скурихин И.М., Тутельян В.А.* Химический состав российских пищевых продуктов: справочник. М.: ДеЛи, 2002. 236 с.
7. URL: https://studwood.ru/1644867/tovarovedenie/poluchenie_ovoschnyh_fruktovyh_poroshkov.

Literatura

1. *Ahmedov M.Je., Jaraliev Z.A.* Sovershenstvovanie tehnologii proizvodstva suhih pishhevyyh dobavok iz plodovogo i jagodnogo syr'ja // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Pishhevaya tehnologija. 2014. № 5-6. S. 44–48.
2. *Gurskih P.S., Janova M.A.* Ispolzovanie poroshkov iz jagod pri proizvodstve zernovyh napitkov // Innovacionnye tendencii razvitiya rossijskoj nauki: mat-ly XI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ch. 1. Krasnojarsk, 2018. S. 261–264.
3. *Gurskih P.S., Janova M.A.* Ispolzovanie jagod chernoplodnoj rjabiny pri proizvodstve kompozitnyh smesey dlja zernovogo napitka iz ovsy // Jekologija. Pishha. Kachestvo: tr. XV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Krasnoobsk 27–29 ijunja 2018). Novosibirsk, 2018. S. 755–759.
4. *Kozhuhar' E.N.* Sovershenstvovanie tehnologii proizvodstva pishhevyyh poroshkov iz dikorastushhih jagod brusniki: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. Krasnojarsk, 2016. 19 s.
5. *Plody, jagody i pishhevye rastenija Sibiri v detskom pitanii / pod red. E.I. Prakhina.* Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1992. 77 s.
6. *Skurihin I.M., Tutel'jan V.A.* Himicheskij sostav rossijskih pishhevyyh produktov: spravochnik. M.: DeLi, 2002. 236 s.
7. URL: https://studwood.ru/1644867/tovarovedenie/poluchenie_ovoschnyh_fruktovyh_poroshkov.