

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНСЕРВАЦИИ ОВОЩЕЙ

Фролов Д.И.

В публикации представлены результаты применения двух современных технологий долговременной и безопасной консервации овощей-сублимационной сушки и гамма-стерилизации. Лиофилизированные овощи отличаются минимальной влажностью-от 2 до 5%, а вкусоароматический комплекс сохраняется в высшей степени. Проведенная гамма-стерилизация обеспечивает высокую микробиологическую чистоту овощей и гарантирует их длительное сохранение (до 5 лет) в полимерной упаковке, в обычных условиях.

Ключевые слова: лиофилизация, гамма-стерилизация, длительная консервация, овощи.

Введение

В условиях постоянно повышающихся требований к здоровому образу жизни одно из ведущих направлений современной пищевой промышленности связано с производством высококачественных продуктов питания за счет рационального использования ресурсов питания и применения новых технологий, которые сохраняют природные свойства сырья, делают его более здоровым, безопасным и долговечным.

Овощи занимают особое место в питании человека. Они являются одной из пищевых групп, признанных лидером в области здорового питания, особенно в условиях индустриализации и повышенного потребления рафинированных продуктов, бедных растительными волокнами и витаминами.

Овощи потребляются свежими или обработанными. Они хранятся при низкой температуре (0-3°C) при условиях охлаждения, замораживания, сушки и консервирования. Известно, что консервирование овощей путем сушки и замораживания имеет ряд преимуществ по сравнению со стерилизацией. Однако применение этих традиционных методов обработки не обеспечивает их надежной и долгосрочной сохранности [4, 5]. Кроме того, они также связаны с рядом неблагоприятных изменений в продуктах – нарушениями вкусоароматического комплекса и структуры, процессами денатурации, снижающими их питательную и биологическую ценность. Повышенные требования потребителей к здоровым, наименее переработанным продуктам питания постоянно увеличивают спрос на такие продукты [1].

Это диктует необходимость применения современных и эффективных методов консервирования для продления срока хранения овощей при максимальном сохранении их качества [2, 3].

Лиофилизация – это процесс сушки методом вакуумной сублимации, сочетающий в себе две стадии – замораживание с предварительно заданной скоростью до температуры затвердевания и сушку под вакуумом при температурах, не превышающих

критических, т. е. тех, которые не нарушают микро – и макроструктуру продукта.

Данная технология позволяет избежать недостатков всех остальных способов консервирования, так как конечные продукты обладают сохраненными исходными качествами – цветом, ароматом, питательными свойствами, содержанием витаминов, неизменным исходным объемом, быстрой регидратацией, и является предпочтительным способом консервирования свежих овощей. Гамма-стерилизация пищевых продуктов определена как безопасная технология снижения риска порчи, при которой достигается устранение или значительное снижение потенциально опасных для здоровья потребителей патогенных микроорганизмов, содержащихся в продуктах, и существенно продлевается срок их хранения.

Обычно в процессе лиофилизации из-за уменьшения свободной воды погибает часть вегетативных форм мезофильных микроорганизмов, часть дрожжей и редко грибов. Часть спор бактерий, некоторые микроскопические грибы и дрожжи с более высокой устойчивостью к тепловой и технологической обработке могут выжить после лиофилизации. Этот метод сам по себе слабо бактерициден и не ингибирует размножение микроорганизмов при хранении и регидратации [6].

Именно поэтому представляет интерес возможность совмещения данной технологии с гамма-стерилизацией. Основная цель настоящей работы: сравнительное исследование изменений качественных и микробиологических характеристик различных по типу и сорту овощей после лиофилизации и гамма-обработки.

Объекты и методы исследований

Овощи, используемые в этом исследовании, были куплены в местной сети магазинов и технологически обработаны. Использовалось следующее сырье -помидоры, зеленый перец, цветная капуста, кабачки, морковь, шпинат, грибы, горох и зеленая фасоль. Продукты подвергались предварительному

отбору, поскольку их качество определяет режим лиофилизации, упаковки и хранения.

Замораживание сырья осуществлялось в камерах с естественной циркуляцией воздуха при внутренней температуре -35°C до -40°C , при средней скорости охлаждения $-0,25^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

Сублимационная сушка осуществлялась в вакуум-сублимационной установке В2-ФСБ. Основные параметры лиофилизации – температура полного отверждения, минимальная и максимальная температуры дозирования определялись методом измерения удельного электрического сопротивления и методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК).

Овоцы, обработанные двумя технологически методами-лиофилизацией и гамма-облучением, упаковывали в полимерные 3-слойные алюминиевые фольговые вакуумные закрытые упаковочные пакеты и хранили при температуре от 0°C до 5°C .

Результаты и их обсуждение

Лиофилизацию исследуемых продуктов проводили при температуре нагревательных пластин -65°C , общем давлении в сублимационной камере 40-65 Па и температуре вторичной сушки до $+35^{\circ}\text{C}$. Температурный режим сушки следует подбирать таким образом, чтобы достичь оптимальной корреляции между скоростью сушки и качеством продукта, чтобы гарантировать высокое качество конечной продукции и хорошую энергоэффективность.

Благодаря проведенным технологическим испытаниям сублимированных различных свежих овощей нами установлены следующие оптимальные технологические параметры процесса, представленные в Таблице 1.

Лиофилизованные овощи были технологически обработаны ионизирующим излучением. Применялись две дозы облучения: 1,5 кГр и 3 кГр. По сравнению с другими традиционными техноло-

гиями консервации в случае гамма-стерилизации энергопотребление меньше, в результате чего температура облучаемого продукта незначительно повышается, и провоцируют химические изменения.

Несколько индексных групп – остаточное содержание воды, органолептические, регидратационные и микробиологические чистоты, оценивали качество высушенных и облученных.

Для получения качественных продуктов при сублимационной сушке необходимо отделить 70-95% влаги при отрицательных температурах. Остаточная влажность находится в диапазоне от 2,0 до 4,5% и равномерно распределена по объему полностью высушенных овощей. Степень регидратации лиофилизованного продукта рассчитывают на основе коэффициента регидратации K_p :

$$k_p = \frac{G_2}{G_1} \quad (1)$$

где k_p – коэффициент регидратации, в относительных единицах, выражающий влагоудерживающую способность лиофилизованного продукта при регидратации;

G_1 – масса сухого продукта в г;

G_2 – масса регидратированного продукта в г.

Благодаря своей лиофильной природе продукты быстро восстанавливаются при регидратации, достигая в максимальной степени своих начальных физических, органолептических и физиологических свойств.

Никаких существенных изменений в отношении физико-химических характеристик после технологической обработки не наблюдалось. Содержание белка в сушеных и облученных овощах колеблется от 2,75 до 8,10%, жиров от 0,5 до 3%, углеводов от 65 до 75% и минеральных веществ от 3,8 до 6,9%.

Микробиологический статус имеет особое значение для качества сушеных и облученных овощей.

Таблица 1 – Технологические параметры для сублимационной сушки овощей

Параметры	Томаты	Зеленый перец	Цветная капуста	Кабачки	Морковь	Шпинат	Грибы	Горох	Зеленая фасоль
Толщина слоя, мм	8-12	10-12	12-15	15-17	15-18	12-14	12-15	10-12	14-16
Температура замерзания, $^{\circ}\text{C}$	-35	-32	-32	-32	-35	-30	-35	-32	-30
Температура сублимации, $^{\circ}\text{C}$	-38	-38	-30	-28	-28	-30	-35	-27	-24
Общее давление, Па	65	65	55	40	60	45	50	60	55
Конечная температура продукта, $^{\circ}\text{C}$	30	30	32	35	30	35	32	30	30
Продолжительность цикла, ч	14-15	11-12	15	11-12,5	12-14	10,5-11	14-14,5	11	11-13
Остаточная влажность, %	2,0-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	4,0-4,5	2,0-2,8	4,5-5,0	3,5-4,0	2,5-3,0

Технология сублимационной сушки препятствует и препятствует росту и развитию микроорганизмов из-за сокращения количества свободной воды.

В процессе лиофилизации количество свободной воды, необходимой для роста и развития микроорганизмов, уменьшается. В связи с этим было

доказано, что показатель «активность воды» пищевых продуктов лучше определяет пределы роста различных микроорганизмов по сравнению с показателем «общее содержание воды». Вот почему активность воды была введена в качестве важного контролирующего и изменяющегося количества в

Таблица 2 – Микробиологическая характеристика лиофилизированных и облученных овощей

Параметры	Общее количество микроорганизмов, КОЕ/г	Колиформ, КОЕ/г	E.coli, КОЕ / г	Сальмонеллы, в 25 г	Сульфит-редуцирующие клостридии, КОЕ/г	Стафилококки / 1г	Грибы, КОЕ / г	Дрожжи, КОЕ / г
Лиофилизированный - не облученный								
Томаты	$2,4 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^2$	$4,3 \cdot 10^1$	–	0-2	–	$2,5 \cdot 10^2$	< 10
Зеленый перец	$6,5 \cdot 10^3$	$2,7 \cdot 10^2$	$2,4 \cdot 10^1$	–	1-3	–	$1,5 \cdot 10^1$	< 10
Цветная капуста	$2,0 \cdot 10^4$	$4,3 \cdot 10^2$	< 10	–	0	–	$6,0 \cdot 10^2$	< 10^2
Кабачки	$7,5 \cdot 10^3$	$3,8 \cdot 10^1$	< 10	–	0	–	$3,2 \cdot 10^2$	< 10
Морковь	$2,4 \cdot 10^5$	$7,8 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^1$	–	3	–	$6,5 \cdot 10^2$	< 10^2
Шпинат	$1,4 \cdot 10^5$	$4,2 \cdot 10^2$	< 10	–	0	–	$7,25 \cdot 10^1$	< 10^2
Грибы	$4,5 \cdot 10^3$	$3,4 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^1$	–	2	–	$3,7 \cdot 10^1$	< 10
Горох	$7,5 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$	< 10	–	0	–	$2,75 \cdot 10^2$	< 10^2
Зеленая фасоль	$4,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^2$	< 10	–	1-3	–	$3,0 \cdot 10^1$	< 10
Лиофилизированный, облученный в дозе 1,5кГр								
Томаты	$1,4 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^1$	–	–	1	–	$1,0 \cdot 10^1$	–
Зеленый перец	$2,5 \cdot 10^1$	–	–	–	1	–	$1,0 \cdot 10^1$	–
Цветная капуста	$1,8 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^1$	–	–	–	–	–	–
Кабачки	$2,0 \cdot 10^1$	–	–	–	–	–	–	< 10
Морковь	$1,7 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^1$	–	–	1	–	$1,7 \cdot 10^1$	< 10
Шпинат	–	–	–	–	–	–	–	–
Грибы	$2,6 \cdot 10^2$	$1,6 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^1$	–	–	–	–	< 10
Горох	–	–	–	–	–	–	–	–
Зеленая фасоль	$2,8 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$	–	–	1	–	$1,5 \cdot 10^1$	–
Лиофилизированный, облученный дозой 3кГр								
Томаты	–	–	–	–	–	–	–	–
Зеленый перец	–	–	–	–	–	–	–	–
Цветная капуста	–	–	–	–	–	–	–	–
Кабачки	–	–	–	–	–	–	–	–
Морковь	–	–	–	–	–	–	–	–
Шпинат	–	–	–	–	–	–	–	–
Грибы	–	–	–	–	–	–	–	–
Горох	–	–	–	–	–	–	–	–
Зеленая фасоль	–	–	–	–	–	–	–	–

пищевых технологиях с длительным сроком хранения.

Большинство бактерий и дрожжей в высушенных продуктах находятся в стадии роста при $a_w = 0,9$, а большая часть грибов развивается при a_w – ниже 0,80.

Активность воды у лиофилизированных овощей составляет от 0,2 до 0,4, что подтверждает их микробную стабильность. Микробиологический статус исследуемых овощей представлен в таблице 2.

Общее количество микроорганизмов находится в диапазоне от 2,8 до 5,3 логарифмов, наибольшее количество – в шпинате и горохе. Найденные грибы и дрожжи находятся в допустимых нормах и на них не влияет сушка вымораживанием. После гамма-облучения мы наблюдали значительное уменьшение микроорганизмов. Общее количество микроорганизмов уменьшается и остается в диапазоне от 1,3 до 2,2 логарифмов для низкой дозы облучения. Были созданы грибы с более высокой устойчивостью к облучению. Согласно другим исследователям, для уничтожения грибов необходимы дозы от 1,3 до 11 кГр. В наших экспериментах было достигнуто полное восстановление микроорганизмов и грибов в образце, облученном 3 кГр.

Наши микробиологические анализы лиофилизированных и облученных овощей также подтверждают отсутствие патогенной посевной микрофлоры.

В лиофилизированной форме и после гамма-стерилизации, упакованных в вакуумную полимерную упаковку, овощи можно хранить до 5 лет в обычных условиях, сохраняя в значительной степени их органолептические свойства, питательную и биологическую ценность.

Выводы

Сублимационная сушка – это современная, высокоэффективная технология для качественного и длительного хранения овощей, которая максимально сохраняет свои вкусовые свойства и биологическую ценность.

Гамма-стерилизация продлевает срок годности лиофилизированных овощей за счет инактивации нежелательной микрофлоры.

Два метода консервации – лиофилизация и гамма-облучение не вызывают неблагоприятных изменений в органолептических и физико-химических характеристиках овощей, одновременно повышая их микробиологическую безопасность.

Список литературы

- [1] Голубева О.А., Краснов А.В., Лебедева Е.С. Сублимационная сушка как один из перспективных методов сушки сырья // Новая наука: Современное состояние и пути развития. 2016. № 12–4. С. 60–61.
- [2] Сыроватка В.И. Сублимационная сушка кормов // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 65–67.
- [3] Абдулхаликов З.А., Омаров М.М., Мирзабекова Д.Д. Изменение физико-химических показателей пюре капусты сублимационной сушки в процессе хранения / В сборнике: Повышение качества и безопасности пищевых продуктов Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 5–7.
- [4] Фролов Д.И., Фудин К.П. Влияние конвективной сушки и температурного режима на содержание химических веществ в репчатом луке // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2016. № 1 (29). С. 84–89.
- [5] Фролов Д.И., Фудин К.П. Изучение кинетики конвективной сушки репчатого лука // Инновационная техника и технология. 2015. № 3 (04). С. 28–32.
- [6] Nikolova, R., At. Kraevska, T. Sapundjieva and P. Ivanova Microbiological characteristics of dried and frozen fruits and vegetables for export to the European Union. Collection Scientific works from the Jubilee Scientific Conference with international participation “50 years Higher Institute of Food Industry”, 2003. 50 (1), pp. 272–277.

MODERN TECHNOLOGIES FOR CONSERVATION OF VEGETABLES

Frolov D.I.

The publication presents the results of applying two modern technologies for the long-term and safe preservation of vegetables — freeze-drying and gamma sterilization. Lyophilized vegetables have a minimum moisture content of 2 to 5%, and the flavor complex is highly preserved. The gamma sterilization performed ensures high microbiological purity of vegetables and ensures their long-term preservation (up to 5 years) in plastic packaging, under normal conditions.

Keywords: *lyophilization, gamma sterilization, long-term preservation, vegetables.*

References

- [1] Golubeva O.A., Krasnov A.V., Lebedeva E.S. Sublimatsionnaya sushka kak odin iz perspektivnykh metodov sushki syr'ya // *Novaya nauka: Sovremennoe sostoyanie i puti razvitiya*. 2016. No. 12–4. pp. 60–61.
- [2] Syrovatka V.I. Sublimatsionnaya sushka kormov // *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2016. No. 5. pp. 65–67.
- [3] Abdulkhalikov Z.A., Omarov M.M., Mirzabekova D.D. Izmenenie fiziko-khimicheskikh pokazatelei pyure kapusty sublimatsionnoi sushki v protsesse khraneniya / V sbornike: *Povyshenie kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov Materialy VIII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. 2018. pp. 5–7.
- [4] Frolov D.I., Fudin K.P. Vliyaniye konvektivnoi sushki i temperaturnogo rezhima na sodержaniye khimicheskikh veshchestv v repchatom luke // *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*. 2016. No. 1 (29). pp. 84–89.
- [5] Frolov D.I., Fudin K.P. Izuchenie kinetiki konvektivnoi sushki repchatogo luka // *Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya*. 2015. No. 3 (04). pp. 28–32.
- [6] Nikolova, R., At. Kraevska, T. Sapundjieva and P. Ivanova Microbiological characteristics of dried and frozen fruits and vegetables for export to the European Union. *Collection Scientific works from the Jubilee Scientific Conference with international participation “50 years Higher Institute of Food Industry”*, 2003. 50 (1), pp. 272–277.