

## **ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ ЛИОФИЛИЗАЦИИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СОХРАННОСТИ ПЛОДОВОГО СЫРЬЯ**

*Хаменок Артемий Витальевич, студент 4 курса Технологического института, ФГБОУ ВО РГАУ– МСХА имени К. А. Тимирязева, artfotogra@yandex.ru*

*Научный руководитель: Бакин Игорь Алексеевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Процессы и аппараты перерабатывающих производств», ФГБОУ ВО РГАУ– МСХА имени К. А. Тимирязева, bakin@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** Регидратаци при низких температурах позволяет получить продукты длительного хранения, при этом сохраняются полезные вещества, органолептические качества, цвет продукта и ароматика. Это позволяет улучшить продовольственное обеспечение удалённых регионов страны и повысить доступность сезонных фруктов, ягод и овощей в близком к свежему виду, упростив транспортировку и хранение. Процесс лиофилизации имеет высокое энергопотребление для достижения сохранности активных веществ и целостности структуры, в связи с этим исследования по сверхкритическим процессам удаления влаги, реализуемые при физических параметрах ниже тройной точки воды, крайне востребованы и актуальны. В исследовании предложено усовершенствовать технологию сублимационной сушки плодового сырья при использовании теплоты от холодильных машин.*

***Ключевые слова:** сублимация; плодовое сырье; сохранность.*

Фрукты и овощи являются неотъемлемой частью нашего рациона, однако не во всех регионах есть возможность выращивать достаточное количество плодовоовощной продукции. Эту проблему усугубляет тот факт, что столь важный элемент рациона не способен перенести длительную транспортировку без дополнительной обработки, которая имеет как свои положительные стороны, так и недостатки. Например, одним из способов увеличения сроков хранения являются различные виды сушки [1]. Однако, сушка и термический нагрев ухудшают витаминный состав продуктов и часто меняют, а иногда и ухудшают органолептические свойства [2]. Кроме этого, для обработки часто применяется нагрев от сжигаемого природного газа, а в наше время немаловажным фактором для предприятий становится снижение потребления энергоресурсов и уменьшение выбросов в окружающую среду угарного газа. Всё это приводит к выводу о том, что с ростом технологического уровня появляется потребность переосмысления подхода к технологиям

увеличения хранимости плодоовощной продукции.

В связи с вышеперечисленным, целью нашего исследования стало изучение возможности применения процесса сублимационной сушки плодоовощного сырья для увеличения его хранимости. Задачами исследования являлось: выявить узкие места технологии сублимационной консервации плодов, рассмотреть потенциальные пути уменьшения энергии на сушку.

Лиофилизация способствует изменению агрегатного состояния вещества из твёрдого состояния в газообразное, при меньших температуре и давлении, чем при тройной точке влаги. Данная диаграмма перехода имеет несколько участков [3]. В связи с переходом и уменьшением удельного объёма вещества, процесс относят к фазовым переходом первого рода [4]. Процесс лиофильной сушки был изобретён во Франции в 1906 году электрофизиологом Жаком-Арсье д'Арссовалем из французского университета Collège de France, находящимся в Париже. В крупных масштабах лиофильные сушилки впервые применялись для увеличения хранимости сыворотки крови, которую доставляли из США в Европу во время Второй мировой войны. Сублимация позволила увеличить химическую стабильность сыворотки и перевозить её через океан без крайне неудобных систем охлаждения. После этого сублимацию применили к пенициллину. Это привело к огромному медицинскому признанию метода сублимации и его дальнейшему развитию в 20 веке. Кроме фармакологии лиофилизацию использовали для обработки пищи и созданию питания для космонавтов.

Главной особенностью процесса сублимационной сушки является возможность уменьшение массы в несколько раз счёт вывода основной части влаги, что также позволяет продлить сроки, сохранив при этом почти все полезные вещества. Запах и вкус таких продуктов становятся более насыщенными, но происходят увеличение пористости структуры [5,11]. Эти изменения продукта являются частично обратимыми, но в нашей лаборатории идут работы по получению технологии регидротации до полного восстановления продукта. В опытах были отработаны режимы сушки измельченных яблок «Голден». Они измельчались до 5 мм в виде пластин. Влажность яблок была  $65 \pm 2$  % (при измерении на весах OHAUS MB90).

Заморозка сырья произведена при температуре  $-65$  °С (до 17 ч.). Сушка исследована в сублимационном аппарате Vikumer BFD-10. Обогрев полок и сырья производится через теплообменные пластины. Пары влаги конденсируются на змеевике при температуре  $-85$  °С. Из вакуумной сушилки откачивался воздух до давления 0,000013 атм. Температура заморозки установлена до  $-45$  °С. После этого был включён вакуумный насос. Конденсация в вакуумной ловушке происходила при  $-72$  °С. После подогрева от поверхности лотков до 3 ч, температура продукта поднималась до  $+20$  °С. Получены плоды с влагосодержанием

4,20 %, что на 60,8 % меньше начального.

Дополнительно были сделаны опыты по сушке на других продуктах, относящиеся к ягодному и плодovому сырью [6,12]. После дегидратации у всех образцов поверхность была без значимых повреждений и трещин. Форма соответствовала свежим плодам, без признаков коробления и усадки. Цвет сохранялся характерным для сырья. Из сохранения скоропортящихся ягод в остальных регионах на неурожайный период [7].

Главными недостатками технологии сублимации является длительность и высокое электропотребление [3], но при переходе на крупнопартийное производства появится возможность перевести процесс на непрерывный тип что повысит общую энергоэффективность [8]. Схема предполагаемого непрерывного сублимационного производства предложена с учетом повторного использования теплоты холодильных машин [9]. Плодоовощная продукция будет проходить сортировку и предварительную обработку в секции приёма, после чего поступать в камеру шоковой заморозки. Оттуда сырьё на конвейере через шлюз поступит в вакуумную камеру, где будет подогреваться горячим теплоносителем холодильных компрессоров. Подобный подход позволит избежать постоянного спуска и подъёма температуры и давления в отсеках, на что в современных сублимационных сушилках тратится большая часть энергии [6]. Процесс рекуперации, который невозможен при непоточном типе производства, позволит ещё больше увеличить энергоэффективность. Если провести полную автоматизацию упаковочного процесса, его можно вынести в вакуумную камеру, что позволит упростить решение проблемы попадания влаги и кислорода в сублимированную продукцию, но это усложнит контроль качества, поэтому на схеме упаковочный цех вынесен за шлюз. Это позволит принимать участие в упаковке и итоговом контроле качества, но потребует тратить энергию на искусственное поддержание низкой влажности. Полученный высушенный продукт можно использовать в технологии снековых закусок [10].

В исследовании предложено усовершенствовать технологию сублимационной сушки плодovого сырья при использовании теплоты от холодильной машины. Изучены параметры замораживания и сублимации, предложено конструктивное решение по непрерывной загрузке сырья.

### **Библиографический список**

1. Обоснование устойчивой технологии гранулирования в производстве сухих функциональных напитков / А. С. Мустафина, И. Ю. Резниченко, И. А. Бакин, С. В. Шилов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2023. – № 1(391). – С. 124-132. – DOI 10.26297/0579-3009.2023.1.20.

2. Бакин, И. А. Информационные системы контроля и управления процессов дегидратации плодово-ягодного сырья / И. А. Бакин, С. В. Шилов, А. С. Мустафина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2023. – № 1. – С. 163-176. – DOI 10.36107/spfp.2023.277.

3. Энергоснабжение, технологические машины и оборудование агропромышленного комплекса : Монография / Е.Н. Неверов, И.А. Короткий, И. А. Бакин [и др.]. – Кемерово: КемГУ, 2022. – 168 с. – ISBN 978-5-8353-2919-9.

4. Исследование форм связи влаги в рапсе методом термогравиметрического анализа / С. В. Шахов, И. А. Саранов, А. К. Садибаев [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. – Т. 81, № 1(79). – С. 27-31. – DOI 10.20914/2310-1202-2019-1-27-31.

5. Влияние натуральных растительных порошков на качество йогурта / И. А. Бакин, А. В. Корчуганова, Д. С. Бычков, А. С. Мустафина // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 8(197). – С. 233-241. – DOI 10.36718/1819-4036-2023-8-233-241.

6. Соколов, Ю.В. Исследование процесса сублимационной сушки яблок / Ю.В. Соколов // Инновационные тенденции развития российской науки: Материалы XVI Межд. научно-практ. конф., Красноярск: КрасГАУ, 2023. – С. 514-516.

7. Хаменок, А.В. Новые методы обработки плодоовощной продукции как фактор устойчивого развития удалённых регионов / А.В. Хаменок, Ю.В. Соколов, И.А. Бакин // Межд. конф. мол. учёных "Финатлон форум": Материалы конф., Москва: МПУ, 2024. – С. 294-297.

8. Оценка целесообразности применения теплого насоса для обогрева эпюрационной колонны / С.Т. Антипов, С.В. Шахов, С.Ю. Никитина, Ю. Н. Смолко // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 2(68). – С. 43-51.

9. Савельев, А. П. Расширение ассортимента хлебобулочной продукции ресурсосбережения процесса выпечки / А. П. Савельев, Г. В. Алексеев, О. И. Николук // Ползуновский вестник. – 2018. – № 2. – С. 65-68. – DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2018.02.012.

10. Соколов, Ю. В. Разработка технологии лиофильной сушки плодовых снековых продуктов / Ю. В. Соколов // Многополярный мир в фокусе новой действительности : материалы XIII Евразийского экономического форума молодежи, Екатеринбург, 24–28 апреля 2023 года / Уральский государственный экономический университет. Том 3. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2023. – С. 58-60.

11. Оптимизация параметров технологии сушки и хранения сублимированной растительной продукции / И. А. Бакин, С. В. Шахов, А. С. Мустафина, А. А. Макарова // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. – 2023. – Т. 20, № 7. – С. 49-58. – EDNCFUKQY.

12. Продуктивность свиней различных генотипов с разной стресс-устойчивостью / В. И. Трухачев, В. А. Воробьев, Ф. К. Лемзяков, В. Ф. Филенко // Вестник ветеринарии. – 2001. – № 2(19). – С. 47-52. – EDN JUSTMB.

*Научное издание*

**СБОРНИК ТРУДОВ, ПРИУРОЧЕННЫХ К 77-Й  
ВСЕРОССИЙСКОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНО-  
ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ  
150-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ  
АЛЕКСЕЯ ГРИГОРЬЕВИЧА ДОЯРЕНКО**

*Материалы издаются в авторской редакции*

Компьютерный набор О.Е.Махнырёва

Подписано в печать 19.08.2024.

Объем данных 16,2 Мб.

Тираж 10 экз.