

*В. С. Ветров<sup>1</sup>, к.х.н., О.Н. Анискевич<sup>2</sup>,  
РУП «Институт мясо-молочной промышленности»<sup>1</sup>  
ОАО «Пинский мясокомбинат»<sup>2</sup>*

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ ПРИ КОНСЕРВИРОВАНИИ МЯСА**

*Одним из наиболее прогрессивных методов консервирования скоропортящихся продуктов является метод сублимационного обезвоживания в вакууме. Сублимационная вакуумная сушка соединяет достоинства двух технологий: замораживания и сушки (удаления влаги).*

*Метод сублимационной сушки позволяет сохранять высокие вкусовые качества и питательную ценность пищевых продуктов продолжительное время (до 5 лет) при нерегулярных температурах (от минус 50 до +40 °С).*

*Продукты сублимационной сушки имеют широчайшие возможности для использования их в качестве готовых продуктов быстрого приготовления, так и в качестве полуфабрикатов для дальнейшей промышленной переработки в мясо-молочной отрасли.*

Одним из наиболее прогрессивных методов консервирования скоропортящихся продуктов является метод сублимационного обезвоживания в вакууме. Сублимационная вакуумная сушка соединяет достоинства двух технологий: замораживания и сушки (удаления влаги).

Вакуумная сублимационная сушка (еще ее называют лиофилизацией, возгонкой) – процесс перехода вещества из твердого состояния в газообразное без жидкой фазы. Она не разрушает структуру продуктов, сохраняет в них до 95% питательных веществ, витаминов, ферментов и других биологически активных веществ, поэтому ее используют в производстве продуктов питания, лекарств, биологически активных добавок.

Технология сублимационной сушки была открыта в 1929 г. советским ученым Лаппой-Старженецким. Впервые ее стали применять во время Второй мировой войны в основном для производства антибиотиков и сухих кровезаменителей. Уже после войны этот метод получил широкое распространение в пищевой индустрии.

Ценность сушеных продуктов определяется в первую очередь по способности к набуханию и восстановлению первоначальных свойств сырья при замачивании в воде. Продукты животного и растительного происхождения атмосферной и особенно горячей сушки этим качеством не обладают, так как сушка при более высокой температуре сильно денатурирует белок и разрушает структуру продукта.

В настоящее время разработаны два наиболее совершенных способа сушки, а именно:

- *холодная вакуумная сушка*, т.е. сушка в вакууме при положительных температурах высушиваемого объекта;

- *вакуумная сублимационная сушка*, т.е. сушка в вакууме при отрицательных температурах высушиваемого объекта.

- *холодная вакуумная сушка* – процесс удаления основного количества влаги из продукта при давлении близком к состоянию тройной точки воды ( $p=610$  Па) и положительной температуре (4–6 °С). Окончательное досушивание продукта до относительной влажности ниже 5% происходит при режимах традиционной вакуумно-сублимационной сушки, поэтому в пищевых продуктах в основном сохраняются витамины, ферменты, экстрактивные вещества, вкус, запах, что в максимальной степени приближает продукты после их восстановления к показателям качества исходного сырья.

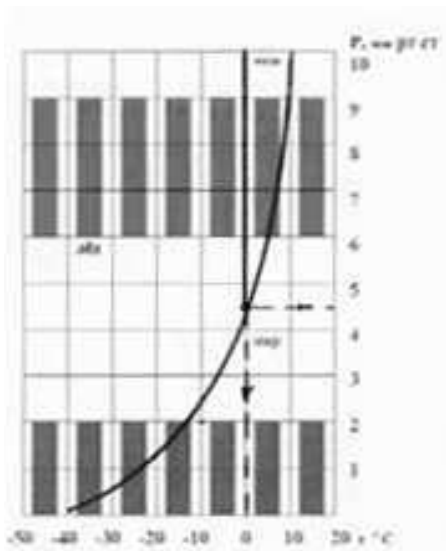
Продукты после холодной вакуумной сушки, как и после сублимационной, имеют пористую структуру, благодаря чему высушенные продукты хорошо и быстро восстанавливаются. В результате применения такого способа получают продукты более высокого качества, чем из ранее известных методов сушки биологических материалов.

*Сушка методом сублимации* – это способ консервирования, при котором сушат продукты в замороженном состоянии. Данный способ основан на способности некоторых твердых тел (например, твердого льда), обладающих высокой упругостью паров, переходить при определенных

условиях из твердого состояния в пар, минуя жидкую фазу. Особенностью этого способа консервирования является замораживание продукта перед сушкой. Чтобы ускорить процесс и предотвратить оттаивание продукта в результате притока извне, его сушат под значительным вакуумом (остаточное давление менее 1 мм рт. ст.).

Для осуществления сублимационной сушки парциальное давление водяного пара над сушимым материалом должно быть ниже тройной точки. В воде, содержащейся в продуктах питания, растворены различные соли и минеральные вещества, поэтому температура ее замерзания и равновесное давление водяного пара ниже, чем для чистой воды, соответственно, для льда, образующегося в реальных продуктах питания, парциальное давление составляет от 40 до 130 Па (0,3–1,0 мм рт. ст.).

Для получения качественного сухого продукта при сублимационной сушке температура в центре продукта поддерживается на уровне от минус 20 °С до минус 25 °С. Конечная температура продукта не должна превышать 60 °С, чтобы не наблюдалась тепловая денатурация белков продукта.



-зона холодной вакуумной сушки

- зона сублимационной сушки

Тройная точка воды:

$p = 4,58 \text{ мм рт ст (610 Па)}$

$T = 0^\circ\text{C}$

Рисунок 1 – Равновесное состояние воды в продукте

Низкая, порядка 2–5%, конечная влажность сублимационных материалов создает предпосылки для их длительного хранения в условиях нерегулируемых температур.

К достоинствам сублимированных продуктов относят: длительные сроки хранения (несколько лет); малая масса; сохраняется размер, форма, цвет.

На сегодняшний день вакуумная сублимационная сушка представляет собой самый совершенный метод консервирования, поскольку он позволяет сохранять высокие вкусовые качества и питательную ценность пищевых продуктов продолжительное время (до 5 лет) при нерегулярных температурах (от минус 50 до плюс 40 °С).

В производстве продуктов питания сублимация представляет собой технологию удаления влаги из свежих предварительно замороженных продуктов вакуумным способом, что позволяет практически полностью (до 95%) сохранить в них питательные вещества, витамины, микроэлементы, первоначальную форму, естественный запах, вкус и цвет. Это является одним из важнейших достоинств сублимации, при этом структура продукта не разрушается, быстро восстанавливаются сублимированные продукты, так как они имеют пористую структуру. Данный факт примечателен тем, что сублимированные продукты в полной мере пригодны для детского и диетического питания [2].

Продукты сублимационной сушки имеют широчайшие возможности для использования их в качестве готовых продуктов быстрого приготовления, так и в качестве полуфабрикатов для дальнейшей промышленной переработки в мясо-молочной отрасли.

Технология сублимации включает в себя два основных этапа: замораживание и сушку, поскольку во время вакуумно-сублимационной сушки из продукта влага удаляется путем испарения льда. Высокое качество и биологическая полноценность готовых сублимированных продук-

тов объясняется еще и тем, что обработке должно подвергаться только свежее сырье.

Вес сублимированных продуктов в среднем принимается от 1/5 до 1/10 начальной массы, что важно для существенного сокращения расходов при их транспортировке.

Поскольку в процессе сушки в условиях вакуума сочетаются замораживание и высушивание, на микроорганизмы, находящиеся в консервируемом продукте, неблагоприятно воздействуют многие факторы: низкая температура замораживания; высокая концентрация солей, создающаяся при замерзании воды; механическое воздействие образующихся кристаллов льда; обезвоживание продукта и частично повышенная температура в период досушивания. Влияние всех этих факторов может оказаться губительным для некоторых микроорганизмов.

Поэтому сушка в условиях вакуума приводит к значительному уменьшению микробной обсемененности консервируемых мясопродуктов. После предварительного замораживания количество жизнеспособных микробных клеток снижается примерно в 2–6 раз. В процессе сушки происходит дальнейшее отмирание части микроорганизмов, и после высушивания КОЕ (КОЕ – количество образовавшихся единиц: микробное число, т.е. общее количество аэробных и факультативно-анаэробных бактерий в 1 г) уменьшается в 10–20 раз по сравнению с микробной обсемененностью исходного охлажденного продукта до консервирования. Степень отмирания микроорганизмов в процессе сублимационной сушки зависит от технологических режимов сушки, физико-химических свойств продукта (рН, активности воды и др.), индивидуальной устойчивости микробов и их количественного содержания в консервируемом продукте [1].

Несмотря на то, что значительная часть микроорганизмов погибает в процессе замораживания и последующего высушивания, общая микробная обсемененность (микробное число) высушенных мясопродуктов

иногда остается довольно высокой и составляет в среднем  $10^3$ – $10^6$  микробных клеток в 1 г.

От санитарно-гигиенических условий производства существенно зависит степень бактериальной обсемененности мясопродуктов сублимационной сушки.

Основную массу остаточной микрофлоры (микроорганизмов, выживших в процессе сушки) мясопродуктов сублимационной сушки составляют наиболее устойчивые к сублимации спорообразующие бактерии – анаэробные клостридии (до 40% остаточной микрофлоры) и аэробные бациллы (20–22% остаточной микрофлоры). Кроме этих микроорганизмов в мясопродуктах, обезвоженных в условиях вакуума, постоянно присутствуют микрококки, стафилококки, молочнокислые бактерии, дрожжи. В отдельных случаях выявляют наличие в небольших количествах (десятки, сотни микробных клеток в 1 г) кишечных палочек рода эшерихия, бактерий рода протеус, сальмонелл и других бактерий [1, 2].

Некоторые микроорганизмы (стафилококки, сальмонеллы и др.), выжившие в процессе сублимационной сушки, могут изменять свои свойства, в частности утрачивать способность размножаться на элективных средах, продолжая оставаться при этом жизнеспособными [1].

При последующем хранении герметично упакованных мясопродуктов сублимационной сушки наблюдается дальнейшее отмирание части микробов из остаточной микрофлоры. Наиболее интенсивно оно происходит в первые 4–6 мес. хранения, затем скорость отмирания микробов резко снижается. При неправильном хранении продуктов сублимационной сушки в условиях повышенной влажности воздуха в них происходит интенсивное размножение сохранивших жизнеспособность микробных клеток, количество микроорганизмов через 24 ч увеличивается в 10 раз и более [1, 2].

## Литература

1. Особенности санитарно-микробиологического контроля сырья и продуктов питания животного происхождения: учеб. пособие / сост. Н. И. Хамнаева.–Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ.

2. Костенко, Ю. Г. Основы микробиологии, гигиены и санитарии на предприятиях мясной и птицеперерабатывающей промышленности: учеб. пособие / Ю. Г. Костенко, С. В. Нецепляев, Л. А. Гончарова.– Москва: Изд-во ВО «Агропромиздат».