

Є.М. Якушенко, к-т техн. наук, доцент (*ДБТУ, Харків*)
Д.П. Семенюк, к-т техн. наук, проф. (*ДБТУ, Харків*)

ЛІОФІЛЬНЕ СУШІННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ

Ліофільна (сублімаційна) сушка відноситься до одного із способів підготовки харчових продуктів до тривалого зберігання. Сутність процесу полягає у заморожуванні продукції нарізаною шматочками до дуже низьких температур. При цьому продукт харчування повністю піддають зневоднення методом сублімації рідини зі стану льоду безпосередньо в пару. Фазу переходу в рідкий стан виключено. Такий процес можна забезпечити лише у вакуумному середовищі.

Сублімаційне сушіння відбувається в три етапи, причому першим і найважливішим є етап заморожування. При правильному виморожуванні може скоротити час сушіння на 30%.

Фаза заморожування. Існують різні способи заморожування продукту. Заморожування може бути здійснене в морозильній камері або на полиці безпосередньо в ліофільній сушарці. Заморожування забезпечує сублімацію, а не плавлення. Це дозволяє зберегти продукт свою фізичну форму.

Сублімаційне сушіння найлегше здійснити з використанням великих кристалів льоду, які можна отримати шляхом повільного заморожування або відпалу. Однак з біологічними матеріалами, коли кристали надто великі, можуть руйнуватися їх клітинні стінки, що призводить до неідеальних результатів сушіння сублімації. Щоб запобігти цьому, заморожування слід проводити швидко. Для продуктів, у яких рідина має тенденцію випадати в осад, можна використовувати відпал. Цей процес включає швидке заморожування, а потім підвищення температури продукту, щоб дозволити кристалам зростати.

Друга фаза сублімаційного сушіння – це первинна сушіння (сублімація), при якій тиск знижується і до матеріалу додається тепло для сублімації рідини. Вакуум прискорює сублімацію. Холодний конденсатор забезпечує поверхню для прилипання та затвердіння водяної пари. Конденсатор також захищає вакуумний насос від водяної пари. Близько 95% води у продукті видаляється на цій стадії. Первинне сушіння може бути повільним процесом. Надмірно висока температура може змінити структуру тканин продукту.

Завершальною фазою сублимаційного сушіння є вторинна сушіння (адсорбція), під час якої видаляються молекули води з іонним зв'язком. Підвищуючи температуру вище, ніж у фазі первинного сушіння, зв'язки між продуктом та молекулами води розриваються. Ліофілізовані продукти зберігають пористу структуру. Після завершення процесу сушіння сублимації вакуум може бути порушений інертним газом до того, як продукт буде герметизований. Більшість матеріалів можна висушити до 1-5% залишкової вологи.

Проведення ліофільної сушіння вимагає наявності складного обладнання та дотримання точної послідовності кількох умов. Насамперед необхідно точно підібрати рівень вакууму, на якість сублимації впливатиме ще й розмір і форма продукту. Від цього залежить тривалість процесу сушіння.

Розглянемо етапи включення у роботу всіх елементів сублиматора.

Попередньо заморожений продукт поміщаємо на панелі візка та встановлюємо його у сублиматор. З'єднуємо панель з подачею теплового носія, температура якого має становити 30 градусів за Цельсієм. Сублимаційну шафу закриваємо. Потім включаємо в роботу вакуумний насос та компресорну холодильну установку. До конденсатора підводимо воду, після чого в роботу повинен бути включений насос та компресор. На даному етапі у сублиматорі спостерігається виділення великої кількості пари через взаємодію замороженого продукту та теплового носія, який всю свою теплову енергію віддає панелям з продуктами харчування. Пар, що утворився, переходить у десублиматор, в якому відбувається намерожування води на змійовик. Газ, що утворився, видаляється за рахунок вакуумного насоса.

Харчові продукти, заморожені до -50 градусів Цельсія, в процесі сушіння повинні зазнавати тиску в 0,03 мм.рт.ст.

Продукти, які піддали ліофільному сушінню, зберігають свої смакові, ароматичні та корисні властивості, дуже мало важать і можуть довго зберігатися. Вони не втрачають енергетичної цінності, вітамінів, білків.

Ліофілізовані продукти надзвичайно гігроскопічні і щоб запобігти регідратації від атмосферного впливу після сублимаційного сушіння, їх необхідно герметично закривати у контейнерах або спеціальних пакетах. Сублимаційні сушарки можуть бути налаштовані з можливістю «зупинки» для проведення герметизації продукту, поки він знаходиться під частковим вакуумом всередині пристрою.