

# Die Vakuum-Gefriertrocknung, ein neuzeitliches Verfahren der Lebensmittel-Konservierung und deren industrielle Anwendung im In- und Ausland

W. A N T E R,

Forschungsinstitut für die Kühl- und Gefrierwirtschaft, Magdeburg

---

Die Gefriertrocknung von Lebensmitteln ist ein sehr aktuelles Problem. Viele Wissenschaftler aus den verschiedensten Ländern der Erde arbeiten an diesem Thema. Millionenbeträge wurden von den einzelnen Staaten, der Industrie und nicht zuletzt von der Armee investiert, um das Problem der Gefriertrocknung von Lebensmitteln wirtschaftlich zu lösen.

Im allgemeinen besteht die Tendenz, daß vom Laien die Anwendungsmöglichkeiten der Gefriertrocknung von Lebensmitteln überschätzt werden. Nicht zuletzt haben dazu die Werbeschriften der anlagenbauenden Industrie beigetragen. Es ist z. B. unmöglich, ganze Hühner, Hühnerkeulen oder ganze Früchte, wie Bananen, Apfelsinen, Zitronen oder Tomaten wirtschaftlich mit dem Verfahren der Gefriertrocknung zu konservieren. Das natürliche Schutzhaus dieser Produkte und ihre erheblichen geometrischen Abmessungen verhindern einen schnellen Entzug der gespeicherten Wassermengen.

Eine weitere Einschränkung erfährt das Sortiment für gefriergetrocknete Lebensmittel durch die große Oxydationsbereitschaft bestimmter Fette, die sich besonders negativ bei langen Lagerzeiten auswirkt. Durch intensive Forschungsarbeit besteht jedoch die Möglichkeit, durch eine bestimmte Verpackung, Austausch von Fetten usw. Verbesserungen zu erzielen.

Es ist auch vollkommen falsch, anzunehmen, daß durch die Gefriertrocknung das Ausgangsprodukt verbessert wird. Im Gegenteil, zur Gefriertrocknung eignen sich nur Produkte in bester Qualität. Außerdem findet auch bei der Gefriertrocknung wie bei jedem anderen Konservierungsverfahren eine Qualitätsabwertung gegenüber dem Frischprodukt statt.

Die laufende Versorgung der Bevölkerung mit frischem Obst, Gemüse usw. ist in unseren Breitengraden kaum möglich. Bedingt durch die Vegetationsperioden ist eine bestimmte Vorratshaltung bzw. Konservierung unerlässlich. Bei einem Vergleich der verschiedenen Konservierungsverfahren ergeben sich für bestimmte Produkte qualitative und wirtschaftliche Vorteile gegenüber den konventionellen Konservierungsverfahren.

Der wesentliche Vorteil der Gefriertrocknungskonservierung liegt darin, daß die Lagerung und der Transport bei Normaltemperaturen erfolgen kann und das Transportgewicht auf ca.  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{6}$  des Frischgewichtes herabgesetzt wird. Das wieder angefeuchtete Gefriertrocknungserzeugnis entspricht in seiner

Qualität in etwa der wieder aufgetauten Gefrierkonserve. Bei einem Kostenvergleich dieser Konservierungsverfahren ergeben sich bei Lagerzeiten über 6—7 Monate wirtschaftliche Vorteile zugunsten des Gefriertrocknungsverfahrens. Trotzdem führen sich gefriergetrocknete Lebensmittel auf dem internationalen Markt nur verhältnismäßig langsam ein, was u. a. auf die gesättigte Marktlage und die teilweise unbefriedigende Qualität von industriell gefriergetrockneten Lebensmitteln zurückzuführen ist.

Der Qualitätsmangel ist vor allem auf technologische Fehler, das Streben nach möglichst kurzen Trockenzeiten und auf die verwendete Verpackung zurückzuführen. Die einfachste Lösung, möglichst wirtschaftlich zu trocknen, ist die Erhöhung der Durchsatzrate pro Zeiteinheit. Damit die erforderliche Restfeuchte trotzdem erreicht wird, muß die Sublimationstemperatur erhöht werden. Der gesamte Trockenzyklus verläuft dann zwischen der Vakuumtrocknung und der Gefriertrocknung. Das erzielte Produkt muß dabei zwangsläufig eine erheblich geminderte Qualität aufweisen.

Durch den Bau und Betrieb unserer halbtechnischen Versuchsanlage war es möglich, diese Fehlerquellen etwas näher zu untersuchen und die Grundlage für die industrielle Gefriertrocknung in der DDR zu schaffen. Bei der Erprobung der Versuchsanlage ergaben sich bei dem eigentlichen Trockenprozeß in technischer Hinsicht keine wesentlichen Schwierigkeiten. Neue Probleme zeigten sich bei der Vor- und Nachbehandlung von gefriergetrockneten Lebensmitteln. Außerdem mußten wir feststellen, daß die im Laborbetrieb gewonnenen Erkenntnisse nicht ohne weiteres auf Industrieanlagen übertragen werden können. Die Ursachen sind u. a. darauf zurückzuführen, daß die eingesetzte Menge pro Charge zu gering ist, um Langlagerversuche, Verbrauchertests usw. durchzuführen. Außerdem ist die Konstruktion und die Ausrüstung der meisten Laboranlagen für die Gefriertrocknung unter industriellen Bedingungen ungeeignet. Es ist auf jeden Fall zu empfehlen, daß die Versuchsanlage die gleichen Betriebsparameter und die gleiche Regelautomatik besitzt wie die Großanlage, damit die Trockenparameter, die für jedes Produkt bei optimaler Qualität und Trockenzeit verschieden sind, in der Großanlage exakt reproduziert werden können.

Im reinen Laborbetrieb mit Einsatzmengen von einigen kg ist es ohne weiteres möglich, die Lebensmittel von Hand gefriertrocknungsgerecht vorzubereiten. Bei Großanlagen muß diese Arbeit maschinell durchgeführt werden. Die handelsüblichen Geräte sind für diese Zwecke nur bedingt oder gar nicht geeignet. Dieser Mangel wird noch verstärkt, wenn ein verhältnismäßig großes Sortiment gefriergetrocknet werden soll.

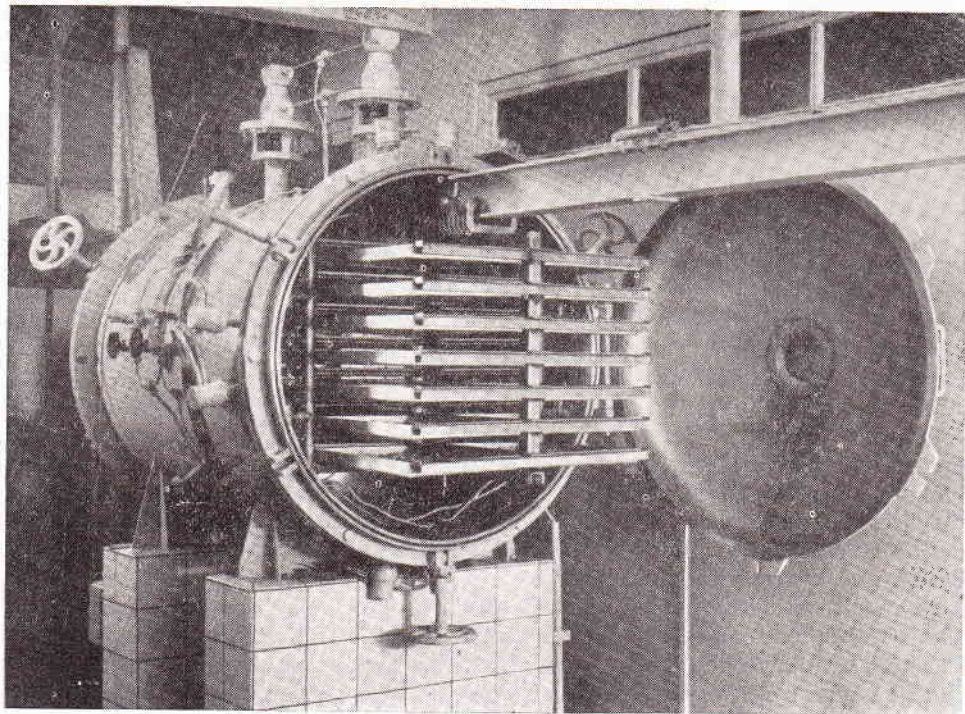
Um wirtschaftlich zu trocknen, ist es zweckmäßig, bestimmte breiige und flüssige Produkte vor der Gefriertrocknung in Blöcke einzufrieren und in einer Spezialfräse zu zerkleinern. Die Beschickung der Anlage erfolgt dann mit dem kleinstückigen Granulat. Durch den Einsatz der Eisfräse wurde es möglich, die Trockenzeiten bis zu 30 % zu verkürzen. Es muß jedoch beachtet werden, daß die Fräse ein möglichst gleichmäßiges Granulat mit geringem Staubanteil liefert und wenig mechanische Energie während des Fräsvorganges in Wärme umwandelt. Außerdem muß die Gewähr gegeben sein, daß die Eisfräse im Dauerbetrieb bei ca.  $-20^{\circ}\text{C}$  funktionstüchtig bleibt. Für Produkte, die im ganzen getrocknet werden sollen, z. B. Erbsen, Spargel usw. ist eine mechanische Vorbehandlung mit dem Ziel, die Außenhaut zu sprengen, zu empfehlen. Gute

Erfahrungen wurden dabei mit der Anwendung von Stachelwalzen, Stechelplatten und durch Einfrieren in flüssigen Stickstoff erzielt.

Die feinporöse und große innere Oberfläche befähigt die gefriergetrockneten Lebensmittel zur Aufnahme von Feuchtigkeit und Sauerstoff aus der Umgebungsluft. Diese für die Lagerung sehr ungünstigen Eigenschaften führen zu mikrobiologischen Veränderungen und zu Oxydationserscheinungen. Bei einem großen Teil der Lebensmittel kann man diese Erscheinung durch entsprechende Behandlung nach der Trocknung und eine zweckentsprechende Verpackung stark verzögern oder ganz beseitigen. Z. Zt. ist folgendes Verfahren, welches noch nicht den optimalen Ansprüchen genügt, üblich. Nach Beendigung der Trocknung wird das Vakuum in der Trockenkammer mit Stickstoff oder einem anderen inerten Gas aufgelöst. Das Trockenprodukt wird den Schalen entnommen und teilweise unter einem Schutzgasschleier in die Lagerbehältnisse abgefüllt. In einer geeigneten Vakuumverschlußmaschine werden diese Behältnisse dann nochmals evakuiert und unter Vakuum oder einem Schutzgas gesiegelt. Als Verpackungsmaterial eignen sich Blechbehältnisse und Kunststoffbeutel (Verbundfolien) mit möglichst geringer Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit. Bei Kunststoffverpackungen ist ein Schutzkarton, welcher einen gewissen mechanischen Schutz bietet und lichtundurchlässig ist, zu empfehlen.

Zur industriellen Gefriertrocknung eignet sich das Mark fast aller Früchte, Gemüse kann bis auf wenige Ausnahmen kleinstückig, am besten blanchiert

Bild 1. Trockenkammer geöffnet





oder als Brei gefriergetrocknet werden. Bei Fleisch ist eine besondere Auswahl erforderlich. Das gilt sowohl für die Art als auch für bestimmte Muskelpartien. Grundsätzlich sollte ohne besondere Behandlung nur mageres Fleisch verwendet werden. Gut geeignet ist Rindfleisch im rohen oder im gekochten Zustand. Wirtschaftlich kann das Fleisch nur in stückigen Formen, z. B. Gulasch, Brät oder in Scheiben getrocknet werden. Sehr gut für die industrielle Gefriertrocknung sind Kaffee-Extrakt, Quark und bestimmte Suppen geeignet. Bei Suppen besteht die Tendenz, aus preislichen Gründen nur einzelne gefriergetrocknete Komponenten zu verwenden, z. B. Fleisch oder Edelm Gemüse.

Die vorstehenden Untersuchungen wurden mit der von uns entwickelten und gebauten Versuchsanlage durchgeführt. Die Konstruktion dieser Anlage

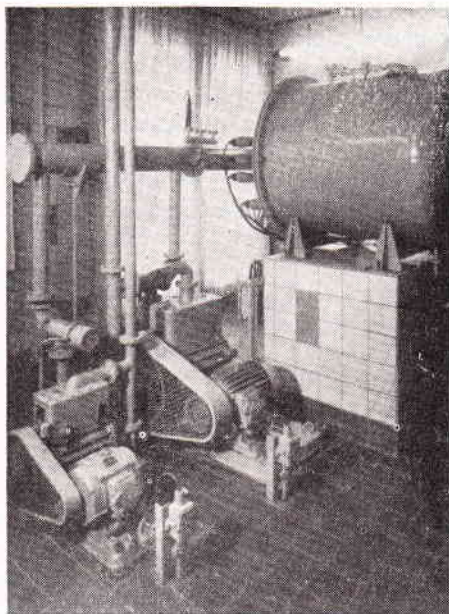
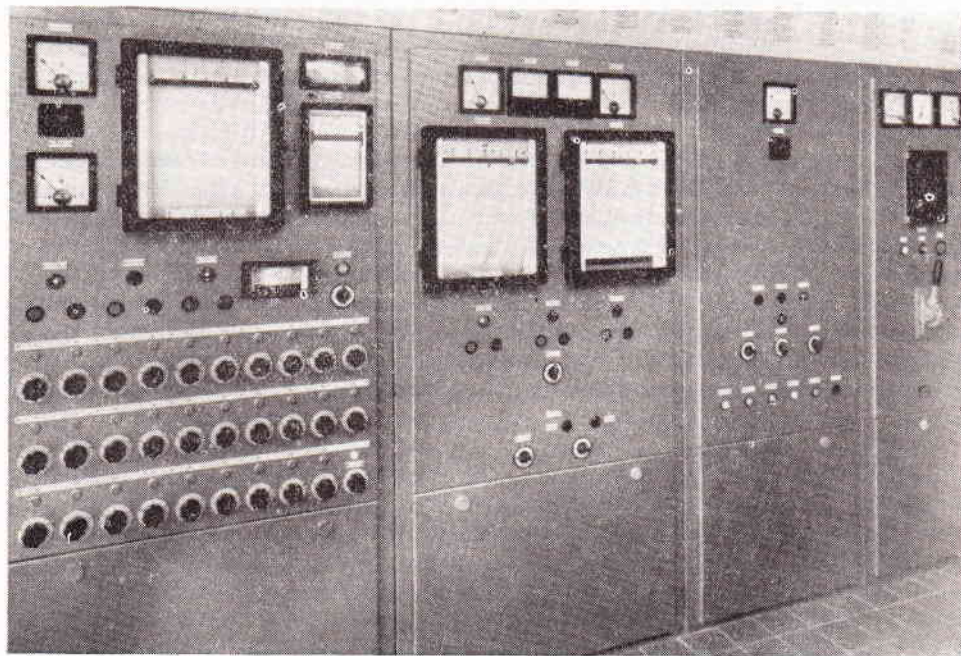


Bild 2. Vakuumpumpstand mit Kondensator  
Bild 3. Schaltschrank



erfolgte in Tunnelform nach dem Baukastenprinzip. Durch Aneinanderreihen mehrerer Sektionen kann die Trockenkapazität erweitert werden. Die Anlage ist für Forschungs- und Produktionszwecke geeignet. Die Beschickung erfolgt durch Hordenwagen, die an einer Hängebahn laufen. Die Hängebahn verbindet gleichzeitig die einzelnen Produktions- bzw. Versuchsabteilungen. Die Wärmeübertragung erfolgt durch Strahlung. Das zu trocknende Gut befindet sich während des gesamten Trocknungsprozesses berührungsfrei zwischen 2 elektrisch beheizten Heizplatten und wird unabhängig von seiner Oberflächen-

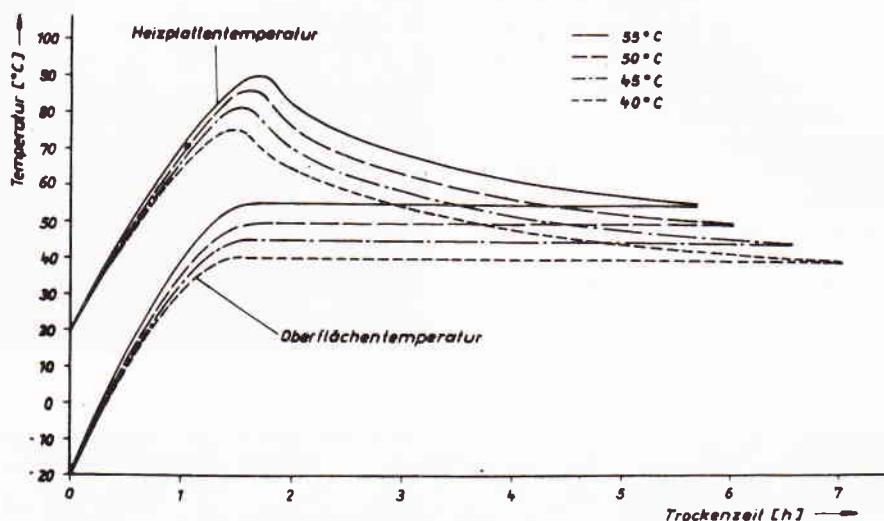


Bild 4. Trockenparameter für Rindfleisch

form von oben und unten auf die maximal zulässige Oberflächentemperatur aufgeheizt. Der entstehende Wasserdampf gelangt durch ein Verbindungsrohr von der Trockenkammer zum Kondensator und friert an 6 Verdampfern aus. Die Kälte wird in einer einstufigen F 22-Anlage erzeugt. Mit der eingebauten Leistungsregulierung kann die Nennleistung bis auf 25 % reduziert werden. 2 zweistufige Drehschieberpumpen evakuieren die Anlage bis zum Betriebsvakuum. Nach Erreichen desselben bleibt nur die Haltepumpe in Betrieb. Der maschinentechnische Teil der Anlage ist vollautomatisiert. Die Heizleistung kann wahlweise programmiert oder geregelt werden.

Die Anlage hat folgende Betriebsdaten:

Stellfläche pro Trockenkammersektion	4,25 m <sup>2</sup>
Fassungsvermögen der Sektionen bzw. je Hordenwagen	28 Schalen
Schalengröße	500 X 310 mm
Regelbereich der Schalentemperatur	0 bis 100 °C
Kälteleistung bei -45 °C Verdampfertemperatur und 25 °C Verflüssigertemperatur	ca. 11.000 kcal/h

Kältemittel	Freon 22
Maximaler Wasserbedarf bei 15 °C	3,5 m <sup>3</sup> /h
elektrischer Anschlußwert	50 kW
Platzbedarf der Anlage (maschinentechnisch)	ca. 22 m <sup>2</sup>

Das nachstehende Diagramm zeigt die Trocken-Parameter der Anlage für gedünstetes Rindfleisch in Scheiben. Die Scheibenstärke beträgt 10 mm. Getrocknet wurde bis zu einer Restfeuchte von 3—4 % bei einer Schalentemperatur von 40, 45, 50 und 55 °C. Für die Trockung wurden Streckmetall-Schalen verwendet.

International sind in der Lebensmittelindustrie Anlagen mit einer Leistung von mehreren to Trockengut pro 24 Std. in Betrieb. Die Großanlagen arbeiten sowohl als Chargenanlagen als auch kontinuierlich mit Ein- und Ausfahr-schleuse. Der Wasserdampf wird je nach der örtlichen Verhältnissen durch Ausfrieren in Kondensatoren oder durch Dampfstrahlsauger beseitigt. In der Perspektive wird auch in der DDR dieses Konservierungsverfahren an Bedeutung gewinnen und industriell genutzt werden.

Nach unseren bisherigen Erfahrungen erscheint es zweckmässig, Industrieanlagen universell zu gestalten. Das gilt sowohl für ihre Einsatzfähigkeit in verschiedenen Industriezweigen als auch für ihre Kapazität. Dem Baukastenprinzip mit einzelnen Trockenkammersegmenten, welche wahlweise parallel oder hintereinander geschaltet werden können, ist der Vorzug zu geben. Die Entwicklung von 2 Trockenkammersegmenten einschl. Kondensatoren mit folgenden Leistungen dürfte ausreichend sein, um alle vernünftigen Kapazitätswünsche zu erfüllen. Ein Trockenkammersegment für halbertechnische Versuchsanlagen und Kleinproduktion ca. 8—10 m<sup>2</sup> Stellfläche und ein Trockenkammersegment für die Großproduktion ca 50—60 m<sup>2</sup> Stellfläche.

Die Wärmeübertragung sollte durch beiderseitige Strahlung erfolgen. Die Trockentemperatur muß über die gesamte Trockenzeit programmiert oder geregelt werden können. Als Meßwertgeber kann die Schalentemperatur oder das Trockengut dienen. Bei der Verwendung von betriebseigenen Wärmequellen ist es vorteilhaft, als Wärmeträger vom Wärmetauscher bis zu den Strahlungsplatten eine Flüssigkeit mit einem Siedepunkt von etwa 150—180 °C einzusetzen.

Für die Beseitigung der Wasserdämpfe sind 2 Varianten erforderlich, Absaugen mittels Dampfstrahlsaugern für

Projekte, bei denen billiger Dampf und genügend Kühlwasser zur Verfügung steht und Ausfrieren in Kondensatoren bei Verdampfertemperaturen zwischen — 35 bis —45 °C. Bei kleinen Trockenkapazitäten wurden mit einstufigen Freon-Kälteanlagen gute Erfahrungen gemacht. Bei Großanlagen mit entsprechenden Energiequellen ist es ratsam, auch Absorptionskälteanlagen in den Kostenvergleich mit einzubeziehen.

Die Versorgung mit Stickstoff zum Fluten der Anlage und zum Verpacken der getrockneten Produkte kann in gasförmiger und flüssiger Form erfolgen. Bei der Verwendung von flüssigem Stickstoff ist es vorteilhaft, den Kälteinhalt zum Einfrieren der Produkte zu verwenden. Inwieweit es zweckmässig ist, den Stickstoff in einer betriebseigenen Anlage zu erzeugen oder ob fremderzeugter Stickstoff verwendet wird, hängt von dem Stickstoffpreis und den Versorgungsmöglichkeiten ab. Der wirtschaftlichste Aufbau der Gesamtanlage

entsprechend den örtlichen Verhältnissen muß vom Projektanten ermittelt werden.

Wie bereits erwähnt, entspricht das derzeit am meisten angewandte Verfahren der Verpackung nicht allen Forderungen. In allen an der Gefriertrocknung interessierten Ländern wird deshalb versucht, das Verpackungsproblem optimal zu lösen. Von der westdeutschen Firma Leybold, Köln, wurde eine Anlage entwickelt, die es ermöglicht, schüttfähige Produkte ohne Berührung mit der Atmosphäre zu verpacken. Der Transportwagen mit den gefüllten Schalen fährt bei dieser Anlage durch eine Schleuse in einen mit Stickstoff gefüllten Raum. Die Schalen werden hier mechanisch entladen und gelangen über einen Elevator und eine Kippvorrichtung auf ein Rüttelband zur Entleerung. Die leeren Schalen werden ausgeschleust und das Produkt fällt in einen Sammelbunker. Von dem Sammelbunker gelangt das Material durch sein Eigengewicht in die Verpackungsmaschine. Der Vorgang ist voll mechanisiert. Das gesamte Verpackungssystem steht unter einem Stickstoffüberdruck von 3—4 mm WS.

Leider ist dieses Verfahren für stückige Produkte, Fleischscheiben usw. nicht anwendbar. Um diese Lücke zu schließen und das Sortiment für gefriergetrocknete Lebensmittel zu vergrößern, wird in unserem Institut ebenfalls an diesem Problem gearbeitet.

## Vákuové sušenie výmrazom, moderný spôsob konzervovania potravín a jeho priemyselné využitie doma a v zahraničí

### S ú h r n

Sublimačné sušenie potravín je veľmi aktuálny problém. Často sa však možnosti použitia tejto novej technológie preceňujú, lebo nie všetky požívatinu možno konzervovať sublimačným sušením. Jeho hlavné výhody sú v skladovaní a pri doprave za normálnej teploty, nevýhodou sú zníženie kvality v porovnaní s čerstvou požívatinou a vyššie výrobné náklady. Rentabilným sa sublimačné sušenie stáva po 6—7 mes. skladovaní. Laboratórne podmienky pri výrobe nikdy nie sú tie isté ako v priemysle. V záujme skrátenia času sušenia treba veľmi vodnaté produkty najprv zmraziť do blokov a potom rozkúskovať na menšie, ale rovnaké časti. Naberaniu vlhkosti z okolia spôsobujúcemu mikrobiálne zmeny a oxidáciu možno temer úplne zabrániť špeciálnymi obalmi. Problematika obalov nie je ešte doriešená. Vhodné druhy a veľkosť ovocia a zeleniny ako aj živočíšnych produktov na sublimačné sušenie. Popis pokusného zariadenia na sublimačné sušenie.