

TECHNOLÓGIA SUBLIMAČNÉHO SUŠENIA A VÝSLEDKY ŠTÚDIA LYOFILIZÁCIE OVOCIA A ZELENINY

T. KRĚBES, P. PÁLENKÁR, A. ŠTANGOVÁ

Sušenie potravín zo zmrazeného stavu sublimáciou, tzv. kryosikácia alebo lyofilizácia patrí nesporne medzi súčasné najmodernejšie a najzaujímavejšie konzervačné metódy. Má oproti známym spôsobom rad predností. Predovšetkým okolnosť, že potravina vysušená týmto spôsobom si zachováva svoj pôvodný tvar, farbu, vôňu a chuť, že má vysokú rehydračnú schopnosť a čo je tiež dôležité, nedochádza pri nej k ničeniu termolabilných látok, z ktorých väčšina predstavuje dôležité komponenty nutričnej hodnoty.

Napriek značnému stupňu rozvoja lyofilizácie pozorujeme vo svete ešte stále intenzívny výskum jej časti technologickej a strojnej. Na úseku technologickom ide hlavne o vývoj špeciálnych výrob zložitých pokrmov pre najrôznejšie spôsoby požívania, ďalej sa prehľbuje riešenie teoretických problémov a v neposlednej miere ide o zefektívnenie respektíve maximálne urýchlenie a zlacnenie celého sušiacieho procesu.

Popri tzv. exkluzívnych výrobkoch, ktorými sú poväčšine vzácne exportné produkty v jednotlivých štátoch stoja v popredí záujmu najmä sortimenty potravín nutrične vysoko hodnotné. Za nimi nasledujú ostatné druhy jedál u konzumentov obľúbené napr. pre organoleptické vlastnosti, možnosti chuťového vylepšenia alebo fortifikácie iných jedál (napr. detská výživa) atď.

Z menovaných exkluzívnych výrobkov v našich podmienkach prichádzajú do úvahy napr. lesné plodiny ako hriby, maliny, čučoriedky, brusnice. Z druhov významných svojím vysokonutričným zložením alebo chuťovými vlastnosťami sú to napr. šípky, čierne ríbezle, karotka, jahody.

Mnohé druhy zeleniny a ovocia nachádzajú pritom rozsiahle uplatnenie vo forme príloh k pokrmom (hrášok, fazuľka) a do polievok (koreninová zelenina).

Zvláštnu skupinu tvoria lyofilizované hotové jedlá prispôbené pre zvláštne účely použitia ako v armáde, vedeckých expedíciách, turistike resp. detskej výžive, diéte atď.

Prísny výber sortimentu potravín pre lyofilizáciu robíme preto, že kapacita výroby je obmedzená kapacitou lyofilizačných zariadení, ktorých býva malý počet a v nemalej miere aj ekonomickými faktormi. Problematiku pritom ovplyvňuje aj okolnosť, že jednotlivé technologické postupy lyofilizácie rôznych druhov ovocia a zeleniny nemožno zaraďovať vedľa seba. Temer každý z nich si vyžaduje určité modifikácie a to ako pri predbežnej úprave (úprava pred vložením do lyofilizátora) tak aj vo vedení vlastného lyofilizačného procesu.

Začnime predbežnou úpravou. Veľmi záleží na tom, či sa rozhodneme pre lyofilizáciu kusového tovaru, či pôleného, kockového alebo dokonca skvapalneného (pasírka, mikronor). Z hľadiska ekonomického a maximálneho využitia kapacity

lyofilizačného zariadenia javí sa napr. najvýhodnejšou lyofilizácia ovocia prevedeného na tekutú formu. Toto môžeme ilustrovať na prípadoch jahôd rôzne upravených a po sušení hodnotených podľa tzv. „ukazovateľov efektívnosti výsledkov lyofilizačného procesu“, ako sme ich nazvali a pod ktorými rozumieme:

„UEL-1“: Množstvo zlyofilizovanej suroviny za 24 hod. na m² vyhrievacej plochy.

„UEL-2“: Množstvo zlyofilizovanej suroviny za jednu hodinu/m² vyhrievacej plochy.

„UEL-3“: Množstvo hodín, ktoré potrebujeme na zlyofilizovanie 1 kg suroviny.

U jahôd celých a tekutých sme obdržali tieto hodnoty:

Označenie ukazovateľa efektívnosti lyofilizácie	Jahody		Zvyš. % kap. lyof.
	celé	tekuté	
1. Množstvo zlyofilizovanej suroviny za 24 hod.	16,34 kg	42,99 kg	163,1 %
2. Množstvo zlyofilizovanej suroviny za 1 hod.	0,68 kg	1,78 kg	163,1 %
3. Teoretický čas potrebný na zlyofilizovanie 1 kg za 1 hod.	1,47 hod.	0,56 hod.	62,0 %

Z uvedenej tabuľky vidieť, že ekonomicky by bolo ďaleko výhodnejšie sušiť jahody v tekutej forme. Efektívnosť procesu je tu vyššia proti celým jahodám o 163,1 %.

Za lyofilizovanie ovocia a niektorých druhov zeleniny v tekutej forme sa prihovára aj okolnosť, že celý úsek predbežnej úpravy suroviny a plnenie lyofilizátora možno ľahko mechanizovať a to využitím strojného vybavenia linky na tekuté ovocie, ktoré je u nás na vysokej úrovni.

Príprava kusovitého ovocia na sušenie je prácnejšia z dôvodu, že jednotlivé kusy musia byť starostlivo vytriedené a uložené v jednej vrstve dotýkajúcej sa tepelnej plochy, pretože ináč je dosušovanie výrobkov nerovnomerné a predlžuje celý proces. Výhodou kusovitej formy naproti tomu je, že takáto surovina má menší povrch pre oxydáciu a hlavne, že nepení.

Súhrnom, možno povedať, že predbežná úprava ovocia a zeleniny pre lyofilizáciu pozostáva z prania, dvojstupňového akostného a veľkostného triedenia, pôlenia resp. krájania — kockovania a ukladania v rovnomernej vrstve na podnosy, ktoré sa zasúvajú na vyhrievacie dosky v lyofilizátore.

Alternatívne sa ovocie pasiruje alebo dostáva tekutú formu na dezintegrátore (mikronore) a takto pripravené čerpá na sušiace vaničky zo zariadenia. Z doteraz používaného strojného zariadenia by bolo možné na linkách pre lyofilizáciu zeleniny a ovocia mechanizovať pranie a triedenie, pričom pre prípravu ovocia na tekutú formu celkom dobre vyhovujú linky na výrobu tekutého ovocia. Zo zvláštnych úprav treba spomenúť plechy s ihlami, na ktoré sa napicháva surovina. Výsledky, ktoré sme dosiahli s plodmi napichovanými, sú lepšie ako pri voľnom ukladaní materiálu.

V súvislosti s plnením lyofilizačného zariadenia treba spomenúť, že pre strojne technologický úsek výskumu vystáva úloha maximálnej mechanizácie a urýchlenia tohto procesu a to najmä u tovaru uloženého v jednej vrstve, alebo vo vrstve

predpisanej výšky. Účel je zvýšiť produktivitu práce, zabezpečiť rovnomernosť sušenia a skrátiť čas obmeny náplne lyofilizátora.

Technológov tu zaujíma ešte otázka, či surovinu treba pred lyofilizáciou zmrazovať alebo nie. Odpoveď nie je jednoznačná, pretože je podmienená hľadiskom ekonomickým, kvalitou finálnej potraviny a hlavne tým, či polotovar pení alebo nie.

Nadväzujeme tu už aj na prvú zo základných periód lyofilizácie — samozmrazovanie (druhá je sublimácia, tretia dosušovanie). Pri samozmrazovaní v dôsledku dosiahnutia vakuu v lyofilizačnom zariadení sa z potraviny intenzívne vyparuje vlhkosť. Teplo potrebné na zmenu skupenstva sa odoberá zo suroviny, v dôsledku čoho sa potravina sama ochladzuje a postupne mrzne. Teplota v potravine sa ustáli na teplote zodpovedajúcej tlaku dosiahnutému v lyofilizačnom zariadení. V praktických podmienkach táto teplota sa pohybuje v rozmedzí -20 až -30 °C.

Manipulačne a v dôsledku menších strát tepla sa samozmrazovanie javí výhodnejšie ako zmrazovanie.

Keď však surovina alebo polotovar pení, je akákoľvek úvaha okolo predzmrazovania zbytočná. K peneniu surovín dochádza v dôsledku migrácie nezmrzlej časti roztoku k povrchu materiálu a prítomnosti látok schopných vytvárať penu. S vodou sa k povrchu dostávajú predovšetkým soli, kyseliny, cukry a penotvorné látky, ktoré tu buď penia alebo vytvárajú tzv. glazúru, lesklú blanku rôznej hrúbky. Vytvorenie peny alebo povrchovej glazúry má vplyv na dobu sušenia v dôsledku zhoršenia podmienok pre prestup tepla a hlavne pre obmedzenie prechodu vodných pár.

Nedostatočne zmrazené alebo príliš zahrievané ovocie je po zlyofilizovaní na povrchu lesklé, lepkavé a v mnohých prípadoch tvarovo deformované. Výrobok má zníženú rehydračnú schopnosť a spravidla výraznejšie zmenenú konzistenciu oproti pôvodnému stavu.

Štúdium problematiky vzniku a odstraňovania týchto javov bude naďalej jedným z hlavných úsekov výskumnej činnosti, pretože súvisí so základným výskumom chovania sa jednotlivých zložiek počas sublimačného sušenia a s otázkou urýchľovania tohoto procesu a jeho skvalitňovania. Dosiaľ sme toho názoru, že ovocie a zeleninu treba pred sušením zmraziť oddelene. Zásadne tak postupujeme najmä u tekutej formy. Najlepšie sa to podarí vtedy, ak rozpustné zložky možno „fixovať“ v pôvodnej polohe, pričom nedochádza ku koncentračným zmenám a vzniknú pre odťah vodnej pary výhodnejšie podmienky a spravidla nedochádza k peneniu.

Pri zmrazení potravín pred lyofilizáciou sme brali do úvahy tri základné spôsoby zmrazovania:

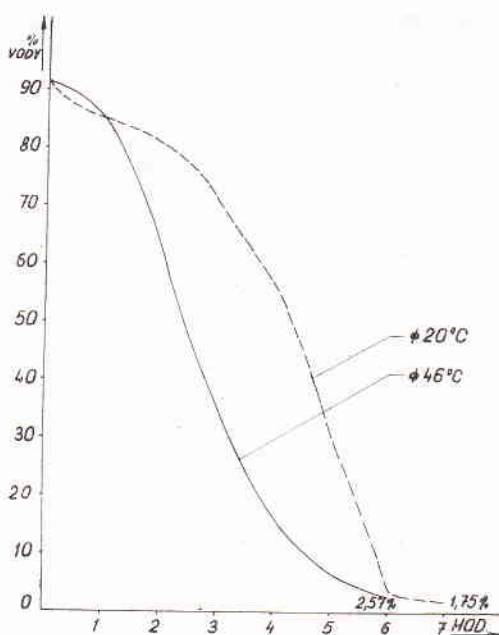
- a) pomalé — vzdušné,
- b) rýchle — kontaktné a
- c) imerzné — najrýchlejšie zmrazovanie.

Kritériom pre vyhodnotenie výsledkov bola hlavne požiadavka najlepšieho priebehu sušenia a ďalej, že zlyofilizovaná potravina má rýchlo rehydratovať a má mať čo najviac z pôvodných vlastností. Spôsob zmrazovania musí byť teda taký, aby sa čo najmenej poškodila pôvodná bunčná štruktúra polotovaru a nedošlo k zmenám v zložení. Z týchto hľadísk sa javí najvýhodnejšie kontaktné alebo ešte lepšie imerzné zmrazovanie, pri ktorom vzniká mikrokryštalická štruktúra ľadu, ako je to pri samozmrazovaní.

Hĺbka zmrazenia potraviny závisí predovšetkým od zloženia potraviny, od závislosti množstva nezmrzlého podielu od teploty. Preto sa tu riadime výsledkami kryoskopických meraní u ovocia a zeleniny zostavenými v Molierovom i x diagrame. Prihliadneme tiež na dĺžku manipulačného času a priebehu oteplovania polotovaru, až kým sa dosiahne hlboké vákuum. Menej chúlостivé na nedomrzanie sú vyššie vrstvené (tekuté materiály) a kusovité resp. celé potraviny. V praxi pred sušením zmrazujeme ovocie a zeleninu na teploty okolo -25°C .

Pri navrhovaní linky na lyofilizáciu ovocia a zeleniny počítame teda s oddeleným zmrazovaním suroviny. Spôsob zmrazovania bude závisieť od toho, aký bude lyofilizátor či klasický, etážový, alebo kontinuálny. V každom prípade sa však bude musieť uplatniť zásada čo najrýchlejšieho zmrazenia (imerzne). Snáď sa tu výhodne uplatní aj tekutý dusík.

Ako ukázali pokusy, so zmrazeným materiálom bude sa musieť veľmi rýchlo manipulovať. Dokonca bude dobré, ak sa pri tom prikryje, aby nedochádzalo ku kondenzácii vzdušnej vodnej vlhkosti na jeho povrchu, nakoľko skondenzovaná



Graf 1. Závislosť straty vody od teploty ohrevu.

vodná para zvyšuje teplotu polotovaru, rozpúšťa jeho povrchové vrstvy a v dôsledku toho dochádza napr. k zvýšenému peneniu materiálu, alebo miestnemu zahusteniu.

Pri hľadaní najvhodnejšej tepelnej krivky materiálu sme vychádzali zo známych diagramov sušenia firmy Vickers. Aký má význam takto zameraný výskum, vidieť aj z prác fy Leybold, kde sa popri kvalitatívnych ukazovateľoch dosiahli významné úspechy so skrátením celkovej doby sušenia (cca 50 %), vďaka tomu, že

vedia kontrolovať a regulovať teplotu ľadu v ktorejkoľvek fáze sušiaceho procesu a jeho riadenie je automatizované.

Pre výskum bolo vybraných 5 sortimentov s vysokou nutričnou hodnotou a rôznymi charakteristikami a to: jahody, čierne ríbezle, paradajky, šípky a karotka. Lyofilizácia sa konala na laboratórnom zariadení vlastnej úpravy, ktoré vzhľadom na sušiaci sklenený priestor dovolilo robiť priame vizuálne pozorovanie chovania sa polotovaru a kde vzhľadom na malú tepelnú zotrvačnosť a krátky čas potrebný na dosiahnutie požadovaného vakuua, mohol byť robený výskum kinetik sušiaceho procesu (straty v závislosti od času). Kvalitatívne zmeny, najmä oxydačné, sledovali sa rozborom obsahu vitamínov C a karoténov, rehydratácie, enzýmov a pektínov.

Pri pokusoch sme hľadali aj takú výšku vrstvy materiálu, pri ktorej by sme dosiahli pri zvolenom najvhodnejšom tepelnom režime maximálne množstvo lyofilizovanej suroviny za 24 hodín na m² výhrevnej plochy. Pritom sme postupovali tak, že sme zisťovali časy sušenia pri rôznych hrúbkach vrstvy materiálu za toho istého tepelného režimu sušenia. Zistená doba tvorila jeden lyofilizačný cyklus. Potom za predpokladu, že manipulačný čas potrebný na naloženie a vyloženie lyofilizačnej komory je prakticky 1 hodina, zistili sme, koľko lyofilizačných cyklov prebehne za 24 hodín, resp. aké množstvo usušenej suroviny obdržíme denne. Je dôležité poukázať v tejto súvislosti na to, že oproti možnosti urýchlenia sušenia stenčením sušiacej vrstvy, stojí tu okolnosť, že u krátkych sušiacich cyklov strácame na čase sušenia zvýšením počtu manipulačných časov. Do manipulačného času započítame: rušenie vakuua, otváranie lyofilizátora, vyberanie výrobkov, vkladanie polotovaru, zatváranie a evakuovanie komory na pracovné vákuum, čo spolu trvá až 1 hodinu. Napriek tomu, že sa napr. 2 mm vrstva tekutého ovocia suší o 200 % rýchlejšie ako napr. 8 mm vrstva, predsa kapacita zariadenia s použitím 8 mm vrstvy sa ukazuje o 159,25 % vyššia. Ako najvhodnejší z tohoto hľadiska je 7 hodinový lyofilizačný cyklus, t. j. systém 7+1 hodina manipulačná.

Pri vedení lyofilizačného procesu pomocou tepelných záhrevov je dôležité presne kontrolovať teplotu v materiáli a to hlavne na povrchu, aby nedošlo k prehriatiu už vysušených vrstiev a tým k ničeniu termolabilných zložiek a rehydratačných schopností.

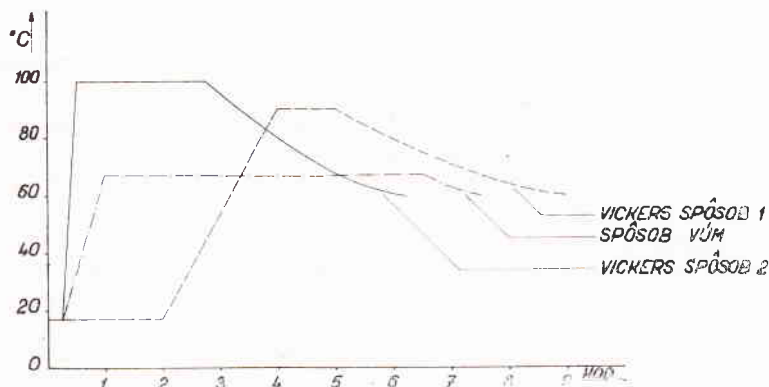
Pri kontrole teplôt termočlánkami pracujeme s VSCHP a odskúšali sme z nich niekoľko typov, pretože napr. termočlánok v injekčnej ihle sa ukázal byť nespoľahlivý (vysušovanie v jeho bezprostrednom okolí ovplyvnilo údaje teploty natoľko, že odpovedali temer teplote povrchu). Zatiaľ najlepšie použitie má termočlánok z medi a konštanta bez obalu. Z ostatných úprav vyhovuje i sklenená rúrka.

Pri regulovaní teploty sušenia a rozoznávania jednotlivých fáz možno sa dobre orientovať i údajmi teplomerov zasadených bližšie k povrchu. V určitej fáze cyklu totiž pozorujeme vzostup registračných čiar, tak hodnôt teploty pod povrchom ako vo vnútri materiálu.

Nový barometrický spôsob merania teploty bol skúšaný na VSCHP a vyžaduje ešte ďalšie pozorovanie a úpravy. Pri riadení sušenia voľbou tepelných maxim vykazujeme u zeleniny a ovocia určité odchýlky od systému fy Vickers. Nižšie teploty sa osvedčujú viac a prikláňame sa k diagramu sušenia sublimáciou vypracovanému výskumným oddelením Ministerstva poľnohospodárstva, rybného a potravinárskeho priemyslu v Škótsku.

Pri rušení vákua pri ukončení lyofilizácie vzniká otázka, či vákuum ruší inertným plynom alebo vzduchom. Pri rušení vákua vzduchom dochádza, podľa literárnych údajov, k adsorpčnému viazaniu vzdušného kyslíka v póroch vysušeného materiálu, ktorý má potom nepriaznivý vplyv na skladovateľnosť a údržnosť zlyofilizovanej potraviny. Vlastné poznatky z tejto problematiky ešte nemáme ukončené, pretože nie sú ukončené skladovacie skúšky.

Stupeň, na aký sa výrobky z ovocia a zeleniny sušia, sa pohybuje okolo 2 %, čo je u tekutého ovocia dané predovšetkým možnosťou drvenia resp. mletia



Graf 2. Tepelný režim lyofilizačného procesu.

materiálu. No, aj u kusovitých potravín zdá sa táto hodnota najlepšia. Tento konečný obsah vlhkosti je vhodný, preto nedochádza k mikrobiologickému znehodnoteniu potraviny.

Príprava výrobkov na balenie a vlastný baliaci proces prináša do výskumu lyofilizácie špecifickú problematiku, pomerne veľmi rozsiahlu, a možno dodať, nie jednoduchú. Vysušený materiál je veľmi hygroskopický a preto proces jeho prípravy na balenie musí byť krátky, pričom optimálne balenie je za nízkej relatívnej vlhkosti a v prostredí inertnej atmosféry. Naopak u práškovitých výrobkov musí byť pred rozmeľňovaním vyhradený čas na ochladenie, pretože väčšinu z nich v teplom stave nemožno dobre drviť. Vysušené plátky tekutého ovocia sú lepkavé, čo pozorujeme najmä u sortimentov o vyššej refraktometrickej sušine.

U balenia zlyofilizovaných materiálov bude potrebné začať s osobitným výskumom hlavne na úseku vývoja vhodného materiálu.

Sledovanie vplyvu doby a skladovacieho prostredia na chemické zmeny, ktoré sme v rámci výskumu konali, si vyžiadalo zvlášť bezpečný spôsob balenia. Preto sme sa rozhodli, poučení skúsenosťami zo zahraničnej literatúry, pre zatavovanie výrobkov do skla.

Výsledky sledovania zmien lyofilizovaných výrobkov počas skladovania dosiaľ potvrdzujú celkove ich veľmi dobrú stálosť. Z teplôt +1, +20 a +40 °C sa najlepšie javia teploty +1 a +20 °C. Prekvapivé zhoršenia zmeny akosti sú však zisťované pri skladovacej teplote +40 °C, čo pripisujeme na vrub vplyvu vlhkosti a kyslíka. Prostredie CO₂ a N₂ nad balenou potravinou zatiaľ sa, čo do účinnosti

ochrany akosti pred oxydačnými zmenami, vyrovnáva evakuovaným výrobkom. Najmenšia netesnosť sa prejavuje hrudkovaním a znehodnotením materiálu. Straty na vitamíne C u potravín skladovaných pri teplote $+1$ a $+20$ °C sú minimálne, prakticky žiadne. Pri skladovaní za teploty $+40$ °C dochádza už za prvých dní k farebnej zmene lyofilizovanej potraviny. Farba sa mení z pôvodnej v hnedastú a už po trojmesačnom skladovaní nenachádzame vo výrobku ani lokálne pôvodnú farbu. Vôňa takéhoto ovocia je akoby po karamelizácii, konzistencia je hrudkovitá, pričom hrudky sú pomerne tvrdé a ťažko rozpustné vo vode. Zrejme ide o neenzymatické hndnutie spôsobené Maillardovou reakciou pri tejto skladovacej teplote. Straty na vitamíne C sú značné a dosahujú hodnoty až okolo 70 % podľa dĺžky skladovania. Ani jeden z týchto javov sme nepozorovali u lyofilizovaného ovocia skladovaného pri teplote $+1$ a $+20$ °C. Tu nie je badať prakticky žiadnu zmenu či už vo farbe, vône, chuti alebo konzistencii.

Pre prax je dôležité, že výsledky dosahované pri sušení na laboratórnom zariadení zatiaľ možno dobre aplikovať i na väčšom zariadení, akým je lyofilizátor inž. Hořejšího na VSCHP a to ako z hľadiska dĺžky doby sušenia, tak aj čo do jeho priebehu.

Pri ďalšom riešení problému lyofilizácie potravín považujeme za nutné zamerať sa predovšetkým v smere ďalšieho urýchlenia celého lyofilizačného procesu a to jednak použitím najvhodnejšej kombinácie ohrevných teplôt a jednak aplikáciou fyzikálno-mechanických zásahov (dielektrický ohrev, napichávanie, lisovanie, krájanie atď.). Podkladom pre ďalšie zlepšovanie technológie teraz budú len výsledky základného výskumu jednotlivých zložiek potraviny ako vitamínov, cukrov, pektínov, škrobu, aromatických látok alebo kryohydratických bodov. Tiež treba sledovať a hľadať ďalšie vhodné spôsoby úpravy suroviny pred lyofilizáciou. Laboratórne kontrolné metodiky v niektorých prípadoch treba prepracovať, najmä pokiaľ ide o sledovanie kinetiky rehydrácie a sledovanie malých množstiev vzoriek.

V neposlednej miere v súvislosti s riešením problému technológie lyofilizácie bude treba v ďaleko väčšej miere nadviazať na výsledky a skúsenosti v zahraničí a to prostredníctvom osobného styku, pretože literárne pramene najmä v najproblematickejších otázkach sú buď príliš kusé, alebo nepojednávajú o nich vôbec. Nakoniec treba spomenúť, že s doterajšími výsledkami treba urýchlene prejsť na prevádzkové pokusy, aby sa preverili vo veľkom. Dosiaľ sú všetky predpoklady, k tomu, že lyofilizované výrobky vo význačnej miere prispievajú k zvýšeniu nutričnej a kvalitatívnej hodnoty konzervovaných potravín.

S ú h r n

V článku sú zhrnuté doterajšie poznatky z lyofilizácie ovocia a zeleniny získané na VÚM. Otázka vedenia lyofilizačného procesu ako aj technologická príprava suroviny je rozobraná z hľadiska ekonomického aj z hľadiska kvality finálneho výrobku.

ТЕХНОЛОГИЯ СУБЛИМАТНОЙ СУШКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЛИОФИЛИЗАЦИИ ОВОЩЕЙ И ФРУКТОВ

Резюме

В статье собран производственный опыт по лиофилизации овощей и фруктов, приобретенный в Научно-исследовательском институте холодильной промышленности. Вопрос проведения лиофилизационного процесса и технологическая подготовка сырья для обработки, разобран с точки зрения экономики и качества конечного изделия.

TECHNOLOGIE DER GEFRIERTROCKNUNG UND DIE STUDIUMSERGEBNISSE DES GEFRIERTROCKNUNGSPROZESSES VON OBST UND GEMÜSE.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit werden die bisherigen Kenntnisse, welche bei dem Studium der Gefriertrocknung von Obst und Gemüse im Forschungsinstitut für Gefiertechnik gewonnen wurden zusammengefasst. Die Frage der Führung des Gefriertrocknungsprozesses, sowie auch die technologische Vorbereitung der Rohmaterialien wird sowohl vom ökonomischen Standpunkt als auch vom Standpunkt der Qualität des Endproduktes bearbeitet.

Literatúra

1. Gane R., 1951, Food Manuf., 26, č. 10, s. 389—392
2. Flösdorff E., 1950, Colloid Chem. J., s. 665—672
3. Holzman G., 1950, Science, 111, s. 550—551
4. Neumann K. H., 1959, Kältetechnik, 12, s. 525—28
5. Gooding 1960, Food manuf., 35, č. 6, s. 249—254
6. Fox H., 1960, Food Ind. of S. Afr., 13, č. 3, s. 28—29
7. Gröschner ai., 1960, Kältetechnik, 12, č. 10, s. 297
8. Bonem F. L., 1960, Food processing, 21, č. 11, s. 73—77
9. Taylor T. S., 1961, Food Engng., 33, č. 9, s. 41—44
10. Thompson H., 1961, Prüm. potr., č. 9, s. 470—474
11. Petersen E. E., 1961, Food Engng, č. 6, s. 33—36