

O NIEKTORÝCH ZÁKLADNÝCH OTÁZKACH TECHNOLOGICKÝCH ČASTÍ SUBLIMAČNÉHO SUŠENIA POTRAVÍN

PETER PÁLENKÁR

Konzervovanie potravín má veľmi širokú paletu metód; jednou z nich je konzervovanie sušením. Tento spôsob konzervovania patrí medzi najstaršie formy uchovávania potravín. S rozvojom techniky sa spôsoby sušenia vylepšovali. V súčasnosti sa podarilo nájsť najsetrnejší a najlepší spôsob konzervácie, a to sušenie potravín zo zmrazeného stavu sublimáciou (lyofylizáciou). Z kvalitatívneho hľadiska má táto metóda v porovnaní s doterajším spôsobom sušenia rad predností. Predovšetkým celý proces prebieha za nízkych teplôt; voda zo zmrazenej potraviny za vysokého vákua priamo sublimuje, pričom sa obchádza tekutá fáza. Toto má veľký vplyv na vlastnosti finálneho výrobku. Ďalej je to okolnosť, že takto vysušená potravina si zachováva svoj pôvodný tvar, farbu, vôňu, chuť a má vysokú rehydratačnú schopnosť. Táto okolnosť je tiež dôležitá; nedochádza totiž k značnému ničeniu termolabilných látok, ktoré z hľadiska nutričnej hodnoty potraviny väčšinou predstavujú dôležité komponenty. Sublimačné sušenie zo zmrazeného stavu takto predstihuje všetky doteraz známe spôsoby konzervovania potravín.

Proces sublimačného sušenia pozostáva z troch základných periód. Prvou periódou je počiatočné sušenie, pri ktorom voda zamrzá (samozmrazovanie). Druhou periódou je sublimovanie zmrazenej vody z materiálu, pričom sa obchádza tekutá fáza. Konečne tretou periódou je sušenie materiálu, pri ktorom sa odstraňuje nezmrznutá a adsorbčne viazaná voda do zvyškovej vlhkosti (dosušovanie). O každej z týchto periód sušenia budeme hovoriť oddelene.

1. *Periódou samozmrazovania.* Samozmrazovanie je odvod tepla z produktu na úkor teploty vyparovania a zníženie teploty pod bod mrznutia a kryštálov ľadu v tkanive materiálu.

Z potraviny vlozenej do lyofilizačného zariadenia sa v priebehu dosiahnutia vysokého vákua začína intenzívne vyparovať voda. Teplo, potrebné na zmenu skupenstva (latentné teplo), sa odoberá z tepelného obsahu potraviny. V dôsledku tohto sa potravina rýchlo ochladzuje, čo má za následok, že voľná voda v potravine zamrzá. Teplota mrznutia štiav potravinárskych produktov sa pohybuje od 0 do -5°C , čo odpovedá tlaku nasýtených vodných pár 3–4 mm Hg. Po zmrazení vody sa ďalej potravina podchladzuje až na teplotu odpovedajúcu konečnému tlaku

(vákuum), ktorý máme v lyofilizačnom zariadení. V potravinárskych produktoch celý roztok vymrzá len pri teplote okolo -60°C ; stáva sa tak v dôsledku toho, že sa neustále znižuje bod mrznutia tekutiny zapríčineného zvyšovaním obsahu solí v ostatnej tekutine a adsorbčným viazaním vody na kapiláry v materiáli. V praktických podmienkach stačí, aby sa teplota v samozmrazovanej potravine pohybovala v rozmedzí -20 až -30°C , pri ktorej voda na 5–10 % nezamrzá.

Množstvo tepla spotrebovaného na vyparenie vody v perióde samozmrazovania sa rovná (za predpokladu, že množstvo nevymrznutej vody je zanedbateľné v porovnaní so zamrznutou vodou)

$$Q = G \cdot c \cdot (t_k - t_p) + G \cdot q, \text{ kde}$$

G – váha zamrznutej vody,

t_k, t_p – konečná a počiatočná teplota v $^{\circ}\text{C}$

q – špecifické teplo topenia ľadu pri teplote t_k

c – špecifické teplo tekutiny.

V praxi pri sušení potravín a iných biologických materiálov je dôležité, aby perióda samozmrazovania bola čo najkratšia, aby sa pri mrznutí netvorili veľké kryštály ľadu, ktoré by porušili štruktúru materiálu.

Na rýchlosť samozmrazovania vplyvajú:

a) tepelno-fyzikálne vlastnosti materiálu (prestup tepla, tepelný obsah) a chemické vlastnosti,

b) geometrická forma materiálu (plátok, kocka, dĺžka) čiže jej rozmery,

c) počiatočná a konečná teplota materiálu v perióde samozmrazovania,

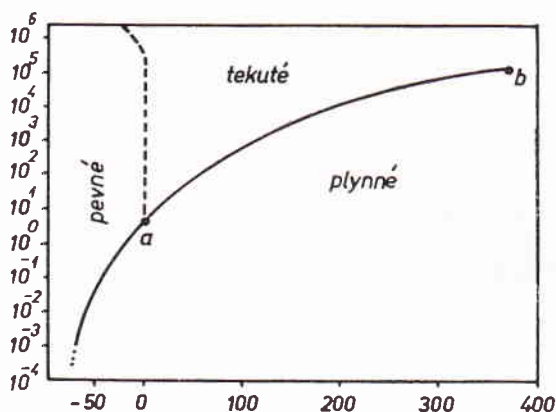
d) rýchlosť odtahu tvoriacich sa pár a nekondenzujúcich plynov.

Čas periódy samozmrazovania sa môže meniť v širokých rozmedziach menením režimných parametrov sušenia.

V perióde samozmrazovania sa z materiálu vyparí 10–15 % vody. Z praxe sublimačného sušenia vieme, že väčšina potravín sa musí vopred zmraziť, aby počas dosahovania vákua nedochádzalo k peneniu a aby sa na povrchu potraviny nevytvárala glazúra z rozpustných látok (cukry a rôzne soli), ktoré sa v dôsledku migrácie tekutiny vyplavujú z materiálu na jeho povrch. Vytváranie speneného povrchu a spomínanej glazúry má vplyv na čas sušenia, a to pre zhoršenie podmienok pre prestup tepla a výmenu látky (vodné pary) a má vplyv aj na akosť finálneho produktu. Preto treba potravínu zmraziť na takú teplotu, aby sa ľad počas manipulácie a dosahovania vákua nepúšťal a aby sa tak nevytvárali podmienky pre už spomínané penenie. Podľa našich skúseností treba potravínu zmraziť na -30°C , potom k spomínaným javom nedochádza.

2. Perióda sublimácie. Táto perióda je pri sublimačnom sušení najdôležitejšia. V tejto fáze sa z vysušovaného materiálu odstraňuje podstatné množstvo vody. Pre sublimačné sušenie je dôležité, aby materiál mal teplotu nižšiu než teplota odpovedajúca trojnému bodu vo fázovom diagrame prevodu; takto je obídienie tekutej fázy zaručené. Aj parciálny tlak okolitého prostredia musí byť nižší než tlak nasýtenej pary v trojnom bode.

Kinetika procesu sublimačného sušenia v podmienkach vákua je daná mechanizmom prenosu tepla a látky ako vo vnútri materiálu, tak aj od jeho povrchu do okolitého prostredia. Hybnou silou sublimácie je teda tlakový rozdiel parciálnych tlakov pary nad materiálom a prostredím (vzduchom): $p = p_p - p_{vz}$. Preto je dôležité, aby parciálny tlak vzduchu v zariadení bol čo najnižší. Parciálny tlak vodnej pary závisí od teploty



Obr. 1. Vzťah skupenstva vody k tlaku pár, ktorého hodnoty sú na osi (v Torr), a k teplote uvedenej na osi úsečiek ($^{\circ}\text{C}$). a = bod troch fáz, b = kritický bod vody.

sušeného materiálu. Pretože teplota materiálu je nízka, aj tlakový rozdiel vodnej pary nad materiálom a prostredím je veľmi malý. Čas sublimácie by v dôsledku tohto bol veľmi zdĺhavý, a preto na urýchlenie celého sušiaceho procesu treba zvýšiť tlak pár nad materiálom; dosahuje sa to privádzaním tepla k materiálu. Teplo privádzané z vonkajšieho prostredia k produktu sa spotrebúva jednak na sublimáciu ľadu a jednak na ohrievanie vysušenej vrstvy produktu. Teplo potrebné na sublimáciu je teda dané vzťahom:

$$Q = G_1 \cdot r_s + G_s [(t_o - t_1) c_{sm} + (t_2 - t_o) c_{sn}],$$

kde G_1 — váha ľadu,

r_s — sublimačné teplo pri danej sublimačnej teplote,

G_s — váha suchého materiálu,

c_{sm} — špecifické teplo suchého zamrznutého materiálu,

c_{sn} — špecifické teplo suchého nezamrznutého materiálu,

t_1 — sublimačná teplota,

t_2 — priemerná teplota vysušeneho materiálu,

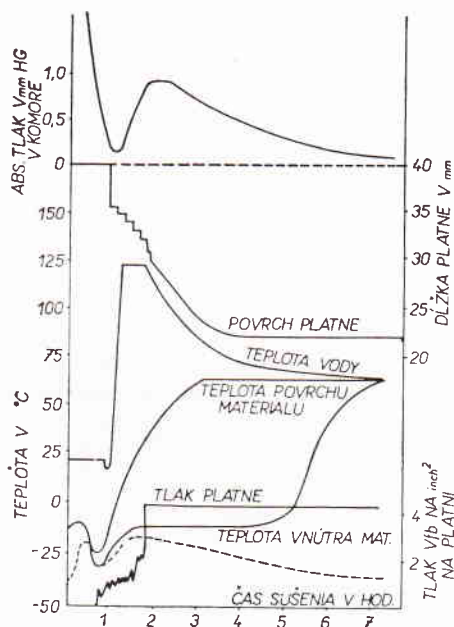
t_o — 0°C .

V prvých fázach sušenia býva teplota u tzv. urýchleného sublimačného sušenia (AFD systém) až 120°C . Táto teplota sa postupom sušenia zníži tak, aby sa materiál vo vysušenej vrstve neprehrieval a aby sa nepoškodzovali termolabilné látky.

Dĺžka periódy sublimácie teda závisí od režimných parametrov, a to od hĺbky vákua, rýchlosti odvodu pár a od podmienok ohrevu materiálu. V tejto perióde sa odstráni 40–60 % vody.

3. *Periódá dosušovania.* Tento proces je charakterizovaný stúpnutím teploty sušeného materiálu a neustále sa znižujúcou rýchlosťou sušenia. Intenzita v tejto perióde v základe závisí od pôovitosti vysušovaného materiálu, od charakteru viazania vody, od tvaru vysušovaného materiálu, od teploty sušenia a od vlastností materiálu.

Materiál po ukončení periódy sublimácie obsahuje ešte 10–15 % vlhkosti. Túto vlhkosť predstavuje predovšetkým adsorbčne viazaná voda a podiel nezamrznutej vody, ktorá je viazaná na stenách vysušených kapilár. Tento obsah vody treba znížiť na 1–5 % vody, aby nedochádzalo



Obr. 2. Typický AFD sušiaci diagram.

k rôznym oxydačným pochodom, ktoré by potravinu znehodnotili. Dĺžka tejto periódy predstavuje 20–40 % z trvania celého procesu sušenia. Koniec sušenia je charakterizovaný konštantnou váhou sušeného materiálu, t. j. nedochádza k vyparovaniu vody. U ovocia a zeleniny konečná teplota vysušeného materiálu nemá presahovať 60 °C a u potravín živočíšneho pôvodu 50 °C, aby nedochádzalo k ničeniu látok dôležitých z nutričného hľadiska.

Keďže priemyselný proces sublimačného sušenia zo zmrazeného stavu je pomerne nákladný, je potrebné, aby sušenie bolo vedené čo najekonomickšie. Preto pre každý druh potraviny určenej pre tento spôsob sušenia treba nájsť najlepšie režimné parametre. Čas sušenia má byť minimálny a vysušený materiál má mať najlepšie akostné vlastnosti. Je tiež samozrejmé, že veľkú pozornosť treba venovať výberu suroviny, ktorá má byť akostná a hodnotná.

V článku sú rozobraté základné periódy sublimačného sušenia.

V perióde samozmrazovania je dôležité, aby tekuté materiály boli zmrazené na takú teplotu, aby počas manipulácie a dosiahnutia vákua nedochádzalo k peneniu a vytváraniu povrchovej glazúry z rozpustných látok.

V perióde sublimácie je nutné dodržať v zariadení podmienky určené parametrami pod trojným bodom vo fázovom diagrame pre vodu a urýchľovať celý proces dodávaním tepla.

V perióde dosušovania treba dávať pozor, aby vysušený materiál sa neprehrieval nad 50–60 °C a tak nedochádzalo k ničeniu termolabilných látok počas dlhšieho záhrevu.

Pre každý druh potravy treba nájsť najlepšie režimné podmienky sušenia, aby celý proces bol najekonomickejší a vysušená potrava najkvalitnejšia.

EINIGE GRUNDSÄTZLICHE FRAGEN DER TECHNOLOGISCHEN TEILE DER GEFRIERTROCKNUNG VON LEBENSMITTELN

Im Artikel werden die grundsätzlichen Stufen der Gefriertrocknung erörtert.

Bei den einzelnen Stufen des Selbstgefrierens ist es wichtig, dass die flüssigen Komponenten auf so eine Temperatur gebracht werden, dass es nicht im Laufe der Behandlung und des Vakuumzeriellens zum schäumen und zur Erzeugung der Oberflächenglasur aus löslichen Stoffen kommt.

In der Sublimationsperiode ist es notwendig in der Einrichtung die durch die einzelnen Parameter bestimmten Bedingungen unter den dreier Punkt im Phasendiagramm für Wasser einzuhalten und das ganze Verfahren durch Wärmezufuhr beschleunigen.

In der Trocknungsperiode muss man darauf achten, dass das ausgetrocknete Gut nicht über 50–60 °C durchgewärmt wird und es so zu keiner Beschädigung der thermolabilen Stoffe während einer längeren Erwärmung kommen kann.

Für jeden Lebensmittelartikel muss man die optimalen Trocknungsbedingungen finden, dass der ganze Prozess am ökonomischsten und die ausgetrockneten Lebensmittel beste Qualität sein.

Petersen

Priemyselná lyofilizácia živočíšnych produktov

Lyophilisation industrielle de produits alimentaires

Pôvodne sa lyofilizácia používala iba vo farmaceutickom priemysle, ale po znížení výrobných nákladov možno tento postup použiť aj pri niektorých obyčajných potravinách. Podmienky výroby z hľadiska uchovania akosti hotových výrobkov. Posledný vývoj v obalovej technike lyofilizovaných výrobkov. — 1961, Rev. gén. Froid, 38, č. 9, s. 983–989.

Ulrich R.

Chladiarenské skladovanie rezaných kvetov a hlúz

(Traitement frigorifique des fleurs coupées et des bulbes).

Skladovateľnosť rezaných kvetov závisí od stavu kvetu, ktorý súvisí so zložením pôdy a klimou a od podmienok zberu ako aj druhových vlastností. Rôzne príklady konzervácie kvetov chladom. Choroby za skladovania. Manipulácia na spomalenie doby kvetu. — 1961, Rev. gén. Froid, 38, č. 11, s. 1147–1153.