

## K PROBLEMATIKE ZMRAZOVANIA POTRAVÍN POMOCOU TEKUTÉHO DUSÍKA

EVA BYSTRICKÁ

Jednou z úloh, riešených vo Výskumnom ústave mraziarenskom, je rýchlo-mrazenie potravín za extrémne nízkych teplôt pomocou skvapalnených plynov. Počas roku 1963 sa uskutočnila prvá etapa úlohy — vypracovanie literárnej štúdie, na základe ktorej sa pristúpi v ďalších rokoch k vlastnému riešeniu úlohy.

Poznatky, uvedené v prednáške majú informovať o stave použitia tekutého dusíka a kyslíčnika dusného pre zmrazovanie potravín.

Výskumu tohoto nového účinného technologického postupu zmrazovania bola v posledných rokoch venovaná značná pozornosť v celosvetovom meradle. Priemyselne bola však táto metóda zavedená zatiaľ len v USA. Sú to hlavne štyri veľké americké firmy, ktoré ju už zaviedli do praxe.

I. — Fyzikálno-chemické vlastnosti dusíka a kyslíčnika dusného.

I. — 1. Dusík, ktorý sa skvapaľňuje, získava sa z atmosferického vzduchu pri výrobe kyslíka. V tekutom stave je to netoxická, inertná tekutina bez chuti, s bodom varu —  $195,8^{\circ}\text{C}$ . Jeho výparné teplo je  $47,3 \text{ cal/g}$ . Kapacita prehriatia  $53,8 \text{ cal/g}$  v teplotnom rozmedzí od jeho bodu varu do  $21^{\circ}\text{C}$ , kritická teplota —  $147,1^{\circ}\text{C}$  a kritický tlak  $33,5 \text{ atm}$ .

I. — 2. Kyslíčnik dusný je bezfarebný plyn, slabého príjemného zápachu sladkastej chuti. Lahko sa skvapaľňuje, bod varu má —  $86^{\circ}\text{C}$ , bod topenia —  $102,4^{\circ}\text{C}$ , kritickú teplotu —  $36,5^{\circ}\text{C}$  a kritický tlak  $71,1 \text{ atm}$ .

I. — 3. Tekutý dusík a kyslíčnik dusný na základe horeuvedených kritérií sú ideálnymi chladiacimi médiami na zmrazovanie potravín. Okrem toho, že pomocou týchto skvapalnených plynov môžeme dosahovať tak extrémne nízke teploty ako so žiadnymi dosiaľ používanými chladičmi, je podstatná tá ich vlastnosť, že sú netoxické, inertné, takže môžu prísť do priameho styku s potravinami bez toho, aby s nimi vstupovali do chemických reakcií. Ďalšou prednosťou tekutého dusíka pred inými skvapalnenými plynmi, napr. kyslíčnikom uhličitým, je, že v tekutom stave sa udrží za normálneho atmosferického tlaku.

II. — Spôsoby zmrazovania pomocou tekutého dusíka alebo kyslíčnika dusného.

II. — 1. V prvom rade je to imerzné zmrazovanie potravín. Pod týmto pojmom sa rozumie taký technologický postup, pri ktorom sa výrobok zmrazuje priamym stykom so skvapalneným plynom, alebo sa ponára do kúpeľa s tekutým dusíkom, prípadne sa s týmto sprchuje jeho povrch. Dobu ponoru, príp. množstvo dusíka, potrebné na zmrazenie určitej váhovej jednotky potraviny, možno približne vypočítať, keď sú známe veličiny ako merné teplo výrobku nad a pod bodom mrazu ( $\text{kcal/kg } ^{\circ}\text{C}$ ), priemerné teplo topenia ( $\text{kcal/kg}$ ), účinnosť systému, počiatková a konečná teplota výrobku atď.

Systémy imerzného zmrazovania sú rôzne.

II. — 1. — 1. Prvý systém pozostáva zo zavretej komory so zmrazovacím kúpeľom s tekutým dusíkom, do ktorého sa tovar ponorí a z manipulačnej komory, medzi ktorými sa vratne pohybuje elevátor s tovarom.

II. — 1.2. U druhého systému potraviny idú priamo z výrobnéj linky do komory a kúpeľa s tekutým dusíkom.

II. — 1.3. U systému vertikálneho tunela tovar vchádza vrchom a dusík protiprúdne spodom.

II. — 1.4. Veľmi účinný je systém pozostávajúci z linky s bežiacim pásom, ktorý sa pohybuje cez izolovaný tunel a prechádza tankom s tekutým dusíkom.

II. — 1.5. Kombinovaný spôsob zmrazovania pozostáva z počiatočného sprchovania a ďalšieho ponoru do tekutého dusíka.

II. — 2. Zmrazovanie v kontejneroch. Známe sú patenty, týkajúce sa rýchlo-mrazenia potravín a ich prepravy v kontejneroch. Patentovaný je postup, pri ktorom určitý počet malospotrebiteľských balení (obalový materiál, lepenka alebo vlnitá lepenka), sa ukladá do kontejnerov, do ktorých sa dovtedy zavádza tekutý dusík, kým obaly prevlhnú. V dôsledku prestupu tepla odparený dusík vytlačí vzduch, ktorý sa nachádza v kontejneri. Teplota klesne nižšie ako  $-18^{\circ}$ . Kontejner sa uzavrie, kým sú obaly ešte vlhké. Takto zmrazený tovar je pripravený na skladovanie alebo prepravu. Kontejnery, v ktorých sa preprava uskutočňuje, nemusia mať špeciálnu izoláciu, každá bežná izolácia, používaná na udržiavanie teploty mrazených potravín, je dostačujúca.

Veľkosť a typy kontejnerov sú rôzne, od najmenších  $0,4 \text{ m}^3$  až po kontejnerové skrine. Za účelom zjednodušenia manipulácie s kontejnermi pristupuje sa k zjednodušeniu typov, najmä ich rozmerov tak, aby sa tieto mohli použiť pri preprave v rôznych typoch prepravných prostriedkov bez predbežnej úpravy. Pokusy, ktoré sa robili za posledné roky, dokázali, že takýto spôsob prepravy mrazených potravín je veľmi výhodný a že pri preprave na veľké vzdialenosti, ktorá trvá viac dní, si potraviny uchovávajú teploty pod nulou.

II. — 3. Zmrazovanie pri preprave. Účinne sa používa tekutý dusík pre zmrazovanie potravín priamo pri preprave. Dopravný prostriedok, či je to už nákladné auto, alebo cisternový voz, prípadne železničný vagón, sa vybaví vhodným zmrazovacím zariadením na tekutý dusík.

V zásade sú dva základné typy.

II. — 3.1. Dusík sa sprchuje zvrchu (systém Polarstream a Cold Flow), kde sa zariadenie namontuje v povale vozidla. Pozostáva z nádrže na tekutý dusík, regulátora teploty, odľahčovacieho ventilu a zo sprchových hlavíc, príslušných ventilov a bezpečnostného zariadenia. Dusík sa automaticky rozstrekuje na tovar v dopravníku zo sprchových hlavíc, upevnených v povale až dovtedy, kým teplota ovzdušia dosiahne nastavenú teplotu, ktorá môže kolísať od  $-29^{\circ}\text{C}$  do  $13^{\circ}\text{C}$ . Najdôležitejšou súčiastkou zariadenia je termočlánok s mostíkovým zariadením, ktorého odpor sa mení so zmenou teploty. Tento snímač je pripojený na relé, ktoré ovláda solenoidný ventil.

II. — 3.2. Dusík sa uchováva v nádržiach, upevnených pod podlahou vozidla (systém Liquefreeze, Cryo-Guard) pomaly sa vyparuje a takto silne schladzuje vnútornú časť vozidla.

II. — 3.3. Veľmi účinný je kombinovaný systém Polarstream s elektrickým chladením, najmä pre dodávky s viacerými zastávkami.

III. — Sortiment potravín mrazených pomocou tekutého dusíka.

V USA je tento sortiment široký. Sú to najrôznejšie druhy bobuľovitého ovocia, ako jahôd, malín, čučoriedok, citrusových plodov či už celých alebo v plátkoch, v prášku, alebo ovocných koncentrátov, rôzne druhy zelenín, ako rajčiaky, špargle, hrach a fazuľa, mias, rýb, hydiny, pekárenských a cukrárenských výrobkov, najmä chlieb a zmrzlina. Najdôležitejším sortimentom sú však mrazené hotové jedlá a polotovary, pri výrobe ktorých sa dosiahlo tak značného pokroku, že už je inštalovaná automatizovaná výrobná linka na hotové jedlá v Glendale (USA), kde na jednom konci jedlo vchádza priamo z kulinárneho oddelenia o teplote  $+82^{\circ}\text{C}$ , a na druhom konci linky vychádza na  $-20^{\circ}\text{C}$  zmrazené priamo na balenie

IV. — Ekonómia výrobného postupu.

Úspešné zmrazovanie potravín pomocou tekutého dusíka vyvolalo otázku finančných, investičných ako aj prevádzkových nákladov. Nesporné prednosti tohto systému sú nepriaznivo ovplyvnené cenou tekutého dusíka, najmä keď je tento odoberaný v menších množstvách. Vcelku je táto metóda, keď ju posudzujeme z hľadiska ceny chladenia alebo výkonu v kcal, nákladnejšia ako ostatné konvenčné zmrazovacie metódy.

IV. — 1. V USA cena tekutého dusíka kolíše od 3—13 centov za 1 libru, čo zrejme závisí aj od dopravnej vzdialenosti. Na zmrazenie jednej libry potraviny je v priemere potrebná 1 libra tekutého dusíka. Aby dusík bol ekonomicky účinný, je nutné, aby sa efektívne využilo odparovacie teplo, potrebné na premenu 1 libry dusíka na plyný ekvivalent (13,8 stôp (1 libra), ďalej vplyv zvýšenej účinnosti na spotrebu tekutého dusíka počas celej výroby a to cestou využitia kapacity prehriatia uvoľneného plynu. Tak ako stúpa táto účinnosť, znižuje sa množstvo tekutého dusíka, potrebného na zmrazovanie daného objemu.

Dusík sa dodáva vo veľkých cisternách alebo sa prečerpáva do rozvážkových áut odberateľa alebo pobočných staníc. Úplné využitie tekutého dusíka vo výrobnom závode je nedeliteľnou súčasťou kalkulačného rozboru. To znamená, jeho použitie pri predchladení, medzioperačných postupoch, balení a skladovaní.

IV. — 2. Veľké americké firmy javia záujem o zavedenie zmrazovania potravín pomocou tekutého dusíka za predpokladu, že pri výrobnom postupe budú dodržané kritériá, ktoré možno označiť ako faktor X, Y a Z.

Faktor X značí zlepšenie akosti (vôňa, farba, retencia vitamínov, mäkkosť výrobku, napr. jahody si zachovávajú prirodzenú farbu a konzistenciu, mäso má lepšiu farbu a je mäkkšie).

Faktor Y je zvýšenie výroby, výkonu alebo iných výrobných zložiek, napr. zníženia mzdových nákladov, podstatné skrátenie zmrazovacieho cyklu a možnosť kontinuálnej výroby.

Faktor Z je možnosť zavedenia výroby nových potravinárskych výrobkov, ktoré sa inými zmrazovacími metódami nedali spracovať, napr. citrusové ovocie v plátkoch, v práškovitej forme, rajčiny v tenkých plátkoch atď.

Keď posudzujeme imerzné zmrazovanie z ekonomického hľadiska, potom prednosti systému, čiže súčet faktorov  $X+Y+Z$  sa musí rovnať alebo prevyšovať rozdiel zmrazovacích nákladov oboch porovnávaných metód.

IV. — 3. Najväčšou výhodou zmrazovania pomocou tekutého dusíka je rýchlosť zmrazovania. U iných bežných metód čas zmrazovania trvá v priemere 8—10 hodín, zatiaľ čo u tohto postupu sa skráti na niekoľko minút. Napr. žiadaná teplota z  $+20^{\circ}\text{C}$  na  $-18^{\circ}\text{C}$  sa dosiahne za 3,5 minúty, kým pri mechanickom spôsobe chladenia sa teplota znižuje o 0,55 kcal/min. Zariadenie, potrebné na vyba-

venie dopravných prostriedkov je veľmi ľahké, iba 220 kg váži zariadenie pre 130 kg objemu tekutého dusíka. Na umiestnenie zariadenia je potrebná veľmi malá podložná plocha.

Riadenie systému je veľmi dobré, poruchovosť malá, dosiahnutie teploty rýchle a je daná možnosť presnej kontroly tepla. Automatická regulácia teploty umožňuje dopravovať pomocou tekutého dusíka veľmi široký sortiment výrobkov. Tovar možno poukladať tesne k stenám od podlahy k povale, takže možno lepšie využiť zmrazovací priestor v dopravnom prostriedku. Manipulácia s balíkmi je ľahká. Pri preprave výrobca poskytuje 100 %-nú záruku na tovar, miesto obychajných 60 %.

IV. — 4. Výhodné je aj použitie kysličníka dusného. Toto chladiace médium po stránke mechanizmu rozvozu vyžaduje priestorove asi toľko ako iné konvenčné zmrazovacie mechanizmy, avšak pri jeho použití možno zmrazovať a skladovať za podstatne nižších teplôt. Prednosťou kysličníka dusného pred dusíkom je najmä to, že ho možno ľahko skvapalniť a že náklady na to sú len zlomok nákladov potrebných pre znovuskvapalnenie dusíka. Ďalej na zmrazenie 1 kg jahôd sa napr. spotrebuje len 0,54 m<sup>3</sup> kysličníka dusného, zatiaľ čo 1,62 m<sup>3</sup> dusíka. Kysličník dusný je veľmi výhodný pre spracovanie nesezónnych výrobkov.

V. — Z á v e r. Z uvedených poznatkov je zrejmé, že zavedenie priemyselného použitia tekutého dusíka a kysličníka dusného na zmrazovanie potravín je najväčším pokrokom, dosiahnutým v chladiacej technike.

Aplikovanie tejto metódy tvorí jednu z úloh mraziarenského priemyslu v ČSSR v zmysle perspektívneho plánu rozvoja vedy a techniky.