

# Príspevok k štúdiu vplyvu zmrazovania na výslednú kvalitu a skladovacu stabilitu potravín

A. PRUGAROVÁ

Zmrazovanie vedie pri väčšine potravín k ireverzibilným zmenám, ktoré sa dajú stanoviť subjektívnym posúdením i objektívnymi fyzikálnochemickými metódami. Pri pokuse o analýzu zmien potravín spôsobených ich zmrazovaním treba uviesť, že na tieto zmeny vplývajú predovšetkým tieto dve veličiny:

- a) pokles teploty,
- b) vymŕzanie vody za tvorby ľadových kryštálov.

Vplyv zníženia teploty (pod začiatočný bod zmrazovania) na akosť produktu udávajú vzťahy štatistickej termodynamiky, pretože rýchlosť ireverzibilných reakcií sa mení s koncentráciou rozpustných solí i s konštantou reakčnej rýchlosti. Kým koncentrácia rozpustných solí s klesajúcou teplotou stúpa, konštanta reakčnej rýchlosti klesá a existuje maximum reakčnej rýchlosti pri teplote, ktorá je zvyčajne v rozmedzí od 263 do 268 K. Preto treba, aby pri zmrazovaní prekročila klesajúca teplota vo všetkých častiach produktu tento rozsah v najkratšom možnom čase [1].

Na začiatku zmrazovania alebo pri teplotách o niečo nižších sa často enzymatické systémy spontánne aktivujú, čo je podmienené poklesom teploty a tvorbou kryštálov. S klesajúcou teplotou pokračuje koncentrovanie rozpustných látok, reakčné prostredie prebiehajúcich reakcií sa neustále mení až po teplotu okolo 243 K, čo pri jednotlivých produktoch má za následok väčšie alebo menšie zmeny pH [2].

Ľad sa v zmrazovanej potravine vytvára v hrubších alebo jemnejších formáciách a podľa toho ju viac alebo menej a priamo alebo nepriamo poškodzuje. Nepriaznivé účinky ľadu na pletivo mrazenej potraviny môžu byť jednak mechanické, jednak koloidne chemické a biochemické.

Ľad mechanicky poškodzuje bunkové tkanivá tak, že ich trhá, a to najmä ak narastajú v medzibunkových priestoroch objemné kryštály ľadu alebo keď sa vytvorí na povrchu zmrazovanej potraviny pevný ľadový pancier, ktorý praská účinkom vnútorného napätia ľadu. Takto poškodené potraviny majú po rozmrazení „handrovitú“ konzistenciu, vyteká z nich šťava a skoro sa objavujú rýchlo sa stupňujúce príznaky dezorganizujúceho porušenia dynamických látkových rovnováh, t. j. nerovnomerného a v porovnaní so živým organizmom nevyváženého priebehu jednotlivých biochemických procesov [3].

Dezorganizácia látkových systémov je teda druhotným dôsledkom zľadovatenia tkaniva a prejavuje sa rýchlou zmenou sfarbenia (zhnednutím), prípadmi (senná vôňa, žltý prípad) a, samozrejme, aj znížením nutričnej hodnoty potravy (straty vitamínov). Pri zmrazení samom sa objavujú znaky dezorganizácie biochemických systémov iba výnimočne, a aj počas správneho uloženia potravy v mraziarenskom sklade sa prejavujú iba veľmi pomaly, pretože dezorganizačné reakcie brzdi nízka teplota. Nápadne sa prejaví až pri rozmrazovaní, a to tým rýchlejšie a nebezpečnejšie, čím viac migrovala pri zmrazení tkanivová voda z hydratačných filmov bunkových koloidných micel do relatívne veľkých ľadových formácií.

Tretím (koloidno-chemickým) problémom, ktorý tiež nepriamo vyvoláva tvorba ľadu v tkanivách, je ireverzibilná koagulácia až denaturácia tkanivových koloidov. Toto nebezpečenstvo, ktoré je pri rastlinných potravinách vďaka ich pomernej chudobnosti na bielkoviny pomerne malé, prejavuje sa znížením bopťavosti koloidných micel — pri mäse nevarivostou a pri zelenine najmä tzv. slamnatou chuťou. Ireverzibilná denaturácia micel nastáva v podstate mohutným zrážacím účinkom vysokej koncentrácie solí v nezľadovatenom zvyšku tkanivovej tekutiny. Vplyv teploty na koagulačné poškodenie koloidov nie je jednoznačný, čím je zmrazovacia teplota nižšia, tým pomalšie prebiehajú koagulačné reakcie a vytvára sa priaznivejšia ľadová štruktúra. Naproti tomu zároveň rastie koncentrácia a tým aj koagulačná účinnosť solí v kvapalnom (nezľadovatenom) zvyšku tkanivovej kvapaliny [4].

Uvedené nepriaznivé vplyvy môžeme značne zmierniť ak dosiahneme, aby sa v zmrazovanej potravine vytvoril ľad v čo najjemnejšej formácii. Veľkosť vzniknutých ľadových kryštálov závisí od rýchlosti zmrazovania. Pri rýchlom zmrazovaní sa vytvára pomerne značné množstvo kryštalizačných jadier, čo vedie k tomu, že sa vytvoria pomerne veľmi malé kryštáliky ľadu. Naopak, keď je výkon zmrazovacieho zariadenia nízky a zmrazovanie je pomalé, vzniká pomerne málo kryštalizačných centier. Na týchto centrách pribúda ľad, dôsledkom čoho je, že okolo kryštalizačných jadier v mimobunkových priestoroch tkanív narastá veľká, deštruktívne pôsobiaca ľadová hmota.

Keď sa potravina zmrazuje extrémne energicky, t. j. keď je zmrazovacia rýchlosť veľká, napr. pri zmrazovaní ponáraním alebo postrekom kvapalným dusíkom, môžu sa tenkovrstvové časti potravy ochladzovať a podchladíť tak rýchlo, že dosiahnu teplotu, keď má tkanivová kvapalina viskozitu, pri ktorej je rýchlosť tvorby kryštalizačných jadier a narastanie kryštálov blízke nule skôr, ako mohla vôbec nastať kryštalizácia. Za týchto okolností potravina tiež stuhne, ale „ľad“, ktorý sa v nej vytvoril, nie je kryštalický, ale amorfný. Ide tu vlastne o enormné zvýšenie viskozity vody v kvapalnom skupenstve, čiže o obdobu tuhnutia skloviny — tento proces sa nazýva vitifikácia [4].

Pri rýchlom zmrazovaní kvapalným dusíkom sa dosiahne podstatné skrátenie času zmrazovania, pričom sa vytvorí jemná kryštalická štruktúra ľadu, ktorá iba málo poškodzuje bunkové pletivá. V dôsledku toho takto zmrazené potraviny uvoľňujú po rozmrazení malé množstvo šťavy, pričom sa dosiahne lepšia úchova chuti, arómy a vzhľadu.

Rýchlosť zmrazovania závisí od množstva chladu a tepelnej vodivosti produktu, ako aj od teploty chladiaceho média a prestupu tepla. V priemysle sa spravidla v doskových zmrazovačoch a zmrazovacích tuneloch dosahuje rýchle zmrazenie (nominálne rýchlosti zmrazovania sú v rozsahu 1 až 5 cm/h)

a pri postreku kvapalným dusíkom, resp. pri fluidizačnom zmrazovaní veľmi rýchle zmrazenie (nominálne rýchlosti zmrazovania nad 5 cm/h) [5].

Pre výslednú kvalitu mrazenej potraviny je veľmi dôležité určiť aj správne skladovacie podmienky mrazených potravín, t. j. teplotu a dĺžku doby skladovania. Pri optimálnych teplotách 248 až 238 K by sa nemali skladovať potraviny, v ktorých sa v priebehu pomalého zmrazovania vytvorili objemné ľadové útvary za súčasného odvodnenia koloidných micel. Pri pomalom zamŕzaní potraviny na tieto teploty (v sklade) micely sa zbavia ochranného filmu pravej hydratačnej vody a v priebehu skladovania potravín z väčšej časti vykoagulujú.

Naopak, lepšia kvalita niektorých potravín, dosiahnutá veľmi rýchlym zmrazením, zostane trvalá iba pri skladovaní pri optimálnych teplotách 249 až 243 K, kým pri dlhšom uskladnení pri skladovacích teplotách 255 až 253 K sa vyrovná kvalitou bežne zmrazovanému tovaru [6].

Pri skladovaní potravín mrazených veľmi rýchle, napr. postrekom kvapalným dusíkom, pri teplotách vyšších ako je teplota zmrazenej potraviny, dochádza k ich poškodeniu. Je to zapríčinené tým, že pri takomto skladovaní stúpne teplota potraviny, pričom sa „odtopí“ primerané množstvo vody, a pretože jej nová premena na ľad sa uskutoční v mraziarenskom sklade vždy omnoho pomalšie ako v zmrazovacom zariadení, dochádza k narastaniu väčších kryštálov ľadu so všetkými nepriaznivými dôsledkami. Zvlášť škodlivé sú akékoľvek výkyvy teplôt pri potravinách skladovaných pri veľmi nízkych teplotách [6].

### Experimentálna časť

Cieľom práce bolo v rámci riešenia štátnej úlohy TR P 11-529-264-05/05 „Výskum nových metód zmrazovania a chladenia potravinárskych produktov využitím skvapalnených plynov v silových poliach“ odskúšať vplyv zmrazovania dusíkom v silových poliach na senzorické ukazovatele mrazených potravín. Okrem toho sme porovnávali vplyv dvoch spôsobov zmrazovania, a to zmrazovania konvenčného a zmrazovania v silových poliach, na výslednú kvalitu mrazených potravín a na ich skladovaciu stabilitu.

### Materiál a metódy

Materiálom pre experimenty bolo bravčové mäso zo stehna, plátkované na jednotlivé rezne, hmotnosti asi 150 g. Toto mäso sa zmrazovalo jednak konvenčne, t. j. po zabalení jednotlivých rezňov do hliníkovej fólie sa tieto uložili pri teplote 233 K a zmrazili. Druhú časť plátkového mäsa sme uložili na otvorené hliníkové podložné misky a zmrazovali v kryogénnom zmrazovači, v ktorom sa použil sprechový systém zmrazovania kvapalným dusíkom.

### Opis zmrazovacieho zariadenia

Kryogénny zmrazovač potravín, použitý v našich pokusoch, je prototypovým zariadením vyrobeným vo vývojových dielňach v Hrušovanech nad

Jevišovkou, podľa návrhu zodpovedného riešiteľa štátnej úlohy TR P 11-529-264-05/05 Ing. F. Jägra, ČSc.

Tento zmrazovač je vlastne zariadením na kontinuálne rýchlozmrazovanie nebalených potravín skvapalnenými plynmi o vysokom výkone na m<sup>2</sup> plochy a s veľkou rezervou chladiaceho výkonu. Zariadenie pozostáva z hranatého plášťa tunela, v ktorom prebieha nekonečný dopravný pás a je v ňom umiestnený rozstrekový systém kvapalného dusíka. Rozstrekový systém dýz je napájaný zo skladovacej alebo prepravnej nádoby na kvapalné plyny. Zmrazuje sa kontinuálne. Tepelná izolácia plášťa tunela je polyuretanová, hrubá 100 mm. Zmrazovaná potravina prechádza z okolitej teploty do pásma predchladenia, zmrazovania a vyrovnania teplôt. Rozstriečaný tekutý plyn sa po dopade na zmrazovaný výrobok prudkým varom splýn a ventilátory ho potrubím odsávajú. Na vytvorenie vysokonapäťového poľa sa použil zdroj Tesla BS 222 A, kde zapažovací prúd nepresahuje 2 mA a pre maximálne napätie 50 kV [7].

Na tomto zmrazovacom zariadení sme zmrazovali plátkované bravčové mäso voľne uložené na otvorených hliníkových miskách. Čas zmrazovania, t. j. prechodu vzoriek zmrazovacím tunelom, bol 6 minút. Po zmrazení sme misky ručne zaviečkovali hliníkovou fóliou.

Vzorky bravčového mäsa sme po zmrazení (konvenčnom aj dusíkom v silových poliach) uskladnili pri skladovacích teplotách 243, 255, a 262 K.

Vzorky senzoricky hodnotila po zmrazení a po šiestich mesiacoch skladovania päťčlenná komisia hodnotiteľov. Na senzorické hodnotenie sa použil tzv. modifikovaný 9-bodový karlsruheský test [8].

### Opis metódy senzorického hodnotenia

Táto metóda vypracovaná vo výskumnom ústave v Kulmbachu v NSR, používa sa pri kontrole akosti mäsových výrobkov. Na hodnotenie jednotlivých vlastností výrobkov sa používa 9 známkov v tomto poradí:

9 — výborný, 8 — veľmi dobrý, 7 — dobrý, 6 — dostačujúci, 5 — stredná hodnota, 4 — malé závady, 3 — nedostatočný, 2 — zlý, 1 — veľmi zlý.

Každý výrobok má špecifické vlastnosti, ktoré sú pre neho charakteristické a pre zákazníka žiadateľné. Tieto vlastnosti sa môžu zvýrazniť tým, že ich známky sa započítajú dvakrát do celkového hodnotenia, t. zn., že každá vlastnosť má určité číslo, ktorým sa vynásobí hodnota známky, ktorú vlastnosť dostala. Čísla vynásobené známkami sa spočítajú a vydedia číslom 9 [8].

Pri senzorickom hodnotení sme hodnotili tieto vlastnosti výrobkov: povrchový vzhľad, konzistenciu, farbu, vôňu a chuť. Za charakteristické vlastnosti sme pokladali: konzistenciu, farbu, vôňu a chuť, a preto sme ich známky počítali dvakrát.

### Výsledky a diskusia

Tabuľka 1 zhŕňa výsledky senzorického hodnotenia bravčového mäsa zo stehna, plátkovaného, zmrazovaného konvenčne, ako aj pomocou kvapalného dusíka v silových poliach. Vzorky mrazeného mäsa sa senzoricky hodnotili

po zmrazení a po 6 mesiacoch skladovania pri teplotách 243, 255 a 262 K. Pred degustáciou sme balíčky z hliníkovej fólie, obsahujúce mrazené mäso otvorili a mäso sme nechali rozmraziť pri teplote miestnosti. Po rozmrazení sme mäso varili 30 minút v tlakovom hrnci v čistej, nesolenej pitnej vode. Po 30 minútach varu sme mäso vybrali a podávali na degustáciu.

Bravčové mäso, zmrazované dvoma rozdielnymi spôsobmi, líšilo sa už v zmrazenom stave vzhľadom. Po zmrazení bol povrch mäsa zmrazeného dusíkom omnoho bledší a suchší ako povrch mäsa zmrazovaného konvenčne. Po 6 mesiacoch skladovania pri teplotách 243, ale najmä pri 255 a 262 K bol povrch mäsa zmrazovaného dusíkom tiež omnoho bledší ako povrch mäsa zmrazovaného konvenčne. Mäso zmrazované konvenčne bolo po 6-mesačnom skladovaní pri teplotách 255 a 262 K pokryté súvislou vrstvou ľadovej glazúry z vymrzenej vody. Pri mäse, zmrazovanom dusíkom v silových poliach, sme túto vrstvu ľadu pozorovali po 6-mesačnom skladovaní iba na spodnej strane plátku, povrch vrchnej strany bol suchý.

Ako vyplýva z poznatkov uvedených v tabuľke 1, tesne po zmrazení sa hodnotilo ako lepšie bravčové mäso zmrazované dusíkom v silových poliach. Po 6 mesiacoch skladovania pri teplotách 243 a 255 K bolo však jednoznačne lepšie hodnotené mäso zmrazované konvenčne ako mäso zmrazované dusíkom. Pri skladovacej teplote 262 K už nebol rozdiel v hodnotení mias, zmrazovaných dvoma spôsobmi, taký výrazný.

Tabuľka 1. Výsledky senzorického hodnotenia

Dĺžka času skladovania (mes.)	Skladovacia teplota (K)	Bravčové mäso zo stehna, plátkované	
		zmrazované konvenčne	zmrazované dusíkom v silových poliach
0	—	8,111	8,333
		8,111	8,222
		8,222	8,444
		8,777	8,111
		8,111	8,222
6	243 K	6,777	6,555
		5,000	7,888
		5,333	4,222
		7,666	7,222
		7,555	5,666
	255 K	6,333	4,777
		7,111	6,555
		6,555	5,000
		6,777	5,777
		6,333	4,222
	262 K	4,555	5,222
		5,222	4,777
		5,666	4,555
		4,777	6,777
		5,222	4,444

Ako je zrejmé z tabuľky 1, aj číselná hodnota známkov senzorickeho hodnotenia bola po 6-mesačnom skladovaní nižšia ako po zmrazení mäsa. Kým po zmrazení mäsa všetci hodnotitelia hodnotili známkou väčšou ako 8 (t. j. veľmi dobrý), po 6-mesačnom skladovaní pri 243 K mäso hodnotili výslednými známkami v hodnote 5 až 7,8, po 6-mesačnom skladovaní pri 255 K sú známky v rozmedzí 5 až 7,1 a po 6-mesačnom skladovaní pri teplote 262 K v rozmedzí 4,4 až 6,7.

Z výsledkov uvedeného senzorickeho hodnotenia bravčového mäsa, zmrazovaného dvoma spôsobmi, vyplýva, že rýchle zmrazenie mäsa na nízku teplotu má síce pozitívny vplyv na bezprostredne hodnotenú kvalitu tohto mäsa, ale naopak, počas mraziarenského skladovania pri v súčasnosti bežne používaných skladovacích teplotách (255 až 243 K) dochádzalo k zhoršeniu kvality mäsa zmrazovaného dusíkom oproti kvalite mäsa zmrazovaného konvenčne.

Mäso zmrazované dusíkom malo po 6-mesačnom skladovaní horšiu chuť, konzistenciu a vôňu ako mäso zmrazované konvenčne. Príčinou je zrejme to, že pri zmrazovaní postrekom kvapalným dusíkom sa plátkované mäso zmrazilo na teplotu podstatne nižšiu, ako je teplota skladovania. Pri skladovaní sa teda časť vody odtopí a tá potom mrzne pomaly za vytvárania veľkých ľadových kryštálov, ktoré spôsobujú deštrukciu tkaniva so všetkými nepriaznivými dôsledkami.

Keďže z ekonomických dôvodov nemožno skladovať mrazené potraviny pri extrémne nízkych skladovacích teplotách, ktoré nie sú ani vždy vhodné na uchovanie kvality potravín, treba posúdiť význam zmrazovania potravín pri extrémne nízkych teplotách, keď sa tieto následne skladujú pri teplotách podstatne vyšších.

## Súhrn

V článku autorka píše o vplyve zmrazovania na výskyt zmien kryoanabiotiky konzervovaných potravín. V experimentálnej časti uvádza porovnanie vplyvu dvoch konkrétnych typov zmrazovania, a to zmrazovania konvenčného a zmrazovania dusíkom v silových poliach, na výslednú kvalitu mrazeného bravčového mäsa plátkovaného a na jeho skladovaciu stabilitu.

## Literatúra

1. JASON, A. C. — JOWITT, R.: Physical properties of foodstuffs in relation to engineering design. In: Lebensmittel-Konservierung. Symposium in Bristol. Bristol, Dechema 1968, s. 93—115.
2. PARTMANN, W.: Biochemische und chemische Veränderung während des Gefrierens und der Gefrierlagerung. In: Lebensmittel-Konservierung. Symposium in Bristol. Bristol, Dechema 1968, s. 21—73.
3. KYZLINK, V.: Oxidační procesy v neúdržných potravinách a jejich příčiny. Prům. potravin, (příloha), 17, 1966, č. 7—9.
4. KYZLINK, V.: Nepříznivé účinky ledu při zmrazování potravin a možnosti jejich potlačení. Prům. potravin, 18, 1967, č. 5, s. 228—232.
5. KRKOŠKOVÁ, B.: Vplyv rýchlosti zmrazovania na akosť zmrazenej fazuľky. Prům. potravin, 28, 1977, č. 4, s. 197—200.
6. KYZLINK, V.: Základy konzervace potravin. Praha, SNTL 1977.
7. JÄGER, F.: Výskum nových metod zmrazovania a chladenia potravinárskych pro-

duktov využitím skvapalnených plynov v silových poliach. Záverečná správa štátnej úlohy TR P 11-529-264-05/05. Bratislava, Výskumný ústav potravinársky 1979.  
8. FIALA, J.: Diplomová práca. Bratislava, ČHTF SVŠT 1976.

Пругарова, А.

**Вклад к исследованию влияния замораживания на результирующее качество и складировочную стабильность пищевых продуктов**

Выводы

Анализировано влияние замораживания на появление изменений криоанабиотической консервированных пищевых продуктов. В экспериментальной части приведено сравнение влияния 2 конкретных типов замораживания конвенционного и замораживания азотом в силовых полях на результирующее качество мороженной свинины порционированной и на его складировочную стабильность.

Prugarová, A.

**An contribution to the study of freezing influence on resulting quality and storage stability of foods**

Summary

The article deals with freezing influence on the changes occurrence of cryoanabiotic preserved foods. In the experimental part it is stated the comparison of influence of two concrete freezing types: conventional freezing and nitrogen freezing in active zone on resulting quality of frozen pork sliced meat and on its storage stability.