

Zmeny chemickej štruktúry mrazeného masla

B. KRKOŠKOVÁ

Z hľadiska fyzikálnej štruktúry je maslo zložitý polydisperzný systém. Obsahuje viac ako 80% tuku, asi 1,5% netukových látok a približne 16% vody. Kontinuálnou fázou masla je kvapalný mliečny tuk, v ktorom sa nachádzajú kryštály triglyceridov; ďalej sú v ňom rozptýlené čiastočne deemulgované tukové guľôčky mliečnych bielkovín. Vodnú dispergovanú zložku tvoria jemne rozptýlené kvapôčky emaru a vody. Z hľadiska jemnej štruktúry masla je veľmi dôležitá kryštalová štruktúra tuhých podielov mliečneho tuku, kryštalické modifikácie triglyceridov, pomer olej — tuhý podiel a ďalšie vlastnosti tuku. Nakoľko mliečny tuk obsahuje výnimočne širokú škálu glyceridov mastných kyselín, jeho kryštalizačný systém je veľmi zložitý. Pri kryštalizácii sa uplatňuje polymorfizmus a tvorba zmesových kryštálov. Triglyceridy kryštalizujú v niekoľkých kryštalických modifikáciách, ktoré značnou mierou ovplyvňujú konzistenciu. Z hľadiska vplyvu rýchlosti chladenia je dôležité, že prudkým podchladením mliečneho tuku vznikajú nestabilné α a γ . Tieto kryštalové formy možno miernou teplotou previesť na stabilnejšiu β formu, kým stabilná forma β sa získa iba dlhodobou teplotou na relatívne vysoké teploty. (1, 2, 3).

Teória tuhnutia mliečneho tuku bola pôvodne založená na predpoklade, že triglyceridy pri chladení tvoria jednotný pevný roztok zmesových kryštálov rôzneho zloženia. Podľa tohto predpokladu prítomné triglyceridy s podobným zložením a podobnou molekulovou váhou by mali pri chladení dávať jednotný pevný roztok. Triglyceridy, ktorých dĺžka reťazca sa líši o viac než 6 uhlíkov, však nevytvárajú rovnorodý, pevný roztok. Počet skupín vytvorených glyceridov je určený metódou chladenia tuku. Rýchle chladenie podmieňuje vznik dvoch základných skupín. Pokles rýchlosti chladenia vedie k vzniku väčšieho počtu skupín glyceridov kryštalizujúcich separátne (4, 5). Rôzne rýchlosti chladenia rezultujú v širokej variácii tvrdosti tuku. Kryštalizácia mliečneho tuku je výrazne ovplyvnená prítomnosťou niektorých frakcií s vysokým bodom topenia a špecifickou glyceridovou štruktúrou. (6, 7). Povaha glyceridovej štruktúry môže ovplyvniť fyzikálne vlastnosti tuku. Nakoľko cis a trans izomery majú veľmi rozdielny bod topenia, prítomnosť týchto izomerov môže tiež ovplyvňovať fyzikálne vlastnosti tuku. Stúpajúci obsah trans-nenasýtených acylových skupín v mliečnom tuku spôsobuje zvýšenie bodu topenia a zvýšenie tvrdosti (8).

Z hľadiska chemického zloženia je mliečny tuk najzložitejší prirodzený lipi-

dový komplex. Triglyceridy sú podstatnou zložkou mliečného tuku. Obsahujú mnoho viac druhov mastných kyselín ako akýkoľvek iný prirodzený tuk. Hlavných mastných kyselín, ktoré sú nositeľmi vlastností mliečného tuku, nie je veľa. Sú to v podstate mastné kyseliny s párnym počtom uhlíkov od C_4 do C_{18} . Zvyšovaním citlivosti analytických metód a prehľbovaním poznatkov v oblasti chémie mastných kyselín sa získavajú bezpečné dôkazy o existencii ďalších mastných kyselín v mlieku v stopových množstvách. Medzi tieto kyseliny patria nielen kyseliny s nepárnym počtom uhlíkov a s rozvetvenými reťazcami, ale najmä izomerické kyseliny, vzhľadom na polohu a konfiguráciu dvojných väzieb. Väčšina triglyceridov obsahuje len jednu z molekúl najnižších mastných kyselín (C_4 a C_6). Ostatné prítomné mastné kyseliny sú vždy vysoko molekulárne. Kyselina C_4 a C_6 sa nachádza v polohách 1— a 3—. Mastné kyseliny C_{14} a C_{16} sú viazané predovšetkým v polohe 2—. Kyselina olejová je vo väčšej miere obsiahnutá v krajových polohách triglyceridov (1—, 3—), podobne i kyselina stearová. Kyselina palmitová je naopak viazaná hlavne v polohe 2— (9, 10). Pestrosťou mastných kyselín mliečného tuku možno vysvetliť prítomnosť triglyceridov veľmi rozdielneho zloženia i vlastností. Z mliečného tuku sa dajú izolovať kvapalné triglyceridy pri -20°C i tuhé triglyceridy pri teplotách okolo 50°C . Medzi týmito extrémnymi skupinami sa však nachádzajú triglyceridické typy s prechodnými fyzikálnymi vlastnosťami. V pestrej zmesi sa jednotlivé triglyceridy chovajú inak než v čistom stave. Známe depresie bodu topenia spôsobujú, že pri ohreve nad 35°C v mliečnom tuku prakticky nenachádzame tuhé podiely triglyceridov. Pri kryštalizácii mliečného tuku sa do kryštálovej mriežky ukladajú rôzne molekuly triglyceridov. Pri prudkom ochladení je rozdiel v zložení vykryštalizovaných triglyceridov podstatne väčší než pri dlhodobom, pozvoľnom chladení. Tekutá fáza získaná z rýchle a pomaly chladeného mliečného tuku má rozdielne zloženie v rýchle ochladenom tuku je vyšší obsah nenasýtených mastných kyselín a nižších mastných kyselín než v pomaly chladenom tuku. Toto dokazuje, že zmesové kryštály vytvorené počas rýchleho chladenia majú odlišné zloženie ako kryštály vytvorené pri pomalom chladení (11). Pre správnu konzistenciu masla je potrebné, aby sa vytvorili zmesové kryštály s maximálne rozdielnym zložením triglyceridov kryštálov. Charakteristiky tvrdosti mliečného tuku a štrukturálne a mechanické vlastnosti masla závisia vo veľkej miere od pomeru nasýtených a nenasýtených mastných kyselín (12).

Usporiadanie pokusov

Materiálom pre pokus bolo zimné maslo vyrobené zo sladkej smotany kontinuálnym spôsobom. Bezprostredne po výrobe bolo zabalené na balíčky po 250 g do hliníkovej, pergamenom kaširovanej fólie. Z tohto masla bola odobraná vzorka na chemické stanovenie, označená ako čerstvé maslo. Potom boli zabalené vzorky masla zmrazené voľne a kvapalným dusíkom. Voľné zmrazovanie prebiehalo v komore pri skladovacej teplote -18°C . Zmrazovanie kvapalným dusíkom sa robilo imerzným spôsobom, ponorením vzorky masla na dobu cca 6 minút do dusíkového kúpeľa s teplotou $-195,8^\circ\text{C}$. Pre stanovenie rýchlosti zmrazovania bola kontinuálne meraná teplota v jadre zmrazovaného produktu pomocou termistorového teplomera.

V priebehu zmrazovania, resp. po zmrazení sa odoberali vzorky masla na sledovanie obsahu mastných kyselín tak, že sa odrezala 1 cm povrchová vrstva (vzorka označená ako „povrch“) a zostatok bol analyzovaný ako „stred“ vzorky. Pre meranie penetrácie bolo ako „povrch“ použité celé maslo, ako „stred“ zostatok po obrezaní povrchovej vrstvy 1 cm.

Penetrácia bola meraná v závislosti od teploty v rozsahu teploty vzorky od 0 °C do 16 °C. Teplota vzoriek sa merala termistorovým dotykovým teplomerom za použitia rozsahu stupnice —20 až 60 °C. Súčasne bol sledovaný priebeh kriviek rozmrazovania, resp. temperácie. Na meranie hodnôt penetrácie bol použitý automatický penetrometer APY/2 (upevňovací hriadeľ kónusu o hmoty 33,5 g, penetračný kónus o hmoty 102,5 g, doba vzniku: 20 sekúnd) (13).

Po tomto nasledoval chemický rozbor vzoriek, t. j. izolácia mastných kyselín a ich stanovenie pomocou plynovej chromatografie (13).

V prípade voľne mrazeného masla sme odoberali vzorky v priebehu zmrazovania po 2 hodinách, po 4 hodinách a po úplnom zmrazení. Z masla zmrazeného dusíkom sa odoberali vzorky na stanovenie bezprostredne po zmrazení a ďalšie vzorky po 24-hodinovom skladovaní pri teplote —18 °C (u týchto vzoriek sme predpokladali vyrovnanie teplôt medzi povrchom a stredom).

Výsledky pokusov a diskusia

V tabuľkách 1, 2 uvádzame výsledky penetrometrických meraní konzistencie masla v priebehu voľného zmrazovania a zmrazovania kvapalným dusíkom na povrchu a v strede mrazených vzoriek.

Hodnoty penetrácie sa u všetkých druhov vzoriek so stúpajúcou teplotou zvyšujú, a to viac-menej pravidelne. Prudký vzostup penetrácie pri jednotlivých teplotách signalizuje náhlu zmenu v konzistencii sledovanej vzorky.

Namerané hodnoty penetrácie pre voľne mrazené maslo sa výrazne líšia od hodnôt penetrácie masla zmrazeného v kvapalnom dusíku pri veľkej zmrazovacej rýchlosti. Zjavnejšie rozdiely boli zistené u vzoriek z povrchu. V rozsahu teplôt od 0 °C do 9 °C sú hodnoty penetrácie pre maslo zmrazené v dusíku nižšie než u voľne mrazeného masla. Najväčšie rozdiely sú pri teplotách od 0 °C do 5 °C, potom sa rozdiel znižuje a konečne nad teplotou 9 °C sú hodnoty penetrácie pre vzorky zmrazené v kvapalnom dusíku vyššie. Zvýšenie hodnoty penetrácie je pri teplote 10 °C len nepatrné, v rozsahu teplôt 12 °C až 16 °C sa rozdiel zväčší a ustalať. Nižšie hodnoty penetrácie pre maslo zmrazené v kvapalnom dusíku sú spôsobené vysokou rýchlosťou chladenia, pri ktorej vzniká tvrdší produkt. Tento vplyv zaniká nad teplotou 9 °C — 10 °C, keď je väčšina pôvodne vytvorených drobných kryštálikov už roztopená a prejaví sa vplyv rôzneho zloženia triglyceridov u rôzne mrazených vzoriek masla.

Všimnime si teraz, akým spôsobom sa mení hodnota penetrácie v priebehu zmrazovania. V prípade voľne mrazeného masla boli u vzoriek z povrchu i zo stredu zistené v priebehu zmrazovania iba nepatrné zmeny hodnoty penetrácie. Väčší rozdiel — zvýšenia hodnoty penetrácie bol zistený len u vzorky z povrchu, a to pri teplote približne 6 °C. Podobne boli zistené len malé rozdiely v hodnotách penetrácie pre povrchovú a vnútornú vrstvu vzorky masla v prvých etapách zmrazovania. Na konci zmrazovacieho procesu boli zistené roz-

Tab. 1. Meranie konzistencie masla v priebehu voľného zmrazovania

Povrch vzorky	Po 2 hod. zmrazovania	teplota (°C) °P (0,1 mm)	3,2 83,8	4 89,4	6 93,2	8 104	10 127,5	12 130,7	14 140,3	16 149,7
	po 4 hod. zmrazovania	teplota (°C) °P (0,1 mm)	2 86,0	4 90,7	6 88,3	8 114,2	10 123,3	12 133,3	14 140,5	16 148,3
	po zmrazení	teplota (°C) °P (0,1 mm)	0 77,8	2 89,2	4 95,2	6 105,2	8 115,7	10 125,2	12 127,8	14 137,7
Stred vzorky	po 2 hod. zmrazovania	teplota (°C) °P (0,1 mm)		3 92,1	4 92,8	8 108	10 115,2	12 146,8	14 143,2	16 146,7
	po 4 hod. zmrazovania	teplota (°C) °P (0,1 mm)	2 76,0	4 94	6 100,7	8 111,3	10 121,8	12 128,5	14 152,8	16 150,7
	po zmrazení	teplota (°C) °P (0,1 mm)	0 80,3	2 87,8	4 93,7	6 93,7	8 116,2	10 126,3	12 141,0	14 150,7

Tab. 2. Meranie konzistencie masla v priebehu zmrazovania kvapalným dusíkom

Povrch vzorky	po zmrazení	teplota (°C) °P (0,1 mm)	0 62,8	2 63,5	4 71,7	6 90	8 103,2	10 129,4	12 139,5	14 152,7	16 161,0
	po 24 hod.	teplota (°C)	0	2	4	6	8	10	12	14	16

diely v tvrdosti povrchovej a vnútornej vrstvy vzoriek, a to pri teplote okolo 6 °C a v celom sledovanom rozsahu nad 10 °C.

U masla zmrazovaného v kvapalnom dusíku imerzným spôsobom sme sledovali hodnoty penetrácie bezprostredne po zmrazení a po 24 hodinovom skladovaní pri teplote -18 °C, teda po vyrovnaní teploty medzi povrchom a stredom vzorky. Bezprostredne po zmrazení sme zistili malé rozdiely v hodnotách penetrácie pre povrch a vnútro vzorky. V strede vzorky boli hodnoty penetrácie vyššie temer v celom sledovanom rozsahu teplôt. Nižšie hodnoty penetrácie pre povrch vzorky, a teda väčšiu tvrdosť pripisujeme podchladeniu povrchu vzhľadom na vnútro vzorky pri priamom styku s mraziacim médiom. Po 24-hodinovom skladovaní pri teplote -18 °C sa hodnoty penetrácie pre vzorky z povrchu zvýšili pri teplotách 0 °C až 8 °C a nepatrne znížili v rozsahu teplôt 10 °C až 16 °C. Hodnoty penetrácie pre stred vzorky sa zvýšili v rozsahu teplôt 5 °C až 10 °C. Veľmi zjavný je trend vyšších hodnôt penetrácie pre stred vzorky v celom sledovanom rozsahu teplôt nad 4 °C.

V tabuľkách 3 a 4 je uvedené percentuálne zastúpenie jednotlivých mastných kyselín získané vyhodnotením chromatogramov jednotlivých druhov mrazeného masla.

V tabuľkách 5 a 6 sú vypočítané hodnoty nižších nasýtených mastných kyselín, vyšších nasýtených mastných kyselín a vyšších nenасыtených mast-

Tab. 3. Percentuálne zastúpenie mastných kyselín v priebehu voľného zmrazovania

vzorka mastné kyseliny s počtom uhlíkov	Obsah mastných kyselín v % (váhových)						
	čerstvé maslo celé	po 2 hodinách		po 4 hodinách		po zmrazení	
		P	S	P	S	P	S
C ₄	6,45	15,89	5,98	16,76	6,10	8,17	5,18
C ₆	4,15	9,83	4,16	6,89	3,77	4,84	5,0
X ₁	0,40	—	—	—	—	—	—
C ₈	2,17	3,42	1,81	3,42	2,19	1,68	2,12
X ₂	0,40	0,16	0,05	—	0,08	0,12	0,05
C ₁₀	3,95	4,47	3,58	4,39	4,03	2,39	3,52
C _{10:1}	0,38	0,62	0,39	0,43	0,60	0,27	0,35
C ₁₂	5,51	3,90	4,17	4,58	5,24	4,84	3,99
Σ 1	0,52	1,07	0,54	—	0,65	1,31	0,59
C ₁₄	11,87	8,40	11,57	10,77	13,27	10,82	10,57
Σ 2	4,16	7,51	4,33	3,48	4,98	5,84	5,83
C ₁₆	27,53	17,25	28,92	23,78	17,66	27,0	25,83
Σ 3	4,56	10,86	5,49	3,37	5,90	7,13	7,11
C ₁₈	7,30	3,57	6,87	5,66	8,81	6,12	6,38
C _{18:1}	18,12	10,23	19,16	15,38	23,66	15,49	18,94
C _{18:2}	2,05	2,14	2,10	1,96	2,47	2,13	3,65
C _{18:3}	0,52	0,12	0,49	0,12	0,58	0,85	0,90

Legenda: Σ 1 : C_{12:1} + iC₁₃ + C₁₃ + iC₁₄; X₁, X₂: neidentifikované mastné kyseliny
 Σ 2 : C_{14:1} + iC₁₅ + C₁₅ + C_{15:1} + iC₁₆
 Σ 3 : C_{16:1} + iC₁₆ + C₁₇ + C_{17:1} + iC₁₈

Tab. 4. *Percentuálne zastúpenie mastných kyselín v priebehu zmrazovania kvapalným dusíkom*

<div> <div>vzorka</div> <div> <div> <div>mastné kyseliny s počtom uhlíkov</div> </div> </div> </div>	Obsah mastných kyselín v % (váhových)				
	čerstvé maslo celé	po zmrazení v kvapalnom dusíku		po 24-hodinovom skladovaní	
		P	S	P	S
C ₄	6,45	15,68	10,13	13,22	3,96
C ₆	4,15	5,99	5,56	6,43	3,06
X ₁	0,40	0,60	—	—	—
C ₈	2,17	3,17	2,52	2,84	1,71
X ₂	0,40	—	0,11	0,34	—
C ₁₀	3,95	4,57	3,77	4,34	3,37
C _{10:1}	0,38	0,49	0,53	0,44	0,33
C ₁₂	5,51	5,60	4,10	4,05	4,55
Σ 1	0,52	1,03	0,61	0,42	0,58
C ₁₄	11,87	9,39	10,89	9,92	11,58
Σ 2	4,16	3,96	4,27	4,41	4,71
C ₁₆	27,53	20,68	26,73	23,74	28,77
Σ 3	4,56	4,14	5,24	6,51	5,79
C ₁₈	7,30	4,68	6,32	5,68	7,66
C _{18:1}	18,12	13,03	17,31	15,31	20,61
C _{18:2}	2,05	1,84	2,23	2,01	2,59
C _{18:3}	0,52	0,13	0,69	0,32	0,71

ných kyselín, ktoré boli použité pre súhrnné zhodnotenie vplyvu rýchlosti zmrazovania na distribúciu týchto základných druhov mastných kyselín.

Podľa získaných výsledkov možno konštatovať, že spôsob zmrazovania sa výrazne prejavil na zastúpení mastných kyselín v povrchovej a vnútornej vrstve jednotlivých druhov mrazeného masla. Tento vplyv bol najviditeľnejší u kyseliny maslovej, kaprónovej, myristovej, palmitovej a olejovej. Kyselina maslová a kaprónová sú hlavnými predstaviteľkami nižších mastných kyselín. Vplyv zmrazovania sa u nich prejavil rovnakým spôsobom. Obsah týchto kyselín v priebehu zmrazovania v povrchovej vrstve klesá, naproti tomu obsah vyšších mastných kyselín nasýtených i nenasýtených stúpa. Tento trend je najvýraznejší v prvých fázach zmrazovania. Z porovnania obsahu jednotlivých druhov mastných kyselín vo vzorke po 4 hodinách zmrazovania s obsahom mastných kyselín vo vzorke po ukončení zmrazovania vyplýva, že rozdiel je len v obsahu nižších mastných kyselín.

Vo vnútri vzorky je obsah nižších nasýtených mastných kyselín prakticky konštantný, kým vyššie nasýtené mastné kyseliny po prechodnom znížení opäť stúpajú, pričom nedosiahnu počiatočnú hodnotu.

Lepší obraz o distribúcii mastných kyselín získame porovnaním ich obsahu v povrchovej a strednej vrstve vzorky. Obsah nižších mastných kyselín je podstatne vyšší na povrchu než v strede, kým v strede sa sústreďujú nenasýtené mastné kyseliny. Najväčší rozdiel v percentuálnom zastúpení nižších nenasýtených mastných kyselín medzi povrchom a stredom je po 2 hodinách zmrazovania a činí 15,6%. Tento rozdiel sa po 4 hodinách znížil na 12,8% a po zmrazení je to už iba 2,8%. Koncentrácia nenasýtených mastných kyselín

Tab. 5. Obsah nižších nasýtených, vyšších nasýtených a nenasýtených mastných kyselin vo vzorkách voľne mrazeného masla

vzorka maslné kyseliny	Obsah mastných kyselin v % (váhových)						
	čerstvé maslo celé	po 2 hodinách		po 4 hodinách		po zmrazení	
		P	S	P	S	P	S
Σ nasýtených tekutých mastných kyselin	10,80	25,72	10,14	22,65	9,87	13,01	10,18
Σ nasýtených tuhých mastných kyselin	41,46	28,80	41,23	37,25	32,79	37,39	37,96
Σ nenasýtených tekutých mastných kyselin	20,69	13,00	22,19	17,46	26,71	18,47	23,49

Legenda: Σ nasýtených tekutých mastných kyselin: C₄, C₆
 Σ nasýtených tuhých mastných kyselin: C₈, C₁₀, C₁₂, C₁₄, C₁₆, C₁₈
 Σ nenasýtených tekutých mastných kyselin: C_{18:1}, C_{18:2}, C_{18:3}

Tab. 6. Obsah nižších nasýtených, vyšších nasýtených a nenasýtených mastných kyselin vo vzorkách zmrazených kvapalným dusíkom

vzorka maslné kyseliny	Obsah mastných kyselin v % (váhových)				
	čerstvé maslo celé	po zmrazení		po 24 hod. skladování	
		P	S	P	S
Σ nasýtených kvapalných mastných kys.	10,60	24,67	15,69	19,65	7,02
Σ nasýtených tuhých mastných kys.	41,46	33,73	38,44	36,60	41,61
Σ nenasýtených kvapalných mastných kys.	20,69	15,00	20,23	17,64	23,91

lín v strede vzorky je po 2 hodinách zmrazovania o 9,2% vyššia ako na povrchu. Tento rozdiel sa v priebehu zmrazovania znižuje až na 5%. Zistený obsah jednotlivých druhov mastných kyselín v povrchovej a vnútornej vrstve voľne mrazeného masla sa zhoduje zistenou tvrdosťou vzoriek na povrchu a v strede pri meraní penetrácie.

V porovnaní so zastúpením mastných kyselín v čerstvej vzorke sa mrazenie v kvapalnom dusíku prejavilo zvýšeným obsahom nasýtených mastných kyselín a zníženým obsahom vyšších nasýtených a nenasýtených mastných kyselín. Tento trend je rovnaký v povrchovej i strednej vrstve, výraznejšie sa však prejavuje na povrchu. Po 24-hodinovom skladovaní pri teplote -18°C sa opäť rovnako v oboch častiach vzorky len čiastočne znížil obsah nižších mastných kyselín a zvýšil obsah vyšších nenasýtených a nasýtených mastných kyselín. Tento trend je výraznejší v strede vzorky, na rozdiel od voľne mrazeného masla, kde zmeny boli výraznejšie na povrchu vzorky.

Na základe získaných výsledkov možno na záver povedať, že so zvyšujúcou sa rýchlosťou zmrazovania sa obsah nižších nasýtených mastných kyselín na povrchu vzorky mrazeného masla zvyšuje, kým obsah vyšších nasýtených a nenasýtených mastných kyselín sa znižuje. Zistený obsah nenasýtených mastných kyselín, vyšších a nižších nasýtených mastných kyselín v jednotlivých druhoch vzoriek sa zhoduje so zistenými fyzikálnymi vlastnosťami, vyjadrenými hodnotami penetrácie.

Súhrn

Penetračnou metódou boli sledované fyzikálne zmeny mrazeného masla dvoma rôznymi metódami. Hodnoty penetrácie pre voľne mrazené maslo sa výrazne líšia od hodnôt pre maslo zmrazené v kvapalnom dusíku. Sledované boli aj zmeny hodnoty penetrácie v priebehu skladovania.

Štúdium vplyvu rýchlosti zmrazovania na distribúciu mastných kyselín na povrchu a v strede rôzne mrazených vzoriek masla ukázalo výrazný vplyv použitého spôsobu mrazenia na zastúpenie mastných kyselín.

Literatúra

1. Forman, L., *Průmysl, potravin*, 25, 1974, č. 4, s. 99
2. de Man, J. M., *Dairy Sci. Abstr.*, 25, 1963, č. 6, s. 219
3. Guljajev, S. S. — Tverdochleb, G. V., *Piščevaja Prom.*, 1968, č. 7, s. 60
4. Belousov, A. — Vergelesov, V., *Mol. Prom.*, 24, 1963, č. 2, s. 5
5. de Man, J. M., *Dairy Sci. Abstr.*, 25, 1963, č. 6, s. 219
6. Guljajev, S. S. — Tverdochleb, G. V., *Piščevaja Prom.*, 1968, č. 7, s. 60
7. Belousov, A. — Vergelesov, V., *Mol. Prom.*, 24, 1963, č. 2, s. 5
8. Sherbon, J. V. — Coulter, S. T., *J. Dairy Sci.*, 49, 1966, č. 9, s. 1126
9. de Man, J. M., *J. Dairy Res.*, 28, 1961, s. 117
10. Samhammer, E., *Kieler Milchwirtsch. Forsch. Berichte*, 15, 1963, č. 4, s. 309
11. de Man, J. M., *J. Dairy Res.*, 28, 1961, č. 8, s. 1

9. Freeman, C. P. — Jack, E. L. — Smith, L. M., *J. Dairy Sci.*, #8, 1965, č. 7, s. 853
10. Pitas, R. E. — Sampugna, J. — Jensen, R. G., *J. Dairy Sci.*, 50, 1967, č. 8, s. 1332
11. Vasič, J., -de Man, J. M., XVII. Int. Dairy Congr., München, 1966, s. 149
12. Kacherauksis, D. — Kuprene, L., *Trudy Lit. Filial. VNI maslovel. syrodel. Prom.*, 5, 1970, s. 227
13. Krkošková, B., *Určenie optimálnych parametrov pre skladovanie vybratých mliečnych výrobkov (dielčia správa)* Bratislava, VÚP 1974

Изменения химической структуры мороженого сливочного масла

Выводы

В зависимости от метода замораживания исследовались физические изменения мороженого сливочного масла пенетрационным методом. Значения пенетрации для свободно мороженого сливочного масла отчетливо отличаются от значений для сливочного масла, замороженного в жидком азоте. Наблюдалось также за изменениями значения пенетрации во время хранения.

Исследование влияния скорости замораживания на размещение жирных кислот на поверхности и в середине замороженных образцов сливочного масла показало выражительное влияние применяемого способа замораживания на размещение жирных кислот.

The structure changes in the frozen butter

Summary

Physical changes in frozen butter were followed by means of the penetration method. Penetration values for free frozen butter are significantly different from the values for butter frozen in liquid nitrogen. The changes of the penetration values during storage were followed, too.

Study of the freezing rate effect on the distribution of the fat acids on the surface and in the middle of the samples frozen in different ways has shown the significant effect of the freezing way on fat acids representation.