

Vplyv zmrazovania a mraziarenského skladovania na niektoré vlastnosti smotany

B. KRKOŠKOVÁ

Produkcia mlieka, a teda i mliečneho tuku v priebehu roku značne kolíše. Výkyvy produkcie sú v jednotlivých oblastiach a v priebehu rôznych rokov veľmi odlišné a v poslednom období významne zmenšené v dôsledku zavedenia nových spôsobov chovu dobytka. Napriek tomu v letných mesiacoch (máj—júl) je produkcia masla vyššia než jeho spotreba a vzniká problém uchovať tento prebytok do obdobia nedostatku v zimných mesiacoch. Úchova kvality masla v priebehu mraziarenského skladovania kladie zvýšené nároky na celú technológiu výroby i skladovania. Vedeckí pracovníci i technológovia v odbore mliekárenstva intenzívne skúmajú faktory, ktoré je nutné dodržať, aby sa predišlo stratám kvality.

Problém skladovania nadbytočnej produkcie mliečneho tuku je v podstate možné riešiť dvoma spôsobmi:

1. mraziarenským skladovaním masla

a) v 25 kg blokoch — po vyskladnení je nutné blok preformovať, resp. prepracovať a prebaliť na spotrebiteľské balenie

b) v spotrebiteľskom balení po 250 gramov — po vyskladnení sa priamo dáva na trh.

2. mraziarenským skladovaním smotany s vysokým obsahom tuku (40 — 50 %) — po vyskladnení nasleduje spracovanie na maslo

a) priamo

b) po zmiešaní s čerstvou zimnou smotanou.

Skladovanie mliečneho tuku vo forme smotany má v porovnaní so skladovaním masla niektoré výhody. Predovšetkým je to lepšia úchova kvality tuku — tuk vo forme smotany je lepšie chránený a odolnejší voči oxidatívnym zmenám. [1]. Zmiešaním skladovanej letnej smotany s čerstvou zimnou, možno vyrobiť výberové maslo s lepšou konzistenciou a so zvýšeným obsahom vitamínov A a D, než má zimné maslo. Už 10—15 %-ný prídavok tuku z letnej smotany zníži tvrdosť zimného masla. Pri 10 %-nom prídavku letnej smotany nastane zvýšenie obsahu vit. A z 13 000 m. j. na 17 700 m. j. (o 36 %) a vit. D z 80—100 m. j. na 250 m. j. [2].

Godbersen a i. [3] podávajú rozsiahly referát o výsledkoch dlhodobých pokusov, v rámci ktorých sa študoval problém zmrazovania a skladovania smotany. V priebehu 5 rokov od r. 1957 do r. 1961 spracovalo sa 1100 ton zmrazenej smotany, prevažne 10—30 %-ným prídavkom mrazenej smotany k čerstvej. Vo všetkých prípadoch vyrobilo sa maslo výbornej kvality. Maslo dobrej kvality sa získalo tiež pridaním smotany, ktorá bola skladovaná mimoriadne dlho [až 2 roky]. Z ekonomickej stránky kladie tento spôsob zvýšené nároky na skladovacie priestory a transport a má tiež nevýhodu v nutnosti opätovného spracovania smotany, no toto je plne vyvážené lepšou úchovou kvality tuku a možnosťami zlepšenia štruktúry a nutričnej hodnoty zimného masla.

Problém zmrazovania smotany nevyhnutne súvisí s problémom porušenia štruktúry, čo niekedy voláme tiež destabilizáciou. Podstatou tohto javu je porušenie lipoproteínových membrán tukových guľôčok, čo umožní, aby sa uvoľnený tuk spájal do väčších zhlukov, a to sa navonok prejaví ako hrudkovitá konzistencia smotany. Na vysvetlenie mechanizmu a príčin tohto javu existuje niekoľko teórií, o ktorých na tomto mieste nebudeme diskutovať. Spomenieme iba niektoré podstatné faktory. Zložky membrán tukových guľôčok sú svojou povahou koloidy a ich súčasný výskyt spolu s ľadom vedie k efektu vysychania. V takomto prípade difunduje napučiavacia voda membránových koloidov smerom k ľadu, ktorý má menší tlak pár. Proces znižovania stupňa napučievania, ktorý je pri membránových koloidoch ireverzibilný, vedie k tomu, že tieto koloidy už nemôžu spĺňať ich ochrannú funkciu a emulzný systém sa rozruší. Ďalšie výskumy v tomto smere obrátili pozornosť na ďalšie dôležité faktory, ktoré podstatne ovplyvňujú proces destabilizácie tukovej emulzie smotany. Študoval sa najmä vplyv obsahu tuku v smotane, ako aj teploty chladiaceho média [4].

V našich pokusoch sme študovali problém zmrazovania a mraziarskeho skladovania smotany z hľadiska vplyvu rýchlosti zmrazovania a skladovacej teploty, najmä na deštrukciu štruktúry a na oxidatívne zmeny mliečneho tuku.

Usporiadanie pokusov:

Materiálom pre naše pokusy bola smotana zo Západoslvenských mliekární, n. p., s obsahom tuku 42—45 % (presné údaje v jednotlivých tabuľkách), čerstvá, po bežnej technologickej úprave pred stĺkaním. Na dlhodobé skladovanie sme vždy volili sladkú smotanu, ktorá sa používa pri výrobe masla v kontinuálnych zmaselňovačoch. Pre sledovanie porušenia štruktúry sme okrem takejto smotany zoberali na pokus aj kyslú smotanu, ktorá sa stíka na maslo v maselnici.

Pred zmrazením sme smotanu nadávkovali po 250 gramov do hliníkových misiek. Na konvenčné zmrazenie sme misky uzavreté víčkami umiestnili priamo do skladovacích priestorov s teplotou -18 a -30°C . Podobne sme misky so smotanou zmrazili tiež v doskovom zmrazovači a v prototypovom zariadení použitím postreku kvapalným dusíkom. Počas zmrazovania sme robili záznam poklesu teploty vzorky, z ktorého sme zostrojili krivky zmrazovania a vypočítali zmrazovacie rýchlosti.

Bezprostredne po zmrazení sme vzorky smotany umiestnili do skladovacích priestorov pri teplotách -18 a -30°C . Na sledovanie porušenia štruktúry sme odobrali vzorky hneď po zmrazení. Vzorky na sledovanie oxidácie tuku sme odobrali v pravidelných intervaloch počas skladovania.

Na stanovenie rozsahu deštrukcie sme použili metodiku vypracovanú Schulzom [5]. Pre komplexnejší pohľad sme stanovovali aj množstvo oleja vylúčeného na povrchu vzorky. Na toto stanovenie sme vzorku po rozmrazení zahriali na 50°C , v kalibrovaney kyvete centrifugovali pri 2000 otáčkach 5 minút a odčítali sme množstva vylúčeného oleja [6].

Peroxidové číslo sa stanovilo podľa Wheelera a výsledky uvádzame v mmol O_2/kg . Benzidínové číslo sme stanovovali v zmesi chloroformu a kyseliny octovej s odčítaním extinkcie pri 430 nm. Výsledky uvádzame po prepočte na extinkciu 1 % roztoku v 1 cm kyvete. [7]. Tiobarbiturové číslo sme stanovovali v prostredí chloroformu zmeraním extinkcie pri 450 nm a 530 nm. Výsledky sú uvedené po prepočte na extinkciu 1 g v 1 cm kyvete [7].

Výsledky a diskusia:

V tabuľkách 1 a 2 sú výsledky sledovania oxidatívnych zmien tuku vo vzorkách zmrazených konvenčne, v doskovom zmrazovači a dusíkom počas 6-mesačného skladovania pri teplotách -18 a -30°C . Extraktý tuku na stanovenie peroxidov a karbonylov sme získali teplou cestou.

V tabuľkách 3, 4 a 5 sú výsledky paralelného pokusu s tým rozdielom, že skladovanie sa predĺžilo na 11 mesiacov a extraktý pre sledovanie oxidatívnych zmien tukov sme získali studenou cestou [7].

V tabuľke 6 sú zhrnuté výsledky sledovania deštrukcie štruktúry sladkej a kyslej smotany pri rôznych rýchlostiach zmrazovania. Na grafe 1 sú krivky zmrazovania smotany v doskovom zmrazovači a konvenčného zmrazovania pri -18 a -30°C . Na grafe 2 je závislosť medzi úchovou štruktúry a rýchlosťou zmrazovania.

Pri sledovaní ukazovateľov oxidatívnych zmien tuku sa pri prvom pokuse zistilo, že pri všetkých vzorkách sme po nízkych hodnotách v prvom mesiaci stanovili relatívne rýchle stúpajúce hodnoty v 2., 3., no najmä v 6. mesiaci skladovania pri teplote -18°C . Vzorky skladované pri -30°C mali vo všetkých prípadoch preukazne lepšiu kvalitu. Pri porovnaní rôznych spôsobov zmrazovania najhoršie ukazatele sa získali pri konvenčnom zmrazovaní. Prekvapujúce bolo zistenie, že vzorky zmrazované dusíkom mali napriek vysokému bodovému hodnoteniu v porovnaní so vzorkami z doskového zmrazovača vyšší obsah peroxidov a karbonylov. V paralelnom pokuse sme preto volili studenú cestu extrakcie, aby sme vylúčili možnosť oxidácie čiastočne izolovaného tuku počas teplej extrakcie. Na základe poznatkov z práce so zmrazovaním pomocou dusíka by totiž táto oxidácia pravdepodobne prebiehala rýchlejšie pri vzorkách zmrazených v dusíku.

V paralelnom pokuse pri použití studenej extrakcie sú stanovené množstvá peroxidov a karbonylov v priebehu celého pokusu radove 10-krát menšie. Ukázala sa správnosť predpokladu, že počas teplej

Tab. 1.

Spôsob zmrazovania	Teplota skladovania t(°C)	Čas skladovania	Bodové hodno- tenie	Stupeň kyslosti (°SH)	Sušina %	Tuk %	Oxidácia tuku			
							Perox. č mmol O ₂ /kg	Benz. č. E _{1cm} ¹ %	T B č.	
									450 nm	530 nm
čerstvá			95,9	4,32	50,22	47,20	0	0	0	0
Konvenčne	-18 °C	1 mes.	71,8	3,54	49,70	46,00	0	0,41	5,75	1,40
		2 mes.	61,2	4,08	49,86	46,63	17,87	0,335	2,75	0,47
		3 mes.	—	4,00	50,90	46,69	10,93	0,203	6,75	1,25
		6 mes.	59,9	3,28	50,71	45,83	72,5	0,76	24,70	10,20
Doskový zmrazovač	-18 °C	1 mes.	82,0	4,14	50,90	44,97	0	0,37	5,25	1,1
		2 mes.	80,0	4,0	50,0	46,60	20,30	0,275	2,61	0,718
		3 mes.	75,60	3,92	50,70	44,94	30,28	0,38	7,75	1,25
		6 mes.	71,7	4,0	50,47	42,93	55,0	0,65	21,6	11,0
	-80 °C	1 mes.	88,8	4,38	48,33	44,69	0	0,058	6,75	2,4
		2 mes.	81,4	4,06	48,29	45,16	3,86	0,103	1,35	0,25
		3 mes.	72,7	4,0	49,70	44,92	8,5	0,084	5,50	0,87
		6 mes.	80,70	4,08	49,11	43,53	12,5	0,227	10,40	3,50

Tab. 2.

Spôsob zmrazovania	Teplota skladovania	Čas skladovania	Bodové hodno- tenie	Stupeň kyslosti (°SH)	Sušina %	Tuk %	Oxidácia tuku			
							Perox. č. mmol O ₂ /kg	Benz. č. E _{1cm} ¹ %	T B č.	
									450 nm	530 nm
čerstvá			95,90	4,32	50,22	47,20	0	0	0	0
Dusíkom	-18 °C	1 mes.	87,90	4,20	49,15	46,43	0	0,37	3,25	0
		2 mes.	84,70	4,10	49,78	46,0	17,10	0,143	4,51	0,23
		3 mes.	81,30	4,00	49,15	45,84	17,68	0,475	5,0	0,87
		6 mes.	81,30	4,00	50,98	45,71	82,5	0,76	27,2	10,80
	-30 °	1 mes.	93,50	4,38	49,11	44,27	0	0,35	6,60	0,5
		2 mes.	91,50	4,08	49,55	45,72	8,8	0,275	2,73	0,41
		3 mes.	90,90	3,96	50,25	46,54	8,43	0,47	5,75	0,87
		6 mes.	85,60	4,02	49,51	44,38	46,3	0,535	21,6	3,5

Tab. 3.

Spôsob zmrazovania	Teplota skladovania	Čas skladovania	Bodové hodno- tenie	Stupeň kyslosti (°SH)	Sušina %	Tuk %	Oxidácia tuku			
							Perox. č. mmol O ₂ /kg	Benz. č. E _{1cm} ¹ %	T B č.	
									450 nm	530 nm
čerstvá			98,80	4,32	48,95	42,24	0	0	0	0
Konvenčne	-18 °C	3 mes.	61,20	4,4	49,27	40,34	1,89	0,070	0,73	0,05
		5 mes.	61,0	4,1	47,60	45,53	1,14	0,109	0,64	0,03
		7 mes.	55,4	4,0	48,57	43,86	2,28	0,125	0,61	0,037
		9 mes.	52,90	3,6	49,61	44,12	4,44	0,117	0,803	0,049
		11 mes.	53,2	3,2	48,38	43,26	8,64	0,125	1,25	0,058
	-30 °C	3 mes.	62,8	4,44	48,78	45,13	1,06	0,055	0,68	0,03
		5 mes.	63,3	4,06	46,82	44,83	1,84	0,094	0,73	0,03
		7 mes.	60,5	4,08	47,92	43,40	2,4	0,16	0,84	0,087
		9 mes.	53,7	3,64	48,36	43,80	3,51	0,157	0,82	0,088

Tab. 4.

Spôsob zmrazovania	Teplota skladovania	Čas skladovania	Bodové hodno- tenie	Stupeň kyslosti (°SH)	Sušina %	Tuk %	Oxidácia tuku			
							Perox. č. mmol O ₂ /kg	Benz. č. F _{1cm} 1 %	T B č.	
									450 nm	530 nm
čerstvá			98,8	4,32	48,95	42,24	0	0	0	0
Doskový zmrazovač	-18 °C	3 mes.	74,6	4,64	48,01	45,16	1,61	0,064	0,74	0,05
		5 mes.	61,6	4,06	47,19	44,09	1,78	0,073	0,81	0,06
		7 mes.	60,6	4,4	47,75	45,44	2,26	0,087	0,81	0,10
		9 mes.	63,9	3,8	49,23	—	3,88	0,10	0,83	0,064
		11 mes.	61,4	4,0	49,8	45,07	3,37	0,125	0,075	0,087
	-30 °C	3 mes.	75,0	4,4	48,71	42,94	1,63	0,059	0,65	0,02
		5 mes.	75,3	4,08	46,45	44,90	2,16	0,182	0,73	0,03
		7 mes.	71,8	4,08	47,94	42,54	2,54	0,179	0,81	0,09
		9 mes.	71,8	3,84	48,77	—	4,28	0,187	0,85	0,09
		11 mes.	70,4	4,02	49,35	45,82	2,91	0,175	1,22	0,13

Tab. 5.

Spôsob zmrazovania	Teplota skladovania	Čas skladovania	Bodové hodno- tenie	Stupeň kyslosti (°SH)	Sušina %	Tuk %	Oxidácia tuku			
							Perox. č. mmol O ₂ /kg	Benz. č. E _{1cm} ¹ %	T B č.	
									450 nm	530 nm
čerstvá			100	4,24	46,33	43,88	0	0	0	0
dušíkom	—18 °C	3 mes.	73,0	3,98	47,78	43,79	1,77	0,079	0,42	0,03
		5 mes.	82,2	4,04	48,10	45,49	1,39	0,097	0,75	0,09
		7 mes.	75,6	4,0	47,92	46,68	2,21	0,121	0,90	0,12
		9 mes.	79,0	3,52	48,95	—	2,41	0,136	0,803	0,029
		11 mes.	79,0	4,0	48,89	46,05	3,3	0,162	1,13	0,087
	—30 °C	3 mes.	77,2	4,2	47,79	44,21	1,16	0,086	0,35	0,029
		5 mes.	85,1	4,02	47,54	45,46	2,01	0,092	0,67	0
		7 mes.	85,7	4,0	47,51	48,15	2,74	0,095	0,93	0,12
		9 mes.	86,9	3,88	48,37	—	3,23	0,095	0,703	0,058
		11 mes.	83,3	4,02	48,88	46,88	3,13	0,09	1,05	0,087

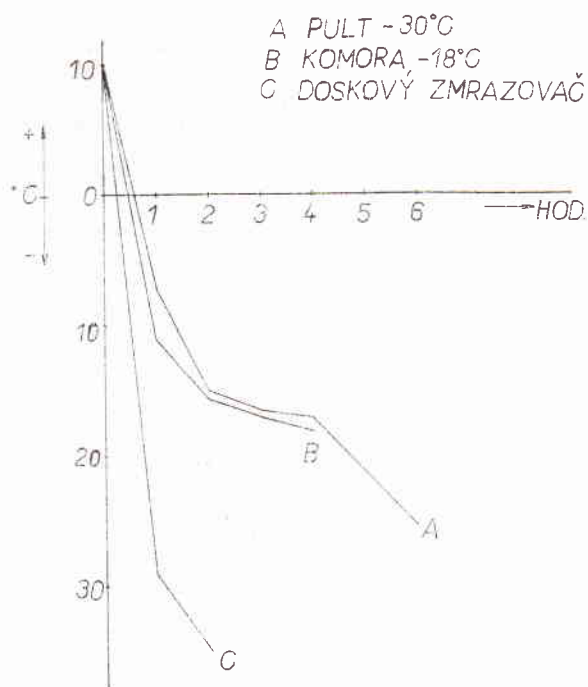
Tab. 6.

Spôsob zmrazovania		Rýchlosť zmrazovania	Stupeň kyslosti (°SH)	Tuk %	ml vylúčeného tuku z 50 ml smotany	% tuku v emulgovanom stave	% deštrukcie
čerstvá			2,4	44,73	0,5	43,12	3,6
			4,8	41,3	0	39,21	5,0
			7,25	40,6	0,5	40,26	1,0
konvenčne	—18 °C	0,54 cm/hod	4,88	42,0	12,0	21,03	50,0
			7,25	40,6	20,0	5,94	85,4
			8,16	40,0	12,0	10,78	73,0
	—24 °C	0,56 cm/hod	7,25	40,6	20,0	9,89	75,65
doskový zmrazovač		1—1,5 cm/hod	2,4	44,73	10,0	25,60	42,55
			4,88	42,0	10,0	24,76	41,0
			7,25	40,6	15,0	17,93	55,84
			8,16	40,0	10,0	21,36	47,0
postrek kvap. dusíkom		27 cm/hod	4,88	42,0	1,0	32,77	22,0
			8,16	40,0	5,0	27,89	30,0

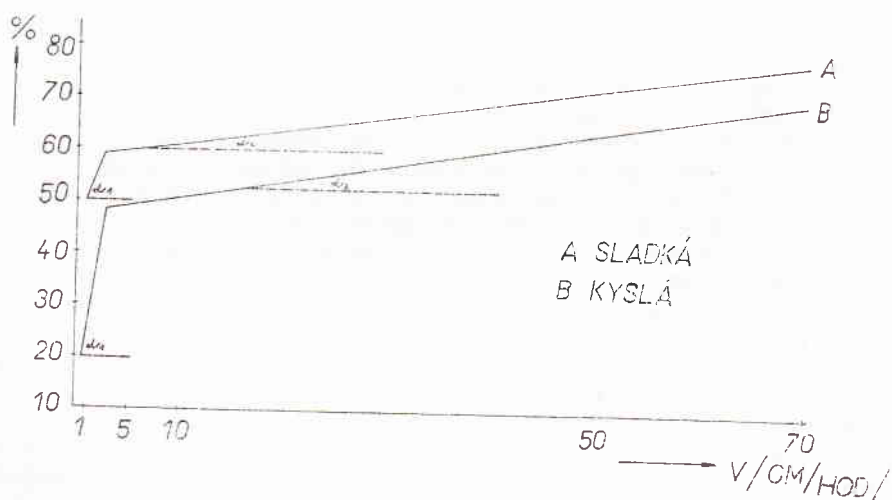
extrakcie dochádza k oxidačným zmenám. I v tomto pokuse sa najhoršie výsledky získali pri konvenčnom zmrazovaní. Porovnanie zmrazovacích spôsobov pri vzorkách rôzne zmrazených, ale pri tej istej teplote skladovaných, je oveľa výraznejšie v prospech vyšších zmrazovacích rýchlostí pri skladovacej teplote -18 °C. Vzorky zmrazené v doskovom zmrazovači majú lepšie ukazatele pri oboch sledovaných skladovacích teplotách ako vzorky zmrazené konvenčne, a kvalitou sa blížila vzorkám zmrazeným použitím kvapalného dusíka. Ak máme na základe stanovených hodnôt obsahu peroxidov a karbonylov hodnotiť rozsah oxidatívnych zmien, musíme s výnimkou vzorky zmrazenej konvenčne a skladovanej pri teplote -18 °C, konštatovať, že vzorky smotany nejavia známky priekazných oxidačných zmien (v prípade peroxidového čísla sa za prah citeľnej oxidačnej zmeny považuje množstvo 5 mmol O₂/kg).

Pri sledovaní vplyvu rýchlosti zmrazovania na porušenie štruktúry smotany sme prišli k zaujímavým poznatkom. Vplyv rýchlosti zmrazovania sa vo väčšej miere prejaví pri kyslej smotane. Zvýšenie rýchlosti zmrazovania z 0,54 cm/hod — konvenčné zmrazovanie pri -18 °C na 1,5 cm/hod — doskový zmrazovač — má za následok zlepšenie úchovy štruktúry, a to pri sladkej smotane o 9 %, kým pri kyslej až o 28 %. Podobne v porovnaní doskového zmrazovača s postrekom kvapalným dusíkom sa percento úchovy pri sladkej smotane zvýši o 19 %, pri kyslej o 21 %.

Na grafe 2 je znázornená závislosť úchovy štruktúry od rýchlosti



Graf 1. Krivky zmrazovania smotany



Graf 2. Závislosť účhovy štruktúry smotany od rýchlosti zmrazovania

zmrazovania pre sladkú i kyslú smotanu. Priebeh tejto závislosti evidentne dokazuje, že zvýšenie zmrazovacej rýchlosti z 0,54 na 1,5 cm/hod má za následok preukazne väčšie zvýšenie percenta úchovy štruktúry než zvýšenie rýchlosti z 1,5 na 27 cm/hod, a to zhodne pri oboch druhoch smotany. Ak na vyjadrenie miery závislosti úchovy štruktúry od rýchlosti zmrazovania použijeme smernicu čiary grafického znázornenia, zmenší sa táto pri sladkej smotane z 2,285 v oblasti malých rýchlostí na 0,144 v oblasti veľkých rýchlostí. Pri kyslej smotane je opäť väčšia zmena, a to z 6,625 v oblasti malých rýchlostí na 0,165 v oblasti veľkých rýchlostí.

Záverom možno naše poznatky zhrnúť. Konvenčný spôsob zmrazovania nie je vhodný pre smotanu s vysokým obsahom tuku. Vzorky zmrazené v doskovom zmrazovači a vzorky zmrazené postrekom kvapalným dusíkom sa svojou kvalitou z hľadiska oxidácie tuku približujú. Vzorky zmrazené postrekom kvapalným dusíkom majú výbornú konzistenciu, blízku konzistencii čerstvej smotany. Zo sledovaných skladovacích teplôt sa jednoznačne javí lepšie teplota -30°C .

Literatúra

1. Mohr, Koenen, Die Butter, Milchwirtschaftlicher Verlag Th. Mann K. G. Hildesheim, 1958.
2. Godbersen W., Die Verwendung von gefrosteter Sahne zur Butterherstellung, Milchwissenschaft, **17**, 1962, č. 6, 295—300.
3. Godbersen W., von Belli O., Die verwendung von gefrosteter Sahne zur Butterherstellung, Milchwissenschaft, **17**, 1962, č. 4, 170—186.
4. Lagoni H., Peters K., Die Gefrierdestabilisierung von Milch und Rahm, Milchwissenschaft, **16**, 1961, č. 4, 197—200.
5. Schulz M. E., Voss E., Gütter H. Milchwissenschaft, **14**, 1959, 516.
6. Mohr W. Dittmann H., Zum Problem der Tiefkühlagerung von Sahne, Milchwissenschaft, **15**, 1960, č. 2, 60—64.
7. Pazlar M., Dílčí zpráva: Studium oxidačních změn lipidů při skladování masa a výrobků z masa, Praha 1967.

Влияние замораживания и холодильного хранения на некоторые свойства сливок

Выводы

Работа занимается определением оптимальных условий замораживания и холодильного хранения сливок особенно с точки зрения окисления жира и сохранения структуры. Были испытаны три способа замораживания из которых самым оптимальным кажется замораживание при помощи жидкого азота. Самой удобной температурой хранения является температура -30°C .

The influence of freezing and cold storage on some properties of cream

Summary

The paper deals with the determination of the optimal conditions for freezing and cold storage of cream, mainly from the point of view of fat oxidation and structure keeping. 3 ways of freezing were proved from which the freezing in liquid nitrogen seems to be the most suitable. -30°C was the optimal storage temperature.