

ФАЗОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ В СТРУКТУРІ ЖИРУ ВЕРШКОВОГО МАСЛА З ІНУЛІНОМ

Останнім часом інулін привертає увагу вчених різних країн як препарат із рослинної сировини, що має лікувально-профілактичні властивості.

Нами розроблено технологію виробництва вершкового масла з добавкою інуліну [1, 2]. Проведені дослідження показали, що вершкове масло з інуліном, порівняно з маслом без добавок, має пластичну консистенцію [3 – 6]. На формування структури та консистенції масла впливає переважно його жирова фаза. Тому вплив добавки інуліну на формування кристалічної структури жирової фази вершкового масла становить безумовний інтерес.

Фазові перетворення у вершковому маслі вивчали методом диференціальної скануючої калориметрії (ДСК), використовуючи калориметр оригінальної конструкції. Досліджували зразки вершкового масла з інуліном (МІ) та без добавок – контрольні (МК). Зразки масла обох видів досліджували як свіжовиготовленими, так і після його зберігання при температурах 5 і 0 °С протягом 10 діб та –18 °С протягом 6 місяців. Зразки масою 200 мг зважували в алюмінієву бюксу, поміщали в металевий блок калориметра, який охолоджували рідким азотом, потім нагрівали із швидкістю 10 °С/хв. Дослідження

проводили в діапазоні температур від -170 до +50 °С. Значення питомої теплоємності визначали з похибкою 2% при довірчій імовірності 0,95.

На рис. 1 показано криві питомої теплоємності досліджуваних зразків вершкового масла, одержані в про-

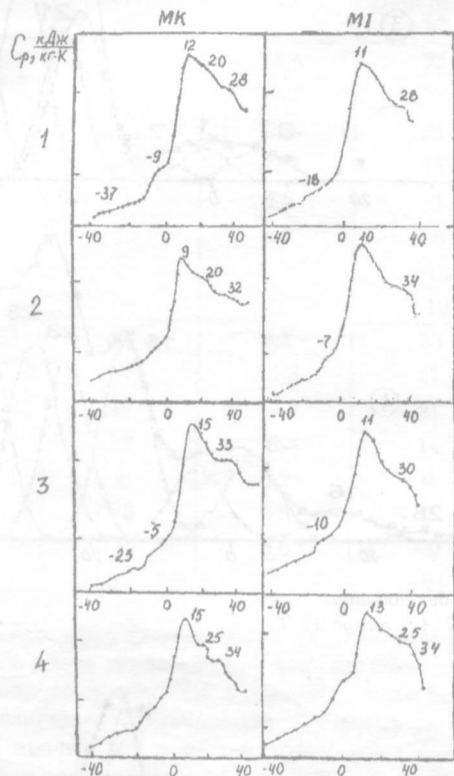


Рис. 1. Криві ДСК зразків вершкового масла без добавки (МК) і з добавкою інуліну (МІ): 1 – свіжовиготовлений; 2 – зберігався при температурі 5 °С; 3 – 0 °С; 4 – мінус 18 °С

цесі плавлення. На кривих усіх зразків найчіткіше виділився пік біля 0 °С. Він утворився як результат накладення фазових переходів легкоплавких гліцеридів (ЛПГ) жирової фази масла та водної фази із твердого в рідкий стан.

Нами вперше розроблено методику кількісного визначення дискретних груп гліцеридів у кристалічному жирі вершкового масла за даними ДСК з використанням ЕОМ і комп'ютера. Для цього із загального піка фазових переходів ЛПГ і водної фази виділяли вклад фазового переходу льоду, що утворився в структурі вершкового масла з вільної вологи. Кількість її в досліджуваних зразках масла визначали методом термогравіметрії [3]. Отриману криву плавлення кристалічної жирової фази вершкового масла розкладали на дискретні групи гліцеридів. В основу розкладання поклали теорію нормального розподілу кривих Гаусса. Калориметричні криві досліджуваних зразків масла відповідали рівнянню

$$H = ae^{-(T-b)\sigma} + ce^{-(T-d)\sigma} + \dots,$$

де a, c – максимальні висоти піків; b, d – температури піків; σ – стандартне відхилення.

Вміст дискретних груп гліцеридів визначали за площами, що окреслювали криві Гаусса.

На кривій ДСК плавлення свіжовиготовленого контрольного зразка масла (МК) (рис. 1, 1) проявились інтервали плавлення середньоплавких гліцеридів (СПГ) з піком при 20 °С та високоплавких (ВПГ) – з піком при 30 °С. В зоні низьких температур (при -6 °С) спостерігали плавлення невеликої групи найбільш легкоплавких гліцеридів, фазовий перехід яких збігався із структурною релакса-

цією групи ЛПГ, що на кривій ДСК позначилось стрибком склування. При температурі -37 °С видно другий стрибок склування.

Крива ДСК свіжовиготовленого масла з інуліном (МІ) мала один, але рельєфно виділений чіткий пік сумісного плавлення СПГ і ВПГ при 28 °С (рис. 1, 1). В зоні низьких температур (при -18 °С) спостерігали структурну релаксацію груп гліцеридів у вигляді стрибка склування.

На кривій плавлення зразка МК, який зберігався при 5 °С, досить чітко виділилась зона плавлення групи СПГ з ендотермічним піком при 17 °С та групи ВПГ з піком при 32 °С (рис. 1, 2). Пік плавлення найбільш легкоплавких гліцеридів спостерігали при 9 °С, на нього наклався стрибок склування.

Крива ДСК зразка МІ, що зберігався при 5 °С, мала сумісний пік плавлення СПГ та ВПГ при 34 °С і пік плавлення ЛПГ з релаксаційним переходом при -7 °С (рис. 1, 2).

Під час зберігання масла при 0 °С на кривих ДСК обох зразків видно один сумісний пік плавлення СПГ і ВПГ: МК – при 35 °С, МІ – при 35 °С. Обидва зразки характеризувалися піком плавлення ЛПГ і релаксаційним переходом при -10 °С.

Зберігання масла при -18 °С сприяло диференціації гліцеридів жирової фази обох видів вершкового масла на кривих ДСК.

У зразках МК і МІ пік плавлення ВПГ становив 35 °С, СПГ – 25 °С. Релаксаційний перехід МК відбувався при 8 °С, а МІ – при -5 °С.

Незважаючи на близькі температури плавлення групи гліцеридів та температури релаксаційних переходів у твердій жировій фазі МК і МІ при однакових умовах зберігання криві ДСК плавлення цих зразків різняться за формою. Це свідчить, що температури плавлення груп гліцеридів та їхнє співвідношення у твердій жировій фазі зразків МК і МІ різняться. Щоб одержати ці дані, криві ДСК обробили на комп'ютері. Це дало змогу виділити групи гліцеридів, ендотерми яких утворюють криву ДСК.

На рис. 2 показано криві ДСК зразків МК після комп'ютерного оброблення. Із рисунка видно, що ВПГ твердої фази молочного жиру, з яких побудована основа кристалічної ґратки, у свіжовиготовленому маслі представлені двома групами гліцеридів з піками плавлення 33 і 27 °С. Кристалічна жирова фаза цього зразка містить найбільшу кількість СПГ з піком плавлення 21 °С (див. таблицю). Значна роль у її формуванні належить групі ЛПГ з піком плавлення 9 °С, про що свідчить високий вміст цієї групи в кристалічному жирі. Широка гауссіана цієї групи вказує на гетерогенний склад її компонентів.

Із рис. 3 і даних таблиці видно, що температури піків плавлення ВПГ і СПГ кристалічної фази свіжовиготовленого зразка МІ такі самі, як і зразка МК, але відсотковий вміст груп ВПГ в МІ менший, ніж в МК. Це пов'язано з тим, що інулін, розчинений в плазмі масла, збільшив в'язкість аморфної фази і це загальмувало дифузію гліцеридів під час утворення змішаних кристалів у жировій фазі масла. У формуванні кристалічної структури МІ значна роль належить групам СПГ з піком плавлення 19 °С і групі ЛПГ з піком 12 °С, вміст яких у ній найвищий.

Зберігання МК при 5 °С сприяло перекристалізації гліцеридів у кристалічній жировій фазі МК. Внаслідок цього зникла гетерогенна група ЛПГ з піком плавлення 9 °С і з'явилася група найбільш легкоплавких СПГ з піком плавлення 15 °С, причому в кристалічній фазі МК вміст цієї групи був найвищим. Збільшення вмісту цієї групи також пов'язано із розчиненням гліцеридів груп ВПГ в рідкому жирі, кількість якого збільшилась при температурі зберігання масла 5 °С та подальшій перекриста-

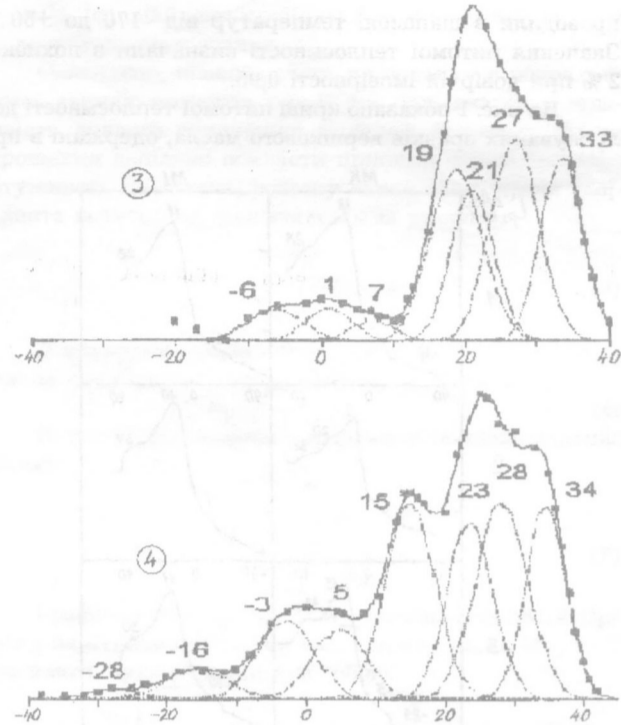
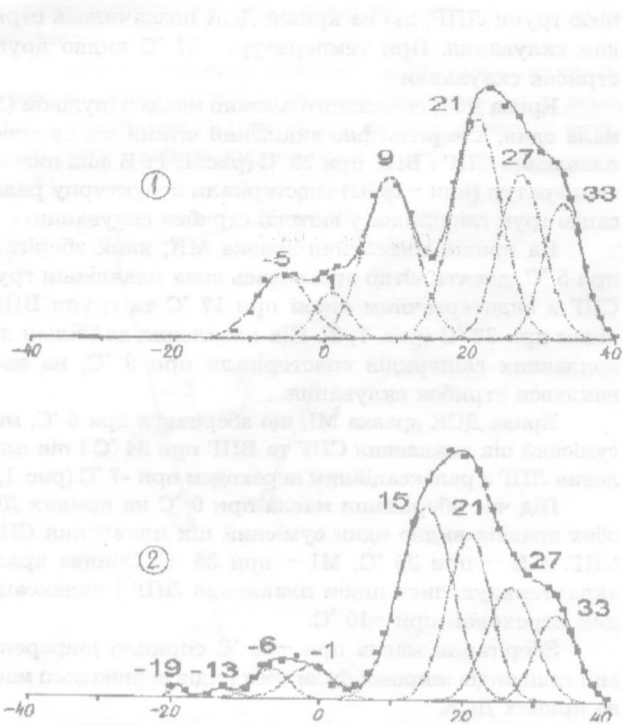


Рис. 2. Комп'ютерна обробка кривих ДСК зразків вершкового масла без добавки:
1 - свіжовиготовлене; 2 - зберігалось при температурі 5 °С; 3 - 0 °С; 4 - мінус 18 °С

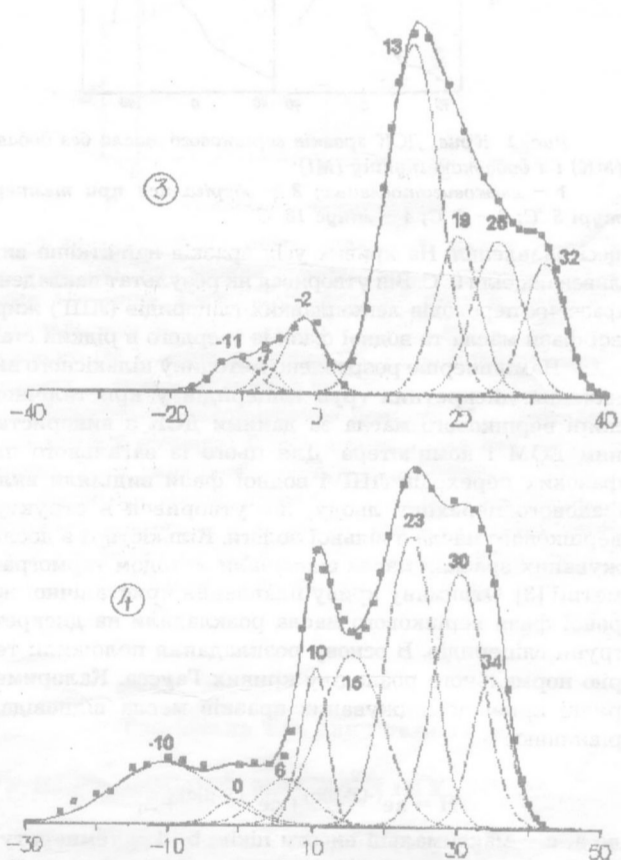
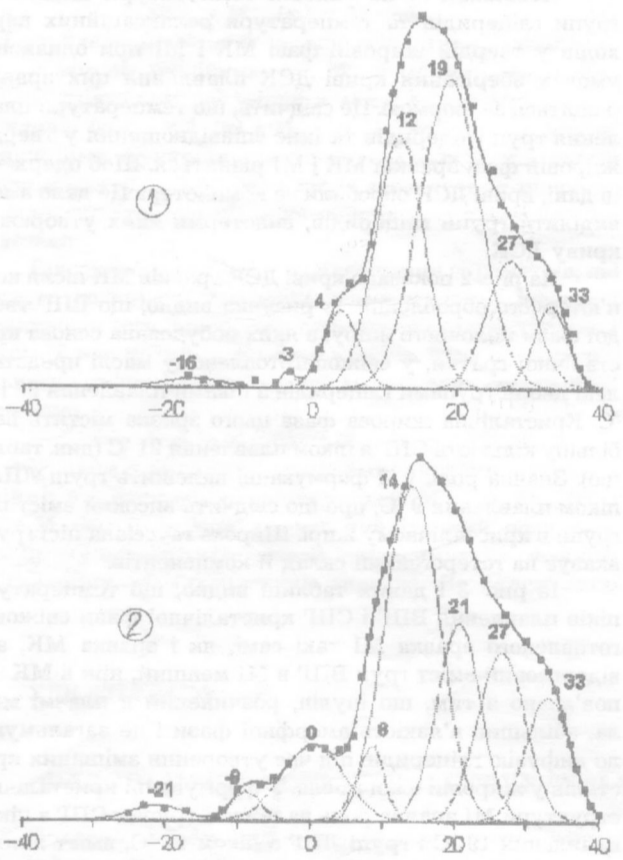


Рис. 3. Комп'ютерна обробка кривих ДСК вершкового масла з інуліном:
1 - свіжовиготовлене; 2 - зберігалось при температурі 5 °С; 3 - 0 °С; 4 - мінус 18 °С

лізації і диференціації гліцеридів із розчину. Слід відзначити також диференціацію гліцеридів у зоні низьких температур.

У кристалічній жировій фазі зразка МІ, що зберігався при 5 °С, також пройшло перегрупування гліцеридів, внаслідок якого в кристалічній фазі збільшився

вміст обох груп ВПГ (особливо першої), зменшився вміст СПГ і на 2 °С підвищилась температура піка їх плавлення. Піки плавлення ЛПГ також збільшились і становили 14 та 8 °С. Вміст групи з піком плавлення 14 °С в кристалічній жировій фазі МІ був найвищим. Перегрупування гліцеридів пов'язане з диференціацією СПГ. При 5 °С

Зразок вершкового масла	Свіжевикотовлене масло		Температура зберігання, °С					
	Пік плавління гліцеридів, °С	Вміст гліцеридів, %	+5		0		-18	
			Пік плавління гліцеридів, °С	Вміст гліцеридів, %	Пік плавління гліцеридів, °С	Вміст гліцеридів, %	Пік плавління гліцеридів, °С	Вміст гліцеридів, %
Без добавок (МК)	33	14,4	33	11,8	33	20,5	34	16,8
	27	20,1	27	18,4	27	26,3	28	22,2
	21	29,7	21	24,7	21	17,6	23	17,5
	9	22,7	15	35,2	19	24,3	15	21,2
	1	4,2	-1	5,0	7	2,5	5	8,0
	-5	8,9	-6	3,5	1	4,0	-3	9,2
З інуліном (МІ)			-13	0,8	-6	4,6	-16	4,0
			-19	0,5		28	1,2	
	33	6,2	33	11,1	32	12,3	34	10,1
	27	14,3	27	16,5	25	17	30	21,9
	19	43,3	21	17,8	19	16	23	24,2
	12	28,8	14	37,7	13	43,7	15	19,3
	4	6,2	8	4,0	-2	6,4	10	7,2
	-3	0,5	0	9,7	-7	1,4	6	4,6
	-16	0,6	-9	1,8	-11	3,2	0	1,8
			-21	1,4		-10	10,9	

збільшився вміст рідкого жиру та зменшилася в'язкість плазми в маслі, що поліпшило дифузію гліцеридів і відповідно диференціацію СПГ з перерозподілом їх між більш легкоплавкими і високоплавкими гліцедами.

У зразку МК в процесі зберігання його при 0 °С відбулася диференціація групи СПГ з піком 21 °С та ЛПГ з піком 9 °С. У зв'язку з цим кількість обох груп ВПГ збільшилась, групи СПГ з піком 21 °С значно зменшилась, з'явилась нова велика група СПГ з піком 19 °С, також знизилась температура плавлення групи ЛПГ (пік її становив 7 °С), різко зменшився її вміст у кристалічному жирі масла. Слід відзначити гетерогенність компонентів групи ЛПГ з піком 1 °С.

Зберігання зразка МІ при 0 °С також сприяло диференціації групи СПГ з піком 19 °С, внаслідок чого зменшився її вміст у кристалічній жировій фазі масла, збільшився вміст обох груп ВПГ (особливо першої) та групи ЛПГ (пік плавлення 13 °С). Диференціація ЛПГ в зоні низьких температур виражена чіткіше. Компонентний склад цих груп гетерогенний.

У процесі зберігання зразка МК при -18 °С збільшився вміст груп ВПГ і підвищилися температури їхніх піків (відносно свіжевикотовленого зразка), підвищилась температура піка плавлення СПГ з 21 до 23 °С і ЛПГ з 9 до 15 °С, з'явилась нова група ЛПГ з піком 5 °С, чіткіше виразилися диференціація та гетерогенність груп ЛПГ в зоні низьких температур. У кристалічній жировій фазі масла найбільший вміст ВПГ з піком 28 °С, СПГ з піком 23 °С та ЛПГ з піком 15 °С.

Зберігання зразка МІ при -18 °С також сприяло диференціації групи СПГ, температура піка їх плавлення підвищилася з 19 до 23 °С, відповідно зменшився їхній вміст у кристалічній жировій фазі, підвищилися температури піків плавлення групи ВПГ та їхній вміст у кристалічній фазі, підвищилась температура піка плавлення групи ЛПГ з 12 до 15 °С і зменшився їхній вміст. Одночасно з'явилися нові групи ЛПГ з піком плавлення 10 та 6 °С. Групи ЛПГ з піком плавлення 15, 6 та -10 °С характеризуються гетерогенністю компонентів у твердій фазі

Висновки.

1. Встановлено, що добавка інуліну уповільнює кристалізацію і диференціацію гліцеридів у кристалічній жи-

ровій фазі вершкового масла, знижує вміст у ній дискретних груп гліцеридів і температуру плавлення їх порівняно з маслом без добавок.

2. Виявлено, що в процесі зберігання як при плюсових, так і при мінусових температурах відбувається перекристалізація гліцеридів у твердій жировій фазі вершкового масла, яка супроводжується якісним та кількісним перерозподілом гліцеридів у дискретних групах і збільшенням вмісту ВПГ в кристалічній фазі вершкового масла.

3. Виявлено наявність релаксаційних процесів у твердій жировій фазі вершкового масла, яка пов'язана із склуванням гліцеридів, що проявилось в зоні низьких температур.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. № 14998 А. Способ производства масла / Ращевская Т.А., Гулий И.С., Бобровник Л.Д.
2. Пат. № 22565 А. Способ производства масла / Ращевская Т.А., Гулий И.С., Бобровник Л.Д.
3. *The influence inulin additive in the processing of butter* / T.A. Rashevskaya, I.S. Gulyi, L.D. Bobrovnik, I.Y. Goyko // *Proceeding of the Poster Sessions 7 International Symposium on "Water management in the Design and Distribution of Quality Foods"*. - Helsinki (Finland), 1998.
4. Ращевська Т.О., Гулий І.С., Гойко І.Ю. Новий вид вершкового масла з інуліном // Міжнар. конф. "Розробка та впровадження прогресивних ресурсощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість". - К.: УДУХТ, 1997.
5. *The perspectives of inulin use in butter industry* / T. Rashevskaya, I. Gulyi, L. Bobrovnik, I. Grinenko // *International workshop on inulin as medicine. Food ingredient*. - Kyiv: USUFT 1997.
6. *Rashevskaya T. Elektro-microscopic investigation of the structure of butter with inulin*. - International workshop on inulin as medicine. Food ingredient. - Kyiv: USUFT, 1997.

Надійшла до редакції 16.12.98 р.