

ВЛАСТИВОСТІ СТРУКТУРОВАНІХ ЛІПІДІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ НИЗЬКОКАЛОРІЙНИХ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

У статті розглянуто основні характеристики та надано різні типи класифікацій заміників молочного жиру на жировій основі, призначених для низькокалорійних молочних продуктів. Наведено приклади найбільш поширених структурованих ліпідів (СТЛ), які являють собою нове покоління функціональних жирів. Розглянуто вплив СТЛ на біохімічні процеси в організмі людини, показано, що їх надмірне споживання може спричинювати фізіологічні розлади. Доведено необхідність контролю вмісту СТЛ та емульгаторів шляхом дослідження ліпідної фази продуктів, зокрема, її жирнокислотного або тригліцеридного складу.

Ключові слова: заміники молочного жиру, емульгатори, структуровані ліпіди.

В статье рассмотрены основные характеристики и предоставлены различные типы классификаций заменителей молочного жира на жировой основе, предназначенных для низкокалорийных молочных продуктов. Приведены примеры наиболее распространенных структурированных липидов (СТЛ), которые представляют собой новое поколение функциональных жиров. Рассмотрено влияние СТЛ на биохимические процессы в организме человека, показано, что их чрезмерное потребление может вызывать физиологические расстройства. Доказана необходимость контроля содержания СТЛ и эмульгаторов путем исследования липидной фазы продуктов, в частности, ее жирнокислотного или триглицеридного состава.

Ключевые слова: заменители молочного жира, структурированные липиды, эмульгаторы.

The article describes various types of classifications of milk fat substitutes (replacers), intended for low-calorie dairy products. The most common structured lipids (STL) representing a new generation of functional fats and their influence on the biochemical processes in the human body are also described and in particular that their excessive consumption can cause physiological disorders. It proves the necessity to control the content of STL and emulsifiers by studying the lipid phase of products, in particular, its fatty acid or triglyceride composition.

Key words: emulsifiers, milk fat replacers, structured lipids.

Жир є компонентом харчових продуктів, що обумовлює їх основні органолептичні і фізіологічні властивості. Він є найбільш концентрованим джерелом енергії, що забезпечує в раціоні 9 ккал/г, в той час як білки і вуглеводи лише 4 ккал/г. Також ліпіди необхідні для підтримки структури клітинної мембрани, синтезу простагландинів, поглинання і засвоєння жиророзчинних вітамінів та інших речовин рослинного походження.

Крім того, жир є носієм ліпофільних ароматичних сполук, що забезпечують та стабілізують органолептичні властивості продуктів (наприклад, шляхом ліполізу або смаження) [1,2]. Жир поглинає багато ароматичних сполук і пом'якшує різкі запахи продуктів за рахунок зменшення кислотності інгредієнтів [3,4,5], впливає на консистенцію, зовнішній вигляд, текстуру і змащувальні властивості, збільшує відчуття ситості після споживання їжі [6,7].

Однак надмірне споживання висококалорійних продуктів є однією з основних проблем розвинених країн на сьогоднішній день. За даними американської асоціації дієтологів, внаслідок споживання калорійної їжі упродовж останніх 10 років 59 млн. дорослих і 9 млн. дітей страждають на ожиріння. За таких умов особливої популярності набувають продукти із зниженим вмістом жиру. Для збереження органолептичних властивостей таких продуктів, зокрема сирів, застосовують замітники молочного жиру різної хімічної природи. Проте механізми впливу таких замітників на біохімічні перетворення та реологічні властивості сирів та інших харчових продуктів поки що не досліджено.

На сьогодні існують кілька класифікацій замітників жиру. За Фінлі і Левейл [8] замітники жиру поділяють на три категорії: імітатори жиру, низькокалорійні жири і замісники жирів.

Імітатори жиру мають хімічну структуру, відмінну від жиру, і зазвичай є вуглеводами або білками, які імітують важливі фізико-хімічні і бажані органолептичні властивості жиру: в'язкість, зовнішній вигляд і смак [9,10,11]. Для імітації жиру найчастіше використовують крохмаль, целюлозу, пектин декстрини та білки сироватки. Як правило, імітатори жиру застосовують в продуктах, які містять багато рідини, наприклад, десертах, спредах і соусах. При цьому зменшення енергетичної цінності продуктів відбувається не тільки за рахунок меншої калорійності, але й за рахунок адсорбування великої кількості води, яка замінює частину жиру. Слід відзначити, ЗМЖ можуть імітувати властивості жиру шляхом включення води і надаючи відчуття вершковості. Однак, вони не можуть повністю замінити неполярні функціональні групи молочного жиру, наприклад ті, що відповідають за ароматичні властивості.

Низькокалорійні жири (Салатрім, Капренін) мають подібну до жирів хімічну структуру і схожі фізико-хімічні властивості [12,13,14]. Такі макромолекули фізично і хімічно схожі на тригліцериди натуральних жирів і олій. Вони можуть замінювати жирову фракцію 1:1 на 1 грам основи харчових продуктів, але здебільшого не перетравлюються в організмі. Такі замітники жиру отримують шляхом хімічного синтезу або в результаті ферментування звичайних жирів і олій.

Замісники жиру – це речовини складної хімічної будови, що функціонально подібні жирів і є термічно стабільними (Олестра).

Таблиця 1

Класифікація та основні характеристики замітників жиру на жировій основі

Комерційна назва замітника	Хімічна природа	Калорійність	Застосування	Функціональні властивості
Dur-Lo, EC^T-25	Рослинні олії з моно- і дигліцеридами	9 ккал/ г	Кондитерські суміші, печиво, молочні продукти	Стабілізатор, емульгація, можлива 100% заміна молочного жиру
EPG	Естерифікований гліцерол (аналог жирів/олій)	5 ккал/г	Напівфабрикати, у всіх типах харчових продуктів	Часткова або повна заміна жирів і олій

Caprenin	Тригліцерид, виробляється з гліцерину шляхом етерифікації каприлової (C8:0), капрінової (C10:0) і бегенової (C22:0) жирних кислот	5 ккал/г	Цукерки, глазур, шоколад	Часткова або повна заміна жирів і олій
Salatrim (BenefatT)	Коротколанцюжкові і довголанцюжкові молекули окислених триацилгліцеридів	5 ккал/г	Солодощі, випічка, молочні продукти, сир	Стабілізатор, наповнювач, забезпечує смаку, запаху, текстуру
Olestra Olean®	Аналог ліпідів (жирів/олій), виробляється з сахарози, середньо ланцюжкових жирних кислот	некалорійна	Напівфабрикати та кондитерські вироби	Стабілізатор, не засвоюється організмом людини
Sorbestrin	Термостійкий рідкий замінник жиру, складається з ефірів жирних кислот, сорбіту та ангідридів сорбіту	1,5 ккал/г	Випічка, заправки для салату, майонез і хлібобулочні вироби	Стабілізатор, можлива 100% заміна молочного жиру

Замінники жиру також класифікують відповідно до речовин, з яких вони отримані: вуглеводів, білків або жирів [15,16,17,18]. Як правило, замінники на вуглеводній основі і на основі рослинних білків є імітаторами жиру; замінники жиру на жировій основі – це низькокалорійні жири або замісники жиру. Виробники зазвичай використовують комбінацію з декількох замінників жиру в одному виді продукту, оскільки окремі замінники жиру часто не можуть відтворити всі функції та властивості жиру. Важливими характеристиками замінників молочного жиру (ЗМЖ) є досить чітко виражена температура плавлення, нейтральний або слабкий смак і аромат, висока стійкість до окислення та термостабільність [10,11,13,19].

Нижче наведено список найбільш поширених замінників жиру, які застосовуються у різних галузях харчової промисловості (табл.1).

У харчовій галузі найбільш поширене використання замінників на жировій основі. Вважають, що при цьому максимально зберігаються властивості продуктів. Для емульгування продуктів досить часто використовують складні ефіри сахарози і жирних кислот.

Структуровані ліпіди (СТЛ) - нове покоління функціональних жирів, що збільшують поживну цінність харчових продуктів. Вказані властивості обумовлені наявністю у складі СТЛ довголанцюжкових поліненасичених та середньоланцюгових жирних кислот. Структуровані ліпіди отримують шляхом хімічного та ферментативного синтезу або випадкової переетерифікації [15]. Їх розробляють для зниження кількості жиру, доступного для обміну речовин і, можливо, калорійності [3].

Замінник молочного жиру **Olestra** (рис.1) є сумішшю гекса-, гепта- і октаефірів сахарози, отриманих шляхом хімічної переетерифікації [14,19]. Його було розроблено у 1968 році компанією Proctor and Gamble. Фізичні властивості Olestra аналогічні тим, що мають тригліцериди з одних і тих же складових жирних кислот [20].

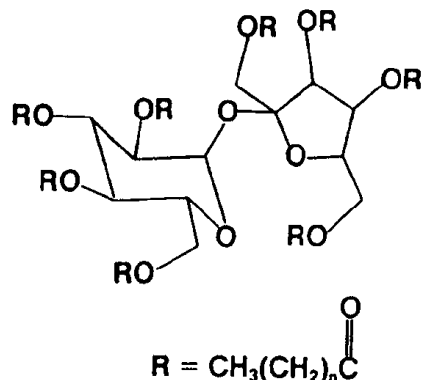


Рис.1. Хімічна структура замінника молочного жиру **Olestra**

Olestra має рідку консистенцію за кімнатної температури, має органолептичні і фізико-хімічні властивості жиру. Через великий діаметр молекули, обумовлений значною кількістю неполярних довголанцюжкових ненасичених жирних кислот, Olestra не всмоктується клітинами кишечника, її не гідролізують ферменти шлунку та підшлункової залози [14,19,21]. Саме тому Olestra не забезпечує калорій в раціоні. Через такі властивості Olestra може слугувати знижувачем калорій до 100%, замінюючи жир в різних харчових продуктах. Управління з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів і медикаментів США дозволило використання Olestra як замінника жирів і олій у 1996 році, і в даний час його застосовують при виготовленні картопляних та кукурудзяних чіпсів, сирів, крекерів, а також для смаження солоних закусок [14,15,19]. Оскільки Olestra містить функціональні групи жирних кислот, її молекули здатні поглинати жиророзчинні вітаміни і каротиноїди, які виводяться з організму разом з цим замінником. Olestra не впливає на засвоюваність водорозчинних поживних нутрієнтів або поглинання і використання мікроелементів, проте зменшує абсорбцію жиророзчинних вітамінів А, D, Е і К. Наслідки впливу замінника можуть бути скомпенсовані за рахунок додавання зазначених вітамінів у продукти, що містять Olestra. У деяких людей, що споживають велику кількість продуктів з Olestra, виникали загальні симптоми розладу шлунково-кишкового тракту [15,19]. Тому управління з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів і медикаментів США вимагає, щоб продукти, які містять Olestra, були промарковані наступним чином: "Цей продукт містить Olestra. Olestra може призвести до спазм в животі. Olestra інгібує всмоктування деяких вітамінів та інших поживних речовин. Вітаміни А, D, Е і К були додані у продукт.

Капренін (CAP, caprenin, капрокаприлобегеновий триацилгліцерид) є синтетичним стійким до окислення тригліцеридом і виробляється з гліцерину шляхом етерифікації каприлової (C8:0), капрінової (C10:0) і бегенової (C22:0) жирних кислот [16], в якому бегенова кислота становить близько 50 % [22].

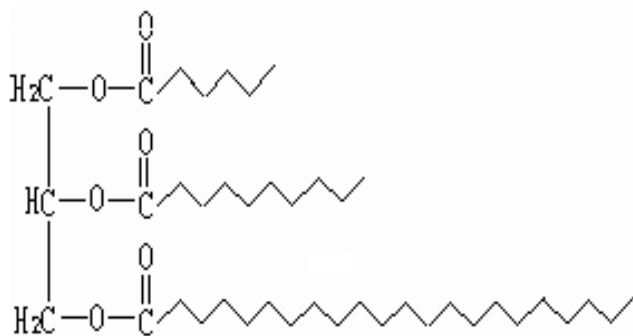


Рис. 2 . Хімічна структура замітника молочного жиру Капренін

При гідролізі капреніну панкреатичною ліпазою бегенова кислота поглинається тільки частково, а капринова і каприлова кислоти метаболізуються швидше, ніж інші жирні кислоти. Капренін забезпечує тільки 5 ккал/г порівняно з 9 ккал/г для нормальних жирів [3,15]. Технологічні властивості капреніну аналогічні маслу какао [12]. Капренін використовують при виробництві м'яких цукерок і глазури [3], а в комбінації з полідекстрозою - для шоколаду [18]. Капренін визнано безпечною сполукою, проте його вживання обумовлювало підвищення рівня холестерину у сироватці крові. Тому він втратив свої позиції на ринку у середині 90-х років минулого століття.

Салатрім (Salatrim, акронім походить від коротко- і довголанцюжкових молекул триацилгліцеридів) є загальною назвою для родини з структурованих тригліцеридів. Вони містять щонайменше одну молекулу жирної кислоти з коротким ланцюгом (в основному C2:0, C3:0, або C4:0) і, щонайменше, одну довголанцюжкову жирну кислоту (переважно C18:0), випадковим чином приєднані до основного ланцюга гліцерину [13].

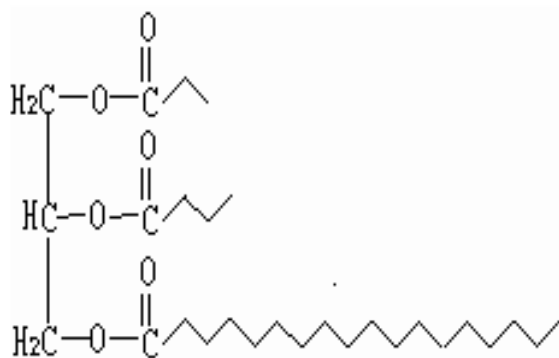


Рис. 3 . Хімічна структура замітника молочного жиру Салатрім

За рахунок використання Салатриму досягається зменшення калорійності, оскільки у даному замінику наявні короткі ланцюжки жирних кислот і стеаринова кислота, що лише частково засвоюються організмом. За хімічною природою Салатрім фактично є тригліцеридом, має всі фізичні властивості жиру (діапазон температур плавлення, твердість і зовнішня текстура), але містить всього лише 5 ккал/г замість 9 ккал/г для природних жирів. Салатрім призначений для використання у кондитерських виробках, глазури, карамелі, ірисі, наповнювачах для хлібобулочних виробів, арахісових спредах, соусах і молочних продуктах, таких як сметана, заморожені молочні десерти і сир [3,13,15].

Емульгатори (складні ефіри сахарози і жирних кислот, моно- і дигліцеридів, полігліцерина; натрію стеароїл-2-лактилат, лецитин) мають як гідрофільні, так і ліпофільні властивості, які дозволяють їм стабілізувати стекінгову поверхню між жиром і молекулами води через водневі зв'язки. Емульгаторами, що діють як поверхнево-активні речовини (ПАР), можна замінювати в композиції до 50% жиру [15,16]. Емульгатори забезпечують аерацію, мають високу пластичність, утворюють комплекси з крохмалем, з білками, модифікують кристалізаційні характеристики інших жирів, сприяють стабілізації піни, впливають на синерезис та реологічні властивості, абсорбують леткі ароматичні сполуки [7].

Ефіри сахарози і жирних кислот (E473) - міцні гелі, м'які шматочки або порошки від білого або сіруватого кольору з маслянистим гіркуватим присмаком. Розчиняються у спиртах та органічних розчинниках, мають широкі діапазони температури плавлення [23]. Їх отримують шляхом переетерифікації сахарозою метилових і етилових ефірів жирних кислот або екстракцією з реакційної суміші «цукро-гліцеридів». Для екстракції використовують диметилформамід, диметилсульфоксид, етилацетат, ізопропанол, пропіленгліколь, ізобутанол, метилетилкетон, тому у готовому продукті можуть знаходитись домішки: залишки розчинників та продукти розщеплення цукру.

E-473 в організмі повільно гідролізується ферментами на жирні кислоти і цукор, добова норма споживання – 10 мг/кг в день. Ефіри сахарози і жирних кислот дозволено застосовувати як емульгатори в маргарині, сухих какао-продуктах в кількості до 10 г/кг або в поєднанні з іншими емульгаторами (загальний вміст емульгаторів не більше 15 г/кг). Емульгатори дозволено додавати в супи і бульйони консервовані, концентровані в кількості до 2 г/кг; в вершки стерилізовані, напої на молочній основі, аналоги вершків, морозиво (крім молочного і вершкового), фруктовий лід, цукристі кондитерські вироби, десерти, напої безалкогольні на основі кокосового горіха, мигдалю, анісу, спиртні напої за винятком вина і пива, дієтичні суміші (продукти), у тому числі для зниження маси тіла в кількості до 5 г/кг; в м'ясні продукти після теплової обробки у кількості до 5 г/кг в перерахунку на жир; в жирові емульсії для хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів, в здобні хлібобулочні і борошняні кондитерські вироби, жувальну гумку, порошки для приготування гарячих напоїв, соуси в кількості до 10 г/кг; як компонент воско-жирових сумішей для покриття поверхні свіжих плодів, в біологічно активні добавки в кількості згідно ПІ або в комбінації з цукрогліцерідами.

Ефіри сахарози і жирних кислот були б ідеальними харчовими емульгаторами, якби не два недоліки: 1) процес їх отримання дуже складний, необхідним етапом є очищення від побічних компонентів, каталізаторів і розчинників; 2) ефіри сахарози важко розчинні і потребують попереднього розчинення в гліколі або теплому спирті. Моноєфіри сахарози і жирних кислот сильно знижують поверхневий натяг на межі фаз масло-вода, є хорошими емульгаторами систем «масло у воді». Ді- та триєфіри сахарози і жирних кислот менш гідрофільні і не розчиняються ні у воді, ні в жири.

Ефіри моно- і дигліцеридів молочної та жирних кислот (E 472b) виробляють з гліцерину, органічних кислот (оцтової, молочної, винної, лимонної) та натуральних жирних кислот рослинного або тваринного походження [23]. В організмі людини ці сполуки розщеплюються на окремі органічні та жирні кислоти або моно- і дигліцериди, при цьому побічних ефектів для здоров'я не виявлено.

Полігліцерин (E476) за хімічним складом є комплексом жирних кислот, застосовується у виробництві шоколадних кондитерських виробів замість добавки E322 (лецитину рослинного походження). Полігліцерин отримують з касторової олії або насіння рицини або шляхом переробки генетично-модифікованих продуктів (ГМО). Дані про шкodu добавки E476 досить суперечливі. Полігліцерин пройшов випробування в FSA (Food Standards Agency) у Великобританії і був затверджений, як нешкідлива харчова добавка, дозволена для використання в Європейському союзі.

Водночас в Інтернеті можна зустріти інформацію, що вживання полігліцерину у великих кількостях у піддослідних тварин спричиняло збільшення печінки і нирок. При виробництві шоколаду E476 застосовують як емульгатор, що дозволяє шоколаду з малим вмістом масла какао-бобів текти так само, як і шоколад з високим вмістом жиру. У зв'язку з тим, що вартість масла какао-бобів досить висока, виробники шоколадних виробів застосовують полігліцерин, намагаючись знизити собівартість продукції під виглядом турботи про здоров'я населення (зменшення кількості жирів у шоколадних виробках).

Стеароїл-2-лактилат натрію (E-481) - порошок кремового кольору або крихка тверда речовина, є відмінним емульгатором для суміші жиру-в-воді, або зволожувачем. За хімічною природою стеароїл лактат натрію є ефіром жирних кислот - комбінацією стеаринової та молочної кислот. Джерелом стеаринової кислоти може бути рослинний або тваринний жир. Слід відзначити, що у США та ЄС відрізняються вимоги до хімічного складу цієї добавки (табл.2), що має бути враховано при її дослідженні. Побічні ефекти відсутні, оскільки і молочна, і стеаринова кислоти є звичайними продуктами метаболізму людини.

Таблиця 2

Вимоги до хімічного складу E-481 в країнах ЄС та США

Параметри	Встановлений критерій (Food Chemical Codex, США)	Встановлений критерій (ЄС)
Кислотне число	50 - 86	60 - 130
Ефірне число	120 - 190	90 - 190
Вміст натрію	3,5% - 5,0%	2,5% - 5,0%
Загальний вміст молочної кислоти	23,0% - 34,0%	15,0% - 40,0%

Лецитин (E322) являє собою складну суміш, одержувану як побічний продукт рафінації рослинних олій (в основному соєвої), шляхом гідратації, що містить 65-75% фосфоліпідів, триглицеридів та інших речовин. Основними фосфоліпідами, що містяться в соєвому лецитині є фосфатидилхолін (19-21%), фосфатидилетаноламін (8-20%), інозитол - вмісні фосфати (20-21%) і фосфатидилсерин (5,9%). Крім того, лецитин зазвичай містить соєве масло (33-35%), вільні жирні кислоти, складні ефіри, токофероли, біологічні пігменти, стерини і стероли (2-5%), вуглеводи (5%) [24]. У промисловому виробництві лецитин видобувається з відходів виробництва соєвих продуктів і масла. Лецитинам притаманні поверхнево-активні властивості, саме тому їх найчастіше використовують в харчовій промисловості як емульгатори. В якості харчової добавки E322 лецитин також може застосовуватись як антиокислювач. Лецитин міститься практично у всіх клітинах організму людини, необхідний для оновлення та відновлення пошкоджених клітин, для повноцінної роботи нервової системи та головного мозку. Лецитин є транспортним засобом для доставки до клітин організму вітамінів, мікроелементів та інших поживних речовин, близько 50% клітин печінки складається з лецитину. При його нестачі знижується засвоюваність лікарських засобів. Лецитин запобігав утворенню в організмі людини високотоксичних сполук, оскільки за своєю природою є сильним антиоксидантом. Проте у великих кількостях, лецитин може викликати алергічні реакції. Найбільш часто добавка E322 застосовується як емульгатор при виробництві маргаринів, молочних продуктів, хлібобулочних виробів, шоколадних виробів і глазури.

Таким чином, відхилення, що виявляються при аналізі жирової фази продуктів, що мають містити лише натуральні жири, можуть пояснюватися наявністю в

них емульгаторів та структурованих ліпідів. Слід відзначити, що присутність структурованих ліпідів не можна виявити за наявністю стеринової фракції.

Висновки

1. Заміна молочного жиру при виробництві продуктів харчування, зокрема, молочних, структурованими ліпідами дозволяє знижувати ризик серцево-судинних захворювань, забезпечуючи споживача продуктами з високими органолептичними властивостями, зі збалансованим жирнокислотним складом, які легко засвоюються організмом.

2. Не зважаючи на те, що використання структурованих ліпідів офіційно визнано безпечним, їх вживання може обумовлювати підвищення рівня холестерину у сироватці крові і шлункові розлади.

3. Для забезпечення контролю харчової продукції щодо несанкціонованого застосування СТЛ необхідно проводити аналіз ліпідної фази продуктів шляхом дослідження її жирнокислотного або тригліцеридного складу методом газової хроматографії.

Література

1. Romeih E.A. Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes / E.A. Romeih // *International Dairy Journal*. – 2002. – Vol. 12. – P.525-540.

2. Tamime A.Y. Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes 2. Rheology, Sensory Perception of Texture and Microstructure / A.Y. Tamime // *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. – 1999. – Vol. 32. – P.50-59.

3. Lucca P.A. Fat replacer and the functionality of fat in foods / P.A.Lucca, B.J. Tepper // *Trends in Food Science and Technology*. – 1994. – Vol. 5. – P.12-19.

4. Mistry V.V. Low fat cheese technology / V.V. Mistry // *Int. Dairy J.* – 2001. – Vol.11. – P. 413-422.

5. Sampaio G.R. Effect of fat replacers on the nutritive value and acceptability of beef frankfurters/ G.R. Sampaio // *J. Food Composition and Analysis*. – 2004. – Vol. 18. – P.469-474.

6. Romanchik-Cerpovicz J.E. Moisture Retention and Consumer Acceptability of Chocolate Bar Cookies Prepared With Okra Gum as a Fat Ingredient Substitute/ J.E. Romanchik-Cerpovicz // *Journal of the American Dietetic Association*. – 2002. – Vol. 102. – P. 1301-1303.

7. Sipahioglu O. Structure, physico-chemical and sensory properties of feta cheese made with tapioca starch and lecithin as fat mimetics/ O. Sipahioglu, V.B., Alvarez, C. Solano-Lopez // *International Dairy Journal*. – 1999. – Vol. 9. – P. 783-789.

8. Finley J.W., Leveille G.A. Macronutrient substitutes/ J.W. Finley, G.A. Leveille // In: EE Ziegler and LJ Filer, Jr. *Present Knowledge in Nutrition*. 7th ed. Washington, DC: ILSI Press; – 1996. – P.581-595.

9. Jonson B.R. Whey protein concentrates in low-fat applications, published by U.S. DAIRY EXPORT COUNCIL 2002

10. Dufлот P. Starches and Sugars Glucose polymers as sugar/fat substitutes/ P. Dufлот // *Trends in Food Science & Technology*. – 1996. – Vol. 7. – P. 206.

11. Harrigan K.A. Fat substitutes: Sucrose esters and simplesse/ K.A. Harrigan, W.M. Breene // *Cereal Foods World*. – 1989. – Vol. 34. – P. 261-267.

12. Lipp M. Review of cocoa butter and alternative fats for use in chocolate – Part A. Compositional Data/ M. Lipp, E. Anklam // *Food Chemistry*. – 1998. – Vol. 62. – P.73-97.

13. Kosmark R. Salatrim: Properties and applications / R. Kosmark // *Food Technol.* – 1996. – Vol. 50. – P.98-101.

14. Peters, J.C. Assessment of the Nutritional Effects of Olestra, A Nonabsorbed Fat Replacement: Introduction and Overview / J.C. Peters, K.D. Lawson // *Journal of Nutrition*. – 1997. – Vol.127. – P. 1539-1546
15. Akoh C.C. Fat replacers/ C.C. Akoh // *Food Technology*. – 1998. – Vol.52. – P 47-52.
16. Kostias G. Low-Fat and Delicious: Can we Break the Taste Barrier? / G. Kostias // *Journal of the American Dietetic Association*. – 1997. – Vol.97. – P. 88-92.
17. Crehan C.M. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12, and 30% fat / C.M. Crehan // *Meat Sci*. – 2000. – Vol.55. – P. 463-469.
18. Sandrou D.K. Arvanitoyannis I.S. Low-Fat/Calorie Foods: Current State and Perspective / D.K. Sandrou // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2000. – Vol.40. – P. 427-447.
19. Cooper D.A. Olestra's Effect on the Status of Vitamins A, D and E in the Pig Can Be Offset by Increasing Dietary Levels of These Vitamins / D.A. Cooper, D.A. Berry, M.B. Jones, A.L. Kiorpes // *Journal of Nutrition*. – 1997. – Vol. 127. – P. 1589-1608.
20. Crites S.G. Microstructure of Low-fat Cheddar Cheese Containing Varying Concentrations of Sucrose Polyesters / S.G. Crites, M.A. Drake, B.G. Swanson // *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. – 1997. – Vol.30. – P. 762-766.
21. Hill O. J. Effects of a 14 d Of covert substitution of olestra for conventional fat on spontaneous food intake / O. J. Hill // *Am. J. Clin. Nutr*. – 1998. – Vol. 67. – P. 1178–1185.
22. Webb D.R. A 91-day feeding study in rats with caprenin / D.R. Webb, F.E. Wood, T.A. Bertram, N.E. Fortier // *Food Chem Toxicol*. – 1993. – Vol.31.– P.935-946.
23. Hasenhuettl G.L., Hartel R.W. // *Food Emulsifiers and Their Applications*. – 2008. – P. 426.
24. Scholfield C. R. Composition Of Soybean/ C. R. Scholfield // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 1981. – Vol. 58, №10. – P. 889-892.