

## Секція 1 **НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ**

УДК 633 (0.74):620.2.003.121:664.001.4

**Р.Ю. Павлюк**, д-р техн. наук (*ХДУХТ, Харків*)

**В.А. Афанасьєва**, канд. техн. наук (*ХДУХТ, Харків*)

**В.В. Яницький**, канд. техн. наук (*Департамент харчової промисловості  
Мінагрополітики України, Київ*)

**Т.В. Крячко**, канд. техн. наук (*ХДУХТ, Харків*)

**О.О. Юр'єва** (*ХДУХТ, Харків*)

### **НАНОТЕХНОЛОГІЇ БАД ІЗ НЕТРАДИЦІЙНОЇ ЛІКАРСЬКОЇ ТА ПРЯНО-АРОМАТИЧНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ОЗДОРОВЧИХ ПРОДУКТАХ**

*Вперше в міжнародній практиці розроблені нанотехнології отримання наноструктурованих порошків БАД із НЛПАРС та показано, що криогенне подрібнення дає можливість маніпулювати з матерією (рослинною сировиною) на молекулярному рівні та отримати порошок в наноструктурованій формі: біологічно активні речовини у вільній формі з розміром молекул біля одного нанометра, які вивільнені із зв'язаних комплексів з біополімерами (целюлозою, білком, пектиновими речовинами та ін.).*

*Впервые в международной практике разработаны нанотехнологии получения наноструктурированных порошков БАД из НЛПАРС и показано, что криогенное измельчение дает возможность манипулировать с материей (растительным сырьем) на молекулярном уровне и получить порошок в наноструктурированной форме: биологически активные вещества в свободной форме с размером молекул около одного нанометра, которые высвобождены из связанных комплексов с биополимерами (целлюлозой, белком, пектиновыми веществами и др.).*

*First in international practice nanotechnologies of receipt of the nanostructured powders of BAA are developed from untraditional medicinal spicily aromatic digister and it is retined that the cryogenic grinding down is given by possibility to manipulate with a matter (by a digister) at molecular level and enables to get powder in the nanostructured form: bioactive matters in a free form with the size of molecules near one nanometre, which are disengaged from the CPLD complexes with biopolymers (by a cellulose, albumen, pectin matters and other).*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** У даний час погіршилась екологічна ситуація на всій Землі, що обумовило значне зрос-

тання популярності продуктів профілактичної дії. Більш широко застосовуються для збагачення харчових продуктів природні, так звані, біологічно активні добавки (БАД), особливо з рослинної сировини (у вигляді порошків, паст, екстрактів), які містять значну кількість біологічно активних речовин (БАР) імуномодулюючої дії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В Японії, Китаї, Америці, країнах Західної Європи, Росії відбувається буквально «бум» по створенню різних БАД та їх використанню в продуктах харчування профілактичної дії. В Україні у зв'язку з Чорнобильською катастрофою ця проблема набула особливої актуальності. Перш за все відчувається дефіцит вітамінів (приблизно на 50%), вітчизняних БАД, продуктів імуномодулюючої та радіозахисної дії, а споживання фруктів та ягід вдвічі нижче рекомендованої норми. Джерелом рослинних БАР, поряд з овочами, фруктами є нетрадиційна лікарська та пряно-ароматична рослинна сировина (НЛПАРС), яка має цілющі властивості (імуномодулюючі, радіозахисні, антиоксидантні). В Україні її заготовляють до 100 тисяч тон на рік. До числа БАР, здатних мобілізувати захисні сили організму, як стало відомо в останні роки, належать низькомолекулярні фенольні сполуки (катехіни, флавоноли, оксикоричні кислоти, антоціани та ін.). Вони відрізняються наявністю в молекулах ненасичених подвійних зв'язків, активних угруповань, здатних зв'язувати активні форми кисню, утворювати нерозчинні комплекси з іонами важких металів та ін.

Недоліком сучасних способів переробки НЛПАРС є значні втрати БАР, що призводить до зниження якості отриманих БАД. Відомо, що одним з прогресивних методів переробки рослинної сировини є кріогенне подрібнення із застосуванням рідкого азоту як джерела низьких температур та інертного середовища, що забезпечує значне збереження вітамінів та інших БАР. У науковій літературі немає систематизованих даних досліджень впливу кріогенного та «теплого» видів подрібнення на БАР при отриманні БАД із НЛПАРС у формі порошків та екстрактів, мало вивчено їх антиоксидантні властивості.

Відомо, що під час переробки рослинної сировини в різні харчові добавки та продукти відбуваються значні втрати БАР та поживних речовин вихідної сировини (від 20 до 80%). У зв'язку з цим актуальним є розробка новітніх високих технологій та нанотехнологій, які б дозволили повністю зберегти БАР вихідної сировини та надали б кінцевому продукту нові споживчі властивості.

У зв'язку з цим проведення досліджень, пов'язаних з використанням кріогенного подрібнення та пошуком альтернативних йому методів подрібнення при виробництві БАД із НЛПАРС у формі порошків та екстрактів, вивчення їх впливу на формування споживчих властиво-

стей харчових добавок та кондитерських виробів з їх використанням для оздоровчого харчування, є актуальним та своєчасним.

**Мета та завдання статті.** Метою роботи є теоретичне та експериментальне виявлення закономірностей впливу різних видів дрібнодисперсного подрібнення (криогенного, дезінтеграторного, традиційного "теплого") та розробка нанотехнології БАД із НЛПАРС у формі порошків та екстрактів, а також використання в кондитерських виробках для оздоровчого харчування.

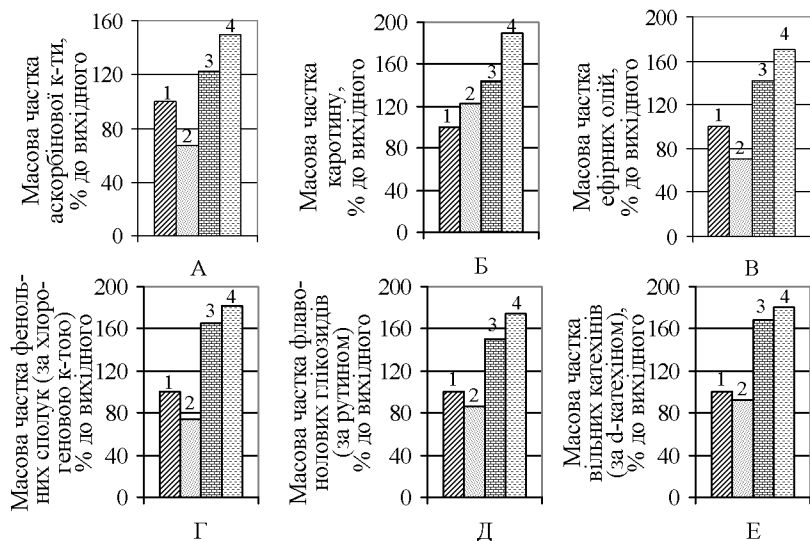
**Виклад основного матеріалу дослідження.** У роботі вперше науково обґрунтована та реалізована можливість використання криогенного та альтернативного йому дезінтеграторного (без застосування холоду) видів подрібнення при отриманні БАД із НЛПАРС як способів підвищення якості кінцевого продукту за рахунок процесів механодеструкції та механоактивації, які призводять до додаткового вилучення низькомолекулярних речовин із зв'язаного з біополімерами стану у вільний.

Показано, що при отриманні БАД із НЛПАРС у формі екстрактів при використанні криогенного подрібнення вихід екстрактних БАД, таких як фенольні та дубильні речовини, збільшується в 1,4...1,7 разів, а швидкість екстракції збільшується в 2...4 рази. Встановлена пряма залежність антиоксидантної активності (АОА) БАД із НЛПАРС (ехінацеї, шипшини, айру, цикорію, нагідків та ін.) від вмісту в них катехінів,  $\alpha$ -токоферолу, каротину, ненасичених речовин – кон'югованих сполук похідних ізопрену з більш ніж двома подвійними зв'язками (дієновими, трисновими, оксидієновими та тетраєновими кон'югатами). Показано, що нові БАД із НЛПАРС мають в 3...5 разів більш високу АОА порівняно з класичним антиоксидантом  $\alpha$ -токоферолом (в еквівалентній дозі).

Відомо, що при традиційному "тепловому" подрібненні рослинної сировини проходить розігрівання продукту внаслідок виділення тепла при механічному руйнуванні, де локальні температури на поверхні робочих органів досягають сотень градусів Цельсія. Це призводить до погіршення якості продукту, в тому числі до втрати вітамінів, фенольних сполук, ефірних олій та інших БАД. Систематизованих даних змін БАД у НЛПАРС при механічній дії немає. У зв'язку з цим проведені дослідження щодо виявлення дії різних методів подрібнення (криогенного, дезінтеграторного, "теплого") при отриманні порошкоподібних БАД із НЛПАРС на фенольні сполуки, ефірні олії, аскорбінову кислоту, каротиноїди. Показано, що використання криогенного подрібнення при температурі мінус 20° С і нижче призводить до додаткового переходу низькомолекулярних біологічно активних речовин із зв'язаного з біополімерами стану в вільний – на 25...90% порівняно з вихідною сировиною (рис. 1).

Встановлено, що при одержанні порошкоподібних БАД з НЛПАРС при криогенному подрібненні відбувається суттєве збільшення

концентрації низькомолекулярних БАР: загальної кількості фенольних сполук, вільних катехинів, флавонолових глікозидів, аскорбінової кислоти, каротину, ефірних олій порівняно з вихідною сировиною. Показано також, що якість порошкоподібних БАД, що одержані при подрібненні в дезінтеграторі «Хінта» (без використання низьких температур), наближається за якістю до БАД, що одержані при криогенному подрібненні. Збільшення концентрації корисних низькомолекулярних БАР (таких як фенольні сполуки, ароматичні речовини, каротиноїди, аскорбінова кислота) при криогенному подрібненні складає 25...90%, при дезінтеграторному – 20...75%, в той час як при традиційному «тепловому» подрібненні НЛПАРС руйнується та окислюється 20...45% аскорбінової кислоти, 20...25% фенольних сполук та до 25% ефірних олій за рахунок наноструктурування та переходу БАР із зв'язаного стану у вільний.



**Рисунок 1 – Вплив різних видів подрібнення при отриманні порошкоподібних добавок із м'яти на БАР: А – аскорбінова кислота; Б – каротин; В – ефірні олії; Г, Д, Е – фенольні сполуки; 1 – вихідна сировина; 2 – порошки «теплого» подрібнення; 3 – порошки, що подрібнені в дезінтеграторі «Хінта»; 4 – порошки криогенного подрібнення**

Збільшення виходу низькомолекулярних БАР або перехід їх із зв'язаного стану у вільний пов'язані з тим, що при криогенному подрібненні НЛПАРС та подрібненні її у дезінтеграторі "Хінта" відбувається суттєве руйнування тканини, клітин рослинної сировини, виключається розігрівання матеріалу і відбувається деградація зв'язків між біополімерами та

низькомолекулярними сполуками з відщепленням останніх, що проявляється при їх кількісному визначенні хімічними методами досліджень.

Показано, що порівняно з вихідною сировиною при криогенному та дезінтеграторному видах подрібнення паралельно відбувається значна деструкція біополімерів та зменшення вмісту клітковини (відповідно на 25...50% та 15...20%) та збільшення вмісту цукрів (відповідно на 24...42% та 10...23%), вільних амінокислот та простих пептидів (відповідно на 148...190% та 98...145%).

Підвищений вихід вільних амінокислот та простих цукрів свідчить про те, що механічне подрібнення, очевидно, призводить до зміни структури біополімерів (зокрема білка та клітковини), сприяє ступеню молекулярної дезорганізації та деструкції і руйнуванню біополімерів до окремих низькомолекулярних сполук (амінокислот, цукрів), зменшенню молекул біополімерів. При цьому якість порошоків не тільки не погіршується, а навпаки, за рахунок збільшення кількості низькомолекулярних БАР, що знаходяться в вільній формі, підвищується їх біодоступність та засвоєння.

В роботі вперше в міжнародній практиці показано, що криогенне подрібнення дає можливість маніпулювати з матерією (рослинною сировиною) на молекулярному рівні та дає можливість отримати порошок у наноструктурованій формі: біологічно активні речовини у вільній формі з розміром молекул біля одного нанометра, які вивільнені із зв'язаних комплексів з біополімерами (целюлозою, білком, пектиновими речовинами та ін.) Паралельно відбувається криодеструкція та руйнування біополімерів рослинної сировини – білків, целюлози (від 30 до 60%) до їх складових – вільних амінокислот та моноцукрів. Розмір молекул таких речовин також біля одного нанометра. Розроблені нанотехнології отримання наноструктурованих порошоків БАД із НЛПАРС, які відрізняються від вихідної сировини та інших продуктів рекордним вмістом БАР, більш високою розчинністю у воді (в 2 рази краще), високою засвоюваністю живими організмами та впроваджені у виробництво на підприємствах України та Латвії.

Отримані результати були використані під час розробки технології одержання БАД із НЛПАРС за допомогою криогенного подрібнення в формі порошоків та екстрактів.

У задачу даної роботи входила також розробка нових БАД із НЛПАРС у формі екстрактів з високим вмістом БАР, таких як фенольні сполуки, дубильні речовини, терпеноїди та ін. Традиційна технологія одержання водно-спиртових екстрактів із НЛПАРС дозволяє вилучити екстрактивних сухих речовин максимум 2,5...3,5%. Встановлено, що при одержанні БАД із НЛПАРС у формі екстрактів з використанням криогенного подрібнення вихід екстрактивних речовин при водно-спиртовій екстракції збільшується у 1,5...2,0 рази порівняно з традиційним подрібненням. Крім того, суттєво збільшується швидкість екстракції (приблизно у 2...4 рази), а також змінюється якісний склад БАД у формі екстрактів.

Так, в екстрактах, які одержані за допомогою криогенного подрібнення, порівняно з традиційним подрібненням, масова частка загальної кількості фенольних сполук, вільних катехінів та флавонолових глікозидів більше на 40...75%, дубильних речовин – на 60...90% (рис. 2). Масова частка сухих речовин становить від 1,8 в екстракті з коріандру до 5,9 в екстракті з м'яти.

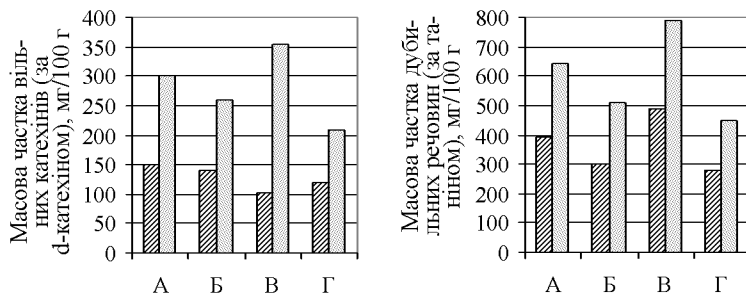


Рисунок 2 – Залежність виходу фенольних сполук та дубильних речовин із висушених плодів шипшини (А), м'яти (Б), кореня айру (В), материнки (Г) через 8 годин водно-спиртової екстракції за кімнатної температури від способу подрібнення: 1 – традиційного; 2 – криогенного

Встановлено, що найбільшу антиоксидантну активність мають БАД (з календули, кореня цикорію, ехіноцеї), які містять найбільшу кількість вільних катехінів, флавонолових глікозидів,  $\alpha$ -токоферолу, каротину. Встановлена пряма залежність між антиоксидантною активністю БАД із НЛПАРС та вмістом катехінів, флавонолових глікозидів,  $\alpha$ -токоферолу, каротину (коефіцієнти кореляції складають 0,97...0,99) (рис. 3).

Відомо, що характерною особливістю будови низькомолекулярних фенольних сполук є наявність ненасичених подвійних зв'язків, окси- та карбонільних активних груп, а також залишків цукрів. За рахунок цих активних груп біофлавоноїди та їх похідні можуть приєднуватися до різних речовин, утворюючи стійкі комплекси, зокрема приєднувати вільні окисні радикали (тобто бути акцепторами кисню) та зв'язувати іони важких металів у стійкі комплекси, тим самим перешкоджаючи їх всмоктуванню у шлунково-кишковому тракті.

Встановлена також пряма залежність між антиоксидантною активністю екстрактів із НЛПАРС та вмістом у них ненасичених речовин – кон'югованих сполук, до яких відносять речовини – похідні ізопрену з більш ніж двома подвійними зв'язками. До ненасичених кон'югованих речовин, що містяться у рослинній сировині, відносяться продукти внутрішньомолекулярних перебудов у залишках терпеноїдів – похідних ізо-

прену ( $\text{CH}_2=\text{CCH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$ ) з більш ніж двома подвійними зв'язками (дієнові, триєнові, оксидієнові, тетраєнові кон'югати та ін.).

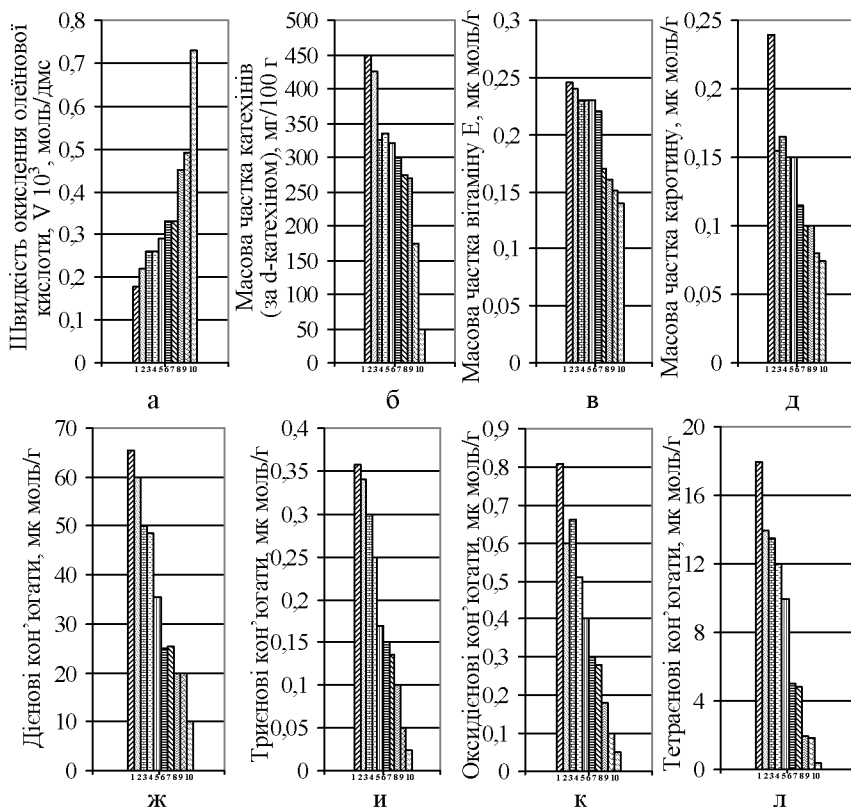


Рисунок 3 – Залежність антиоксидантної активності (а) БАД із НЛПАРС від вмісту в них катехінів (б),  $\alpha$ -токоферолу (в), каротину (д) та ненасичених кон'югованих сполук, похідних ізопрену: дієнових (ж), триєнових (и), оксидієнових (к) та тетраєнових (л) кон'югатів, де БАД у формі екстракту із: 1 – квітів нагідків; 2 – кореня цикорію; 3 – квітів ехінацеї; 4 – кореня айру; 5 – кореня ехінацеї; 6 – плодів шипшини; 7 – чебрецю; 8 – м'яти; 9 – материнки; 10 – коріандру

Ненасичені кон'юговані сполуки лежать в основі будови терпеноїдів, таких, як ефірні олії, каротиноїди, стероїди, глікозиди, смоли. Ненасичені кон'юговані рослинні речовини ізопренової природи, також як і фенольні сполуки, мають високу реакційну здатність і за місцем подвійних зв'язків можуть легко приєднувати вільні окисні ради-

кали (тобто бути антиоксидантами), а також кетонну, вуглеводну та альдегідну активні групи. Показано також, що нові БАД мають в 3...5 разів більш високу антиоксидантну активність порівняно з класичним антиоксидантом  $\alpha$ -токоферолом (в еквівалентній дозі).

На основі результатів експериментальних даних розроблена технологія БАД із НЛПАРС. Особливість нанотехнології – криогенне подрібнення з використанням рідкого та газоподібного азоту при отриманні БАД із НЛПАРС у формі порошків та екстрактів. Суть технології полягає в тому, що криогенне подрібнення проводять при температурі мінус 20° С до розміру часток 5...50 мкм (з вмістом цієї фракції не менш 75...80%). При отриманні БАД у формі екстрактів НЛПАРС подрібнюють до розміру часток 50...500 мкм, при цьому процес екстракції скорочується до 8 годин. Показано, що нові БАД вміщують значну кількість катехінів, флавонолових глікозидів, оксикоричних кислот, дубильних речовин та ін.

Встановлено, що порошкоподібні БАД є «більш збагачені» низькомолекулярними БАР (на 30...80%) порівняно з вихідною сировиною.

Нові БАД були використані при виробництві кондитерських виробів. Науково обґрунтовано, розроблено та впроваджено у виробництво рецептури та технологію нових кондитерських виробів імуномодуючої дії на основі БАД із НЛПАРС (драже "Фіто-Віт", "Ягідка" та цукерки "Чарівні барви", "Слав'яночка", "Еліза", "Золота квіточка"). У профілактичній дозі (25 г) кондитерських виробів містяться 8...12 мг бета-каротину, 50...70 мг аскорбінової кислоти, а також значна кількість катехінів, флавонолових глікозидів та ін.

За висновками Харківського НДІ медичної радіології та Української фармацевтичної академії МОЗ України, кондитерські вироби рекомендовані для вживання населенню, що мешкає на території України, з метою корекції окисних процесів, підвищення імунітету.

Розроблена та затверджена нормативна документація на БАД із НЛПАРС та кондитерські вироби (драже, цукерки) імуномодуючої та радіозахисної дії з їх застосуванням. Проведено їх апробацію в промислових умовах.

**Висновки.** Таким чином у роботі вперше в міжнародній практиці показано, що криогенне подрібнення дає можливість маніпулювати з матерією (рослинною сировиною) на молекулярному рівні та дає можливість отримати порошок у наноструктурованій формі: біологічно активні речовини у вільній формі з розміром молекул біля одного нанометра, які вивільнені із зв'язаних комплексів з біополімерами (целюлозою, білком, пектиновими речовинами та ін.) Паралельно відбувається криодеструкція та руйнування біополімерів рослинної сировини – білків, целюлози (від 30 до 60%) до їх складових – вільних амінокислот та моноцукрів. Розмір молекул таких речовин також біля одного нанометра. Розроблені нанотехнології отримання наноструктурованих порошків БАД із



НЛПАРС, які відрізняються від вихідної сировини та інших продуктів рекордним вмістом БАР, більш високою розчинністю у воді (в 2 рази краще), високою засвоюваністю живими організмами та впроваджені у виробництво на підприємствах України та Латвії.

#### *Список літератури*

1. Новые технологии витаминных углеводсодержащих фитодобавок и их использование в продуктах профилактического действия [Текст] : монографія / Р. Ю. Павлюк [и др.] ; Харьк. гос. акад. технол. и орг. питания, Укр. гос. ун-т пищ. технологий. – Х. ; К.: ХДУХТ, 1997. – 285 с.

Отримано 30.09.2009. ХДУХТ, Харків.

© Р.Ю. Павлюк, В.А. Афанасьєва, В.В. Яницький, Т.В. Крячко, О.О. Юр'єва, 2009.

УДК 637.141.8

**Ф.В. Перцевой**, д-р техн. наук (ХДУХТ, Харків)

**С.П. Куш**, канд. техн. наук (КНТЕУ, Київ)

**М.В. Рудавська**, здобувач

### **СПОЖИВНІ ВЛАСТИВОСТІ КОКТЕЙЛІВ НА ОСНОВІ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ, ЯБЛУЧНОГО СОКУ, ГАРБУЗОВОЇ ПАСТИ ТА „ЛАМІДАНАУ”**

*Наведені результати досліджень, які доповнили раніше отримані дані про можливість збагачення молочних коктейлів йодом, селеном та іншими мікроелементами за рахунок введення в рецептуру „Ламідану” і підтвердили позитивний вплив останнього на споживні властивості молочних коктейлів, як піноемulsionних систем.*

*Предоставлены результаты исследований, которые дополнили ранее полученные данные о возможности обогащения молочных коктейлей йодом, селеном и другими микроэлементами за счет введения в рецептуру „Ламидана” и подтвердили положительное влияние последнего на потребительные свойства молочных коктейлей, как пеноэмульсионных систем.*

*There were given the results of the investigations which supplemented data received before as the possibility of enrichment milk cocktails with iodine, selenium and other microelements owing to introduction “Lasmidane” recipe.*

*There results confirmed the influence of “Lamidane” on the consumption qualities of milk, cocktails as foam-emulsion systems.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Молочні прохолоджуючі напої – коктейлі з багатокomпонентних сумішей є перспек-