DOI: 10.31393/reports-vnmedical-2021-25(3)-06

УДК: 614.3

НАНОЕМУЛЬСІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ЇХНІ НУТРИЦІОЛОГІЧНІ ТА ВАЛЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Майдебура О. П.¹, Гнатюк В. В.², Романів А. С.³

¹Київський Міжнародний університет (вул. Львівська, 49, м. Київ, Україна, 03179),

²Бердянський державний педагогічний університет (вул. Шмідта, 4, м. Бердянськ, Україна, 71100),

³Національний університет "Львівська політехніка" (пл. Св. Юра, 1, м. Львів, Україна, 79013)

Відповідальний за листування:
e-mail: majoksana23@gmail.com

Статтю отримано 11 червня 2021 р.; прийнято до друку 22 липня 2021 р.

Анотація. Використання нанотехнологій у медичній, харчовій, фармацевтичній, біотехнологічній промисловості на сьогодні є важливим науковим прогресом та цінним людським надбанням. Технологія отримання наноемульсій є ідеальним методом для виготовлення інкапсулюючих систем для функціональних сполук, оскільки запобігає їх біотехнологічній біодеградації і покращує їхню функціональну доступність в клітинах організму. Метою статті є науково-теоретичний та практичний огляд нутриціологічних та валеологічних властивостей наноемульсій, їхнього використання для інкапсуляції різноманітних нутрацевтиків, а саме жиророзчинного вітаміну D. Експеримент "in vitro" проведено з використанням дифузійних клітин Франца для дослідження вивільнення біоактивних сполук з наноносіїв. Цитотоксичність наноемульсій досліджено за допомогою аналізу проліферації клітин тіазолілового синього тетразолію броміду (ТТБ) та епітеліальних клітин носа як модель "in vitro". У статті охарактеризовані нутриціологічні та валеологічні властивості наноемульсій та експериментально досліджено гідрогелі на основі наноемульсій як біоносіїв вітамінізованих сполук. Під час дослідження створено низько- та високоенергетичні наноемульсії, які використовували для інкапсуляції вітаміну D3 і біологічно-активної добавки - куркуміну. Навантажені наноемульсії додано в гомополімерні та кополімерні гідрогелі на основі полісахаридів та їхніх комбінацій. Обидві наноемульсії та гідрогелі структурно охарактеризовано для оцінки впливу композиції на процес емульгування за їх властивостями. Досліджено цитотоксичний ефект наноемульсій "in vitro" на епітелій клітин носа, який мав позитивний терапевтичний вплив. У перспективі наступних розвідок та досліджень передбачено дослідити використання наноемульсій в якості біоносіїв для інших вітамінів та біоактивних речовин.

Ключові слова: нутрацевтики, наноемульсії, біодобавки, БАДи, біодоступність.

Вступ

Різнманітні наукові відкриття проводяться з метою того, як зберегти красу та здоров'я людського організму. Однією із таких тенденцій є застосування БАДів та нутрацевтиків, які збагачують раціон людини різнманітними потрібними та водночас поживними речовинами або інкапсулюють в собі певні вітаміни. До таких речовин відносять різнманітні закваски та продукти молочнокислих бактерій, прянощі та трави, нутриціологічні олії, наноемульсії, мультівітамініні комплекси [3, 12].

Особливе місце при цьому займають наноемульсії, які є джерелом не тільки корисних жирів, а й можуть виступати локалізаторами потрібних організму речовин [2]. Зважаючи на бажання та зростаючий попит споживачів на більш здорові та безпечні харчові продукти та потребу в поживних і корисних речовинах, які збагачують організм необхідними макро- та мікроелементами, вчені зосередили свої зусилля на нанотехнологіях з метою вирішення вищезазначених питань, які стосуються важливості корисних речовин у продуктах харчування [7].

Основне застосування наноемульсійних препаратів включає лікування інфекції ретикулоендотеліальної системи (РЕС), використання замісної ферментативної терапії в печінці, лікування раку та вакцинацію, лікування хвороб обміну речовин. Своєрідна "система доставки ліків", наноемульсій підсилює терапевтичну ефективність і цінність різнманітних препаратів, мінімізує побічні

ефекти та токсичні реакції на організм [10].

Метою статті є науково-теоретичний та практичний огляд нутриціологічних та валеологічних властивостей наноемульсій, їхнього використання для інкапсуляції різноманітних нутрацевтиків, а саме жиророзчинного вітаміну D. У статті передбачено охарактеризувати нутриціологічні та валеологічні властивості наноемульсій та експериментально дослідити гідрогелі на основі наноемульсій як біоносіїв вітамінізованих сполук.

Матеріали та методи

У статті проведено дослідження впливу наноемульсійного гідрогелю на основі олійного нутрацевтика з інкапсульованою формою вітаміну D3 на дифузійні клітини Франца. Експеримент "in vitro" проведено з використанням дифузійних клітин Франца для дослідження вивільнення біоактивних сполук з наноносіїв. Цитотоксичність наноемульсій досліджено за допомогою аналізу проліферації клітин тіазолілового синього тетразолію броміду (ТТБ) та епітеліальних клітин носа як модель "in vitro".

Варто зауважити, що 16 листопада 2020 року був створений унікальний біосумісний наноемульсійний гідрогель на основі олійного нутрацевтика, в якому була інкапсульована активна форма вітаміну D3 холекальциферолу та біологічно-активної добавки - куркуміну. Вищез-

гадані системи було детально вивчено із застосуванням методу динамічного розсіювання світла (МДЛР), електронного парамагнітного резонансу (ЕПМР), а також за допомогою методів спектроскопії та віскозиметрії, методів рідинної хроматографії і методу статистичної обробки результатів.

В якості матеріалів дослідження використано: чистий поліоксіетиленсорбітановий монолеат (Твін 80), соєвий лецитин (L-альфа-фосфатидилхолін), гліцерин монолінолеат, моноетиловий ефір діетиленгліколю та гліцериди капрілокапроїлполіоксил-8, оливкова олія екстра якості (кислотність <0,4%), Пеліон, Магnezія, ізопропілтетрадеканоат (ІПД), 98% 5- і 16-доксилстеаринова кислота, куркумін, хітозан (200-600 мПа с, 0,5%- та 1%-ий розчин в оцтовій кислоті при 20 °С), ксантанова камедь та гідроксипропілметилцелюлоза, фетальна бичача сироватка (ФБС), 100 од/мл пеніциліну та 100 мг/мл стрептоміцину, фосфатно-сольовий розчин (ФСР) та трипсин-ЕДТА, льодовикова оцтова кислота, 100% етанол, деіонізована вода.

Результати. Обговорення

Наноемульсії за своєю фізико-хімічною характеристикою є термодинамічно-стабільними ізотропними диспергованими системами, з низькими показниками в'язкості, які утворені шляхом стабілізації води за допомогою водної та масляної фаз з використанням емульгаторів. За даними деяких вчених розміри частинок у наноемульсіях сягають межі 5-10 нм, а за результатами інших в діапазоні від 10 до 1000 нм. Наноемульсії - це специфічна колоїдна система частинок у субмікронному діапазоні розмірів, що діє як носій молекул лікарського засобу. Ці носії є твердими сферами, а їхня поверхня є у вигляді аморфної та ліпофільної частин з негативним зарядом. До методів одержання наноемульсій належать: ультразвукове емульгування, гомогенізація під високим тиском, мікрофлюїдизація, температура інверсії фаз, спонтанне емульгування [6].

Згідно нещодавніх досліджень, проведених у хіміко-технологічному університеті М. Королевою та Е. Юртовою, магнітні наночастинки можна використовувати для підвищення специфічності біодоступності наноемульсій, адже емульсія за своєю фізичною суттю є двофазною, термодинамічно-нестійкою системою, в якій одна фаза інтенсивно диспергується в іншій у вигляді дрібних крапель діаметром від 0,1 до 100 мкм. Дисперсна фаза також відома як внутрішня фаза або розривна фаза, тоді як зовнішня фаза називається дисперсійним середовищем [10]. Емульгуючий агент (емульгатор) також відомий як проміжний або міжфазний. Термін "наноемульсія" також відноситься до мініемульсії, яка містить дрібнодисперсну олію у воді або воду в олії, стабілізовану міжфазною плівкою молекули ПАВ, що має діапазон розмірів крапель від 20-600 нм. Через невеликі розміри наноемульсії є прозорими. Існує три типи наноемульсій:

1) наноемульсія масла у воді, в якій масло диспер-

гується у безперервній водній фазі;

2) наноемульсія води в маслі, в якій краплі води диспергуються у безперервній масляній фазі;

3) двонеперервні наноемульсії [9].

Наноемульсії як біологічно-активні речовини мають ряд фармакологічних та валеологічних переваг, а саме: їх можна використовувати як замітник ліпосом та везикул, вони збільшують рівень біодоступності багатьох фізіологічно-активних речовин, ці нутрацевтики не мають токсичності та не викликають подразнення, а також краплі цих олій мають високі показники адсорбції та забезпечують краще засвоєння маслорозчинних добавок у технології клітинної культури [5]. Згідно інформації S. Akhavan et al. (2018), споживання нутрацевтичних комплексів протягом 20 років збільшилося в десятки разів, що фактично стало валеологічною тенденцією [1].

Основними компонентами наноемульсії є масло, емульгатори та водні фази. Масла можуть бути будь-якого типу, наприклад, касторова, кукурудзяна, кокосова олія, олія примули, лляна олія, мінеральна олія, оливкова олія, арахісова олія тощо. Дуже часто наноемульсії розділяються на дві окремі фази через злиття дисперсних кульок. Емульгатори можуть надати стабільності таким системам. Емульгенти загалом класифікуються як поверхнево-активні речовини, такі як прольоти та твіни, гідрофільні колоїди, дрібнодисперсні тверді речовини, наприклад, бентоніт та вегема [2, 12]. Нижче наведено деякі з бажаних властивостей емульгенту [9]:

1) він повинен мати можливість зменшити поверхневий натяг до 10 дин/см;

2) його слід швидко адсорбувати навколо дисперсної фазової глобули, щоб утворити повну і когерентну плівку для запобігання коалесценції (це повинно сприяти створенню адекватного z-потенціалу та в'язкості в системі для забезпечення оптимальної стабільності);

3) він повинен бути ефективним у досить низькій концентрації;

4) емульгенти утворюють мономолекулярні, багато-молекулярні або тверді плівки навколо дисперсних кульок [9].

Наноемульсії виступають як біосумісні носії вітамінів та можуть бути корисними для будь-якого потенційного застосування в харчовій та фармацевтичній галузях [12]. Багато досліджень свідчать про більш високу ефективність нанокапсульованого емульсійного вітаміну D₃ порівняно з його вільною формою, адже потенційна корисність різних наноносіїв як нової терапевтичної стратегії, включаючи пероральне, трансдермальне та інтраназальне введення допоможе вирішити багато медичних та біотехнологічних проблем. Одним із перших для таких досліджень з використанням наноносіїв був запропонований вітамін D₃. Слід підкреслити, що у сфері фармацевтичної нанотехнології назальна доставка вітаміну D₃ та інших препаратів з використанням біосумісних наноносіїв поки що отримала менше уваги порівняно з іншими шляхами введення (рис. 1) [11].

Рис. 1. Утворення наноемulsій з біоміміями.

Примітка. Джерело: представлено на основі [11].

Вітамін D_3 (холекальциферол) - це найбільш біологічно активна та хімічно стабільна форма вітаміну D, необхідна для правильного функціонування організму, а також життєво потрібна для профілактики багатьох хронічних та небезпечних захворювань. В останні роки численні дослідження підкреслили сильний ефект вітаміну D_3 на функції мозку, діючи через специфічні рецептори, присутні в різних областях органу центральної нервової системи [4]. Вітамін D_3 має стероїдну природу, розчинний у жирах, оліях та кількох органічних розчинниках, і є нерозчинним у воді. Оскільки вітамін D_3 легко руйнується, втрачаючи свою функціональність і користь для здоров'я, а також демонструє погану розчинність у воді та біодоступність для перорального застосування, вчені прийшли до висновку, що саме інкапсулювання в наноемulsіях збільшить в рази ступінь його засвоєння організмом [8].

Вимірювання МДЛР показали, що вітамін D_3 та дода-

вання куркуміну в дисперсну фазу наноемulsій викликало збільшення розміру краплі масла від $78,6 \pm 0,2$ нм до $83,6 \pm 0,3$ нм та від $78,6 \pm 0,2$ нм до $165,6 \pm 1,0$ нм відповідно. Так, наприклад, було науково доведено, що куркумін є більш стабільним, якщо він інкапсульований у більшій краплі, ніж у меншій, що пояснюється нижньою поверхнею між поверхнею масла та води звичайних емulsій. Крім того, проникнення світлових хвиль (УФ та видимих) у наноемulsію залежить від розміру крапель олії, оскільки це впливає на профіль розсіювання світла [11]. У результаті хімічна стабільність інкапсульованих фоточутливих функціональних інгредієнтів може відрізнятися у наноемulsіях і звичайних емulsіях. Завантажені наноемulsії в обох випадках були стабільними протягом 60 днів при зберіганні при 25°C . При використанні ЕПР-спектроскопії було виявлено участь вітаміну D_3 та куркуміну в моношарі ПАР [8].

Випуск "in vitro" швидкості обох ліпофільних сполук з наноемulsій були порівнянні з відповідними гідрогелями на основі наноемulsій [8]. Розроблені наноемulsії не виявляли цитотоксичний ефект до порогової концентрації в 1 мг/мл у середовищі для клітинної культури. Виготовлення такого гелю представлено на рисунку 2.

Склад наноемulsії включав: активну форму вітаміну D_3 , добавку та емulsатор. Різні методи приготування наноемulsій в якості біоносіїв для вітамінів включають два методи, які можна використовувати: емulsування з високою енергією; емulsування з низькою енергією.

Одним із матеріалів дослідження також була куркума, яка розглядається як один із потенційних природних нутрацевтиків. Останнім часом куркума та її основні складові були широко вивчені на предмет їх потенційного застосування як біоактивного інгредієнта у функціональних продуктах харчування, фармацевтичних препаратах та косметичці [5]. Куркумін - це поліфенольна фітохімічна речовина, яка є однією з основних складових куркумінлідів, що містяться в куркумі. Куркумін має ряд потенційних переваг для здоров'я, включаючи антибактеріальну, протигрибкову, протизапальну, антиоксидантну, протипухлинну та протівірусну активність [7, 5].

Зокрема, для цього підходу наночастинки на основі

Рис. 2. Утворення наноемulsії з біоносієм вітаміну D_3 .

Примітка. Джерело: представлено на основі [8].

Рис. 3. Хімічні структури куркуміну (а) та кверцетину (б).
Примітка. Джерело: представлено на основі [5].

полімерів, що забезпечують пролонговане вивільнення, не виглядають ідеальними через обмежений час утримання препарату в носовій порожнині, а звідти рухаються судинним руслом до головного мозку. Функціональні продукти та напої, збагачені куркуміном останнім часом привернули значну увагу через їхній валеологічний потенціал та здатність покращувати здоров'я та самопочуття людини за допомогою його вживання в раціон. Застосування куркуміну як харчового агента в харчових продуктах наразі обмежене через його погану розчинність у воді, високу температуру плавлення та хімічну нестійкість [5]. Також поряд з куркуміном іноді в склад таких наноемульсій включають кверцетин, циклічні формули яких представлено на рисунку 3 [5].

Гідрогелі були утворені або з використанням одного типу мономерів (гомополімерних) або двох різних видів мономерів (сополімерні). Склад гідрогелів:

- а) хітозан в оцтовій кислоті 1% рН= 3;
- б) ГПМК у воді;
- в) ксантанова камедь у воді;
- г) хітозан/ГПМК (1:1) у оцтова кислота 1% рН=3;
- д) хітозан/ксантанова камедь (1:1) в оцтовій кислоті 1% рН= 3;
- е) ГПМК/ксантан гумки (1:1) у воді [7].

Вивільнення "in vitro" інкапсульованого вітаміну D₃ та куркуміну з наноемульсій і гідрогелів на основі наноемульсій досліджували за допомогою вертикальних скляних дифузійних осередків [9]. Ефективна площа дифузійної поверхні кожної клітини становила 0,785 см² (отвір діаметром 1 см). Раніше мембрану залишали на 24 години в 1:1 у буферному розчині етанолу для гідратації. Клітини були з'єднані з водяною банею з термостатичним управлінням. Рецепторні відсіки заливали 5 мл розчину буфера/етанолу 1:1 і магнітних частинок та перемішували протягом усього часу експерименту. Присутність етанолу в розчині приймача має вирішальне значення для розчинності вітаміну D₃ і куркуміну у водній фазі [10].

Досліди проводили при температурі 32±0,5 °C та розраховували кількість вітаміну D₃ та куркуміну у розчині приймача у різні періоди відбору проб спектрофотометром Cary UV-VIS на довжині піку поглинання за такими стандартними кривими: вітамін D₃ (259 нм) $y = 0,037x$, $R^2 = 0,993$; куркумін (213 нм) $y = 0,158x$, $R^2 = 0,999$ [11].

Інгібування клітинної проліферації оцінювали через

72 год. після обробки наноемульсіями. Наприкінці інкубації розчин видаляли, а нерозчинні кристали формазану видаляли та розчиняли у 1:1 розчині ізопропанолу. Вимірювання отриманої кількості блакитного формазану при 570 нм проводили за допомогою методу рідинної хроматографії та обчислювали життєздатність клітин за допомогою формули 1:

$$\text{Життєздатність клітин L1 (\%)} = K \frac{O_{\text{п.к.}}}{K O_{\text{к}}} \times 100 \quad (1)$$

де $O_{\text{п.к.}}$ - оптична щільність розчину

оброблених клітин;

$O_{\text{к}}$ - оптична щільність контрольних клітин.

Дані життєздатності клітин представлено у таблиці 1.

На основі проведеного дослідження встановлено, що біосумісні наноемульсії та гідрогелі на основі наноемульсій, розроблені та структурно охарактеризовані як носії ліпофільних сполук і придатні як системи доставки вітаміну D₃ та куркуміну. Дані гелі на основі наноемульсій можуть забезпечувати ефективну альтернативу інтраназальної доставки різних ліпофільних біоактивних молекул.

Для оцінки впливу наноемульсій L1 на життєздатність клітин "in vitro" проведено колориметричний аналіз. Цей тест ґрунтувався на основі визначення концентрації тетразолію, який вимірює відновленням солей тетразолію шляхом внутрішньоклітинних дегідрогеназ життєздатних живих клітин. Для виконання цього аналізу епітелію носа клітини обробляли наноемульсіями в діапазоні концентрацій від 0,012 до 5 мг/мл у кількох зразках культури. Наноемульсії не виявляли цитотоксичної дії до порогу концентрації 1 мг/мл у середовищі для клітинної культури. Однак подальше збільшення концентрації наноемульсій призводило до збільшення цитотоксичності клітин, що в результаті вказувало на збільшення концентрації інгредієнтів систем у поживному середовищі.

Висновки та перспективи подальших розробок

1. На основі вивчення нутриціологічних та валеологічних характеристик наноемульсій, можна зробити висно-

Таблиця 1. Обчислення життєздатності клітин Франца при застосуванні гідрогелів з вітаміном D3 і куркуміном.

Коефіцієнт оптичної щільності оброблених клітин ($K O_{\text{п.к.}}$)	Коефіцієнт оптичної щільності контрольних клітин ($K O_{\text{к.}}$)	Оптична щільність куркуміну	Оптична щільність вітаміну D ₃	L1 S.D. Середнє значення життєздатності клітин, %
2,9	8,1	213 нм	259 нм	80%
5,6	8,1	213 нм	259 нм	60%
7,3	8,1	213 нм	259 нм	70%
7,3	8,1	213 нм	259 нм	70%

Примітка. Джерело: побудовано авторами.

вок, що за допомогою фізико-хімічних принципів стабілізації їхніх систем, ці колоїдні розчини можуть слугувати відмінними біоносіями різноманітних вітамінів та біодобавок, що має вагомі перспективи для їхнього подальшого дослідження та створення умов адаптації новосинтезованих препаратів. Такого роду речовини мають яскраво виражений антипухлинний вплив, протизапальний та антиоксидантний ефект, правильно регулюють метаболізм в організмі та стабілізують внутрішньоклітинний гомеостаз.

2. За результатами проведених досліджень варто наголосити, що застосовування таких методик призводить до збільшення біодоступності вітаміну D₃ та куркуміну, і це має пряму залежність від концентрації вхідних реагентів. Зокрема при збільшенні концентрації вхідних

речовин при 5 мг/л, у досліджених клітинах спостерігався цитотоксичний ефект, а це означає те, що відкритим залишається питання безпечності реагентів та матеріалів, які використовуються при створенні таких препаратів, що вимагає глибокого дослідження та перевірки контролю якості. Крім того, розповсюдження "in vivo" та вплив на метаболізм організмів, таких наноемульсій, спроектованих з використанням нових матеріалів, необхідно повністю оцінити, перш ніж використовувати в клінічному застосуванні.

У перспективі наступних розвідок варто приділити увагу дослідженням, які будуть використовувати наноемульсії в якості біоносіїв для інших вітамінів та біоактивних речовин.

Список посилань - References

- [1] Akhavan, S., Assadpour, E., Katouzian, I., & Jafari, S.M. (2018). Lipid nano scale cargos for the protection and delivery of food bioactive ingredients and nutraceuticals. *Trends in Food Science & Technology*, 74, 132-146. DOI:10.1016/j.tifs.2018.02.001
- [2] Golfomitsou, I., Mitsou, E., Xenakis, A., & Papadimitriou, V. (2018). Development of food grade O/W nanoemulsions as carriers of vitamin D for the fortification of emulsion based food matrices: A structural and activity study. *Journal of Molecular Liquids*, 268, 734-742. DOI:10.1016/j.molliq.2018.07.109
- [3] Gupta, A., Burak Eral, H., Hatton, T. A., & Doyle, P. S. (2016). Controlling and predicting droplet size of nanoemulsions: Scaling relations with experimental validation. *Soft Matter*, 12, 1452-1458.
- [4] Holick, M. F. (2011). Vitamin D: Evolutionary, Physiological and Health Perspectives. *Curr Drug Targets*, 12, 4-18. DOI: 10.2174/138945011793591635
- [5] Joey, I. J., & McClements, D. J. (2014). Biopolymer-based nanoparticles and microparticles: Fabrication, characterization, and application. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 19, 417-427. DOI: 10.1016/j.cocis.2014.07.002
- [6] Mason, T. G., Wilking, J. N., Meleson, K., Chang, C. B., & Graves, S. M. (2006). Nanoemulsions: Formation, structure, and physical properties. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 18 (41).
- [7] Ozturk, B. (2017). Nanoemulsions for food fortification with lipophilic vitamins: Production challenges, stability, and bioavailability. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 119.
- [8] Rafiee, Z., & Jafari, S. M. (2019). *Application of Lipid Nanocarriers for the Food Industry. Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry*. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-78030-6_93
- [9] Salvia-Trujillo, L., Soliva-Fortuny, R. C., Rojas-Graü, M. A., Martín-Belloso, O., & McClements, D. J. (2017). Edible nanoemulsions as carriers of active ingredients: A review. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, 8, 439-466.
- [10] Singh, Y., Meher, J. G., Raval, K., Khan, F. A., Chaurasia, M., Jain, N. K., & Chourasia, M. K. (2017). Nanoemulsion: Concepts, development and applications in drug delivery. *J. Control Release*, 252, 28-49. doi: 10.1016/j.jconrel.2017.03.008
- [11] Theochari, I., Xenakis, A., & Papadimitriou, V. (2020). Nanocarriers for effective drug delivery. In: Tri, P.N., Do, T.-O., Nguyen, T.A., (Eds.). *Smart Nanocontainers; Micro and Nano Technologies. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands*, 19, 315-341.
- [12] Tayeb, H. H., & Sainsbury, F. (2018). Nanoemulsions in drug delivery: Formulation to medical application. *Nanomedicine*, 2507-2525.

NANEMULSIONS OF FOODSTUFFS AND THEIR NUTRITIOLOGICAL AND VALLEOLOGICAL CHARACTERISTICS

Maidebura O. P., Hnatyuk V. V., Romaniv A. S.

Annotation. The use of nanotechnology in the medical, food, pharmaceutical, biotechnology industries today is an important scientific progress and valuable human heritage. Nanoemulsion technology is an ideal method for the manufacture of encapsulating systems for functional compounds, as it prevents their biotechnological biodegradation and improves their functional availability in the cells of the body. The aim of the article is a scientific-theoretical and practical review of the nutritional and valeological properties of nanoemulsions, their use for encapsulation of various nutraceuticals, namely fat-soluble vitamin D. The in vitro experiment was performed using Franz diffusion cells to study the release of bioactive compounds from nanocarriers. The cytotoxicity of nanoemulsions was investigated by analyzing the proliferation of thiazolyl blue tetrazolium bromide (TTB) cells and nasal epithelial cells as an "in vitro" model. The article provides to characterize the nutritional and valeological properties of nanoemulsions and to experimentally investigate hydrogels based on nanoemulsions as biocarriers of vitaminized compounds. During the study, low- and high-energy nanoemulsions were created, which were used for encapsulation of vitamin D3 and biologically active supplement - curcumin. Loaded nanoemulsions are added to homopolymer and copolymer hydrogels based on polysaccharides and their combinations. Both nanoemulsions and hydrogels are structurally characterized to evaluate the effect of the composition on the emulsification process by their properties. The cytotoxic effect of nanoemulsions "in vitro" on the epithelium of nasal cells, which had a positive therapeutic effect, was studied. In the future, further exploration and research will investigate the use of nanoemulsions as biocarriers for other vitamins and bioactive substances.

Keywords: nutraceuticals, nanoemulsions, bioadditives, dietary supplements, bioavailability.