УДК 664.346:639.64

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/09>**Колесніченко С.Л.**

Одеська національна академія харчових технологій

Безусов А.Т.

Одеська національна академія харчових технологій

Жмудь А.В.

Одеська національна академія харчових технологій

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЕМУЛЬСІЙНОГО СОУСУ З ЕКСТРАКТОМ ЛАМІНАРІЇ

Для нормального перебігу біохімічних процесів організм людини потребує, крім глюкози, інші моносахариди, які саме володіють фізіологічною дією. Одним із таких міnorних цукрів вважається фукоза – 6-дезоксид-галактоза, яка виконує особливу біологічну роль у репродуктивних, імунних процесах і процесах клітинної диференціації, молекулярного та клітинного впізнавання. Тривалий дефіцит у харчуванні фукози призводить до порушення вуглеводного обміну й розвитку тих чи інших захворювань. У харчових продуктах фукоза зустрічається в складі полісахаридів (фукоїданів), які мають специфічні $\alpha(1-2)$, $\alpha(1-3)$, $\alpha(1-4)$ зв'язки, що не піддаються руйнуванню кислотами та ферментами шлунково-кишкового тракту людини. На їх гідроліз здатні ферменти біфідобактерій, завдяки біфідобактеріям фукоїдан розщеплюється до фукози. Фукоїдани бурих водоростей унаслідок великої різноманітності позитивних біологічних властивостей і низької токсичності мають перспективи використання в харчуванні. У роботі за основу розроблення технології екстрагування фукоїдану з ламінарії взяті параметри екстракції, які зручні для здійснення в закладах ресторанного господарства.

Обґрунтовано теоретичну й практичну доцільність створення емульсійного соусу з екстрактом ламінарії для застосування в ресторанному та лікувально-оздоровчому харчуванні. Соус збагачений екстрактом ламінарії, який містить фукоїдан, і лецитином. Лецитинова композиція лецитин-олія-екстракт ламінарії має упорядковану структуру ламелярної емульсії, що сприяє вбудуванню в її склад, збереженню від негативного впливу й поліпшенню органолептичних показників інших біологічно активних речовин, а також їх кращому засвоєнню. Також рослинні лецитини можуть розглядатися як фізіологічні функціональні нутрієнти з високою ефективністю фізіологічного впливу для страв лікувально-профілактичного призначення. Подано мікрофотографії подрібненої ламінарії сухої та ламелярної емульсії лецитин-олія-екстракт ламінарії в поляризаційному світлі. Представлено компонентний склад емульсійного соусу з екстрактом ламінарії та органолептична характеристика соусу. Обґрунтовано термін зберігання розробленого соусу на основі показників мікробіологічної безпеки.

Ключові слова: екстракт фукоїдану, фукоза, емульсійний соус, лецитин, ламелярна емульсія.

Постановка проблеми. Кожна з наявних концепцій харчування свідчить, що головним чином вуглеводи забезпечують енергетичні потреби людини. До вуглеводів належать цукри, крохмаль, а також такі вуглеводи, які не засвоюються організмом, так звані харчові волокна (целюлоза, геміцелюлоза), до них зараховують і пробіотичні вуглеводи: галакто-, фрукто-, ксило-, манноолігосахариди, засвоєння яких відбувається під дією кишкової мікрофлори.

Для нормального перебігу біохімічних процесів організм людини потребує, крім глюкози, такі моносахариди, як маноза, фукоза, арабіноза, рибоза, дезоксирибоза, ксилоза, ксилулоза,

галактоза. Вони володіють фізіологічною дією. За аналогією з незамінними амінокислотами ця група вуглеводів одержала назву міnorних. Такі вуглеводи беруть участь у синтезі глікопротеїнів, гліколіпідів та інших комплексних сполук.

Одним із міnorних цукрів вважається фукоза – 6-дезоксид-галактоза, яка виконує особливу біологічну роль у репродуктивних, імунних процесах і процесах клітинної диференціації, молекулярного та клітинного впізнавання. Фукоза добре розчиняється у воді та майже нерозчинна в органічних розчинниках. Вона є єдиним цукром, наявним у клітинах людини в L-формі та має гідрофільно-гідрофобну природу, яка зумовлена

наявністю гідроксильних груп у положеннях 2, 3, 4 та метильної групи в положенні 5. У зв'язку з цим фукоза здатна виконувати функцію специфічного джерела впізнавання під час роботи рецепторів [1, с. 241]. Фукоза відіграє роль термінального цукру: продовження вуглеводного ланцюга завершується після приєднання фукози, тобто вона припиняє процес глікозилювання [2, с. 64].

Фукоза входить до складу багатьох гормонів (фолікостимулювального, тиреотропного, лютинізуючого гормонів, пролактину, хоріонічного гонадотропіну) та глікопротеїнів, уміст її в сироватці крові здорової людини становить 469–548 мкмоль/л. Фукоза є структурним компонентом антигенів крові, слугує маркером групи крові; серед групоспецифічних речовин крові вона наявна в кількості 16...22%, а в інших біополімерах її кількість не перевищує 0,5...1,5% [3, с. 84].

Надзвичайно важливу роль відіграють молекули фукози в репродуктивних та імунних процесах. Виявлено, що залишки фукози сконцентровані на тій ділянці поверхні яйцеклітини, де є можливість проникнення сперматозоїдів, останні містять фермент фукозидазу [2, с. 65].

L-фукоза входить до складу сироваткових імуноглобулінів, транспортних глікопротеїдів (церулоплазмін, лактоферин), міститься в складі деяких лізосомних гідролаз глікопротеїдної природи, у складі гліколіпідів плазматичних мембран. Кінцеве положення фукози в олігосахаридних ланцюгах зумовлено особливою роллю цього цукру в біологічному впізнаванні.

Тривалий дефіцит у харчуванні неглюкозних моносахаридів, у тому числі фукози, призводить до порушення вуглеводного обміну та розвитку тих чи інших захворювань.

Фукоза може бути синтезована в організмі людини з глюкози, але в незначній кількості: за рахунок метаболізму утворюється до 10% від добової потреби. Організм матері активно синтезує олісахариди, що містять фукозу, їх уміст становить 10...15% з усіх цукрів грудного молока [4, с. 5].

Утримання достатнього рівня фукози необхідно не тільки під час ембріонального й постембріонального періодів розвитку, а і є обов'язковим для боротьби з різними захворюваннями.

У харчових продуктах фукоза зустрічається в складі полісахаридів, які мають специфічні $\alpha(1-2)$, $\alpha(1-3)$, $\alpha(1-4)$ зв'язки, що не піддаються руйнуванню кислотами та ферментами шлунково-кишкового тракту людини. На їх гідроліз здатні ферменти біфідобактерій, завдяки біфі-

добактеріям фукоїдан розщеплюється до фукози. Частина гідролізованих мінорних цукрів біфідобактерії засвоюють для своєї життєдіяльності, а частина всмоктується у кров і переноситься в лімфоїдну тканину організму людини, де відбувається синтез імуноглобулінів. Повна відсутність фукози в раціоні харчування призводить до синтезу аномальних глікопротеїнів як усередині клітин організму людини, так і в клітинних рецепторах.

Також фукоза та її полімери мають пробіотичні властивості, а фукополісахариди проявляють антиоксидантну дію. Препарати як чистої фукози, так і полісахаридів, що її містять (фукоїдани), мають велике значення для харчової промисловості й фармакології [4, с. 6].

У чистому вигляді фукоза в природі практично не зустрічається, а входить до складу фукоїданів, фуканів (ксило-, глюко-, галактофуканів тощо).

Фукоїдани бурих водоростей є біологічно активними сульфатованими полісахаридами, головним компонентом молекул яких слугують залишки сульфатованої α -L-фукози. До складу фукоїданів входять також інші моносахариди: галактоза, маноза, ксилоза, уронові кислоти, N-ацетильні похідні цукрів.

Бура водоростеламінарія (морська капуста) ще з 18 століття застосовується людством як харчовий продукт і як ліки. Вона має низький глікемічний індекс і малу калорійність. Останнім часом ламінарія також є джерелом для одержання різних біологічно активних речовин, які мають багатофункціональний вплив на організм людини. До хімічного складу ламінарії входять білки 8...13%, альгінова кислота 21...41%, маніт 10...16%. Також слані ламінарії містять значну кількість вітамінів А, С, Д, РР, сульфатовані полісахариди (6...9,8%), мають багатий мінеральний склад: у значних кількостях містять водорозчинні солі кремнію, кальцію, калію, магнію, селену, заліза, міді, цинку, йод та інші корисні елементи [5, с. 243].

Фукоїдани легко вилучаються з водоростей водою або слабкими розчинами кислот, тому вони практично повністю втрачаються водоростями на стадіях замочування або нагрівання у воді. При екстрагуванні фукоїдану в розчин також переходять мінеральні компоненти.

У промисловості основними компонентами, які вилучають із бурої водорості ламінарії, є альгінова кислота й маніт. Маніт при екстрагуванні фукоїдана частково надходить до екстракту. Він широко використовується в медицині та харчовій промисловості як підсолоджувач, який не потребує дії

інсуліну. У кількості 50 мг/кг маси тіла маніт вважається безпечним для людини [17, с. 147].

Останніми роками фукоїдан став об'єктом підвищеної уваги науковців унаслідок великої різноманітності його позитивних біологічних властивостей і низької токсичності. Сучасний рівень обробки харчової сировини призводить до втрати міnorних компонентів їжі на стадіях очищення й теплової обробки, тому виробництво продуктів з фукоїданом дасть змогу розширити асортимент страв для профілактики багатьох захворювань.

Постановка завдання. Метою роботи є розроблення технології екстрагування фукоїдану з бурої водорості ламінарії з подальшим використанням на підприємствах ресторанного господарства в соусах для підвищення їх біологічної цінності.

Згідно з поставленою метою, необхідно вирішити такі завдання:

- розробити технологію одержання екстракту ламінарії з фукоїданом, яка може бути застосована в закладах ресторанного господарства;
- розробити рецептуру й технологію приготування емульсійного соусу з одержаним екстрактом для лікувально-профілактичного харчування;
- дослідити якісні показники та показники мікробіологічної безпеки розробленого емульсійного соусу.

Матеріал і методи дослідження. У роботі використані слани ламінарії сушені харчові.

За аналог рецептури емульсійного соусу з екстрактом ламінарії обрано рецептуру «Соус майонез» [19, с. 356].

Уміст фукоїдану в екстракті визначали спектрометричним методом, що заснований на реакції фукози з L-цистеїном і сірчаною кислотою за методом Діше [19], який заснований на здатності фукози під час кип'ятіння із сильними мінеральними кислотами утворювати 5-метилфурфурол, на відміну від інших гексоз, завдяки чому можливе її диференційоване визначення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Після аналізу літературних джерел за основу розробки технології екстрагування фукоїдану з ламінарії взяті параметри екстракції, які зручні для здійснення в закладах ресторанного господарства.

Слани ламінарії сухі подрібнювали за допомогою подрібнювача «Russell Hobbs» 23120-56 протягом 2...3 хвилин. Мікрофотографію зразка подрібненої ламінарії наведено на рис. 1 (збільшення в 100 разів). Під рисунком подано розмірну шкалу: відстань між кінцевими рисками становить 1 мм.

Рис. 1. Мікрофотографія подрібненого зразка ламінарії

Для одержання екстракту 100 грамів подрібнених сланів ламінарії сухої з вологістю 15% заливали 1000 см³ розчином води питної та соку лимона у співвідношенні 1:1, рН 2,5, витримували при кімнатній температурі (20..25°C) 8 годин. Екстракт виділяли центрифугуванням, потім доводили до кипіння для зменшення мікробної забрудненості.

Дослідження показали, що в одержаному екстракті вміст мінеральних речовин дорівнює 18,2 г/дм³, рН=6,7, кількість сухих речовин за рефрактометром – 4,8. Наявність фукоїдану оцінювали за вмістом фукози в екстракті за методом Діше. Екстракт переливали в темний посуд і зберігали в умовах холодильнику до 3-х діб.

Ламінарію після екстрагування доцільно використовувати для приготування різних страв залежно від меню закладу. Нами рекомендується використовувати для приготування салатів.

Органолептичні показники екстракту ламінарії наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Органолептичні показники екстракту ламінарії

Найменування показника	Характеристика
Запах	Морських водоростей
Зовнішній вид	Напівпрозора рідина світло-зеленого кольору
Смак	Солоно-кислий із нотками морських водоростей

Соуси емульсійного типу посідають провідне місце серед розмаїття соусів, які використовують у закладах ресторанного господарства. Вони вдосконалюють смак та аромат їжі, а також легко засвоюються організмом. Останнім часом особлива увага приділяється розробленню рецептур емульсійних соусів з включенням фізіологічно активних інгредієнтів.

Рецептури соусу-прототипу та емульсійного соусу з екстрактом ламінарії приведено в таблиці 2.

Таблиця 2
Рецептури емульсійних соусів

Найменування	Соус-майонез, нетто, гр.	Соус з екстрактом ламінарії, нетто, гр.
Олія оливкова рафінована	750	750
Яйця (жовтки)	96	96
Гірчиця столова	25	25
Цукор	20	20
Оцет 3%	150	-
Екстракт	-	100
Лецитин сої	-	50

Як рецептурний компонент обрано лецитин сої. Він дає змогу створити емульсійну основу-контейнер у вигляді ламелярної емульсії для збереження компонентів екстракту з ламінарією та для зменшення солоно-кислого смаку. Також рослинні лецитини можуть розглядатися як фізіологічні функціональні нутрієнти з високою ефективністю фізіологічного впливу для страв лікувально-профілактичного призначення. Крім того, лецитини належать до природних антиоксидантів

Рис. 2. Текстура ламелярної емульсії лецитин-олія-екстракт ламінарії

і проявляють антиокислювальну активність, інактивують іони важких металів, які потрапляють в організм з їжею.

Рецептурну кількість екстракту ламінарії визначали з урахуванням органолептичних характеристик. Ламелярну емульсію готували з лецитину сої гранульованої, олії оливкової та екстракту ламінарії у співвідношенні 1:1:2. Наявність ламелярної структури перевіряли оптичним методом із застосуванням поляризаційної мікроскопії. Текстура, яка представлена на рис. 2, свідчить про те, що утворено необхідну ламелярну структуру суміші компонентів.

Технологія приготування

Лецитин сої гранульованої, 50 грамів олії оливкової та екстракт ламінарії перемішуємо та лишаємо на одну при температурі 40°C. Ретельно перемішуємо компоненти до утворення стійкої гелеподібної консистенції бежевого кольору.

У розтерті сирі жовтки з гірчицею та цукром додаємо підготовлену композицію лецитин-олія-екстракт ламінарії та перемішуємо до однорідності. Потім поступово тонкою цівкою при безперервному перемішуванні вливаємо олію оливкову. Після того як суміш перетвориться на густу однорідну масу жовтувато-кремового кольору, до неї можна додавати свіжу зелень, прянощі, каперси, оливки тощо.

Рекомендується подавати соус до холодних страв і салатів.

Дані органолептичного аналізу емульсійного соусу з екстрактом ламінарії представлено в таблиці 3.

Таблиця 3
Органолептичні показники емульсійного соусу з екстрактом ламінарії

Найменування показника	Характеристика продукту
Зовнішній вигляд, консистенція	Однорідна сметаноподібна маса
Смак і запах	Смак приємний, із легким відтінком лимонного соку
Колір	Жовтувато-кремовий однорідний за всією масою

Проведені мікробіологічні дослідження показали, що кількість мікроорганізмів після приготування емульсійного соусу з екстрактом ламінарії не перевищує нормативних показників ($1,0 \times 10^3$ КУО/г продукту) і становить $1,2 \times 10^2$ КУО/г. Дріжджі та цвілі не виявлено.

Через 24 години зберігання в умовах холодильника кількість МАФАНМ теж була в межах норми – $1,5 \times 10^2$ КУО/г. Норми тривалості зберігання

емульсійних соусів у закладах ресторанного господарства – 6 годин із моменту виготовлення, тому ми рекомендуємо дотримуватися цієї норми під час використання розробленого соусу.

Висновки. У результаті проведених досліджень розроблено рецептуру й технологію при-

готування емульсійного соусу із застосуванням екстракту ламінарії, що містить фукоідан.

Як додаткову емульгуючу речовину і структуротворювач застосовано лецитин сої гранульований.

Органолептичний аналіз показав високі смакові характеристики соусу. Доведено мікробіологічну безпеку розробленого продукту.

Список літератури:

1. Pharmacological properties of fucose. Applications in age-related modification of connective tissues / G. Puterszegi, I. Fodil-Bourahla, A.M. Robert, L. Robert. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 2003. V. 57. P. 240–245.
2. Фукоза: биологическая роль, пути получения и применение / Д.А. Черенков, Ю.А. Рыбаков, Т.В. Санина, Н.Ю. Шкарин, Д.А. Складнев, О.С. Корнеева. *Биотехнология*. 2010. № 6. С. 63–71.
3. Хмелевский Ю.В., Усатенко О.К. Основные биохимические константы человека в норме и при патологии. Киев : Здоровье, 1987. 160 с.
4. Food-based strategies to modulate the composition of the intestinal microbiota and their associated health effects / D. Bosscher, A. Breynaert, L. Pieters, N. Hermans. *J. Physiol. Pharmacol.* 2009. V. 60. P. 5–11.
5. Особенности минерального состава бурых водорослей Белого и Баренцева морей / К.Г. Боголицын, П.А. Каплицин, Е.М. Кашина, Н.Л. Иванченко, Н.М. Кокрятская, Д.В. Овчинникова. *Химия растительного сырья*. 2014. № 1. С. 243–250.
6. Болотников Г.А. Минорные сахара – важный фактор нормального хода биологических процессов организма человека. *Сфера услуг: инновации и качество*. 2012. № 10. С. 22–26.
7. Кунижев С.М., Денисова Е.В. Распространение и значение минорных полисахаридов. *Вестник СГУ*. 2002. № 31. С. 92–100.
8. Muramatsu T. Embryoglycan: a highly branched poly-N-acetylactosamine in pluripotent stem cells and early embryonic cells. *Glycoconj J.* 2017. Vol. 34. № 6. P. 701–712.
9. Bing M., Simala-Grant J.L., Taylor D.E. Fucosylation in prokaryotes and eukaryotes. *Glycobiology*. 2006. Vol. 16. Is. 12. P. 158R–184R.
10. Li J., Hsu H.C., Mountz J.D., Allen J.G. Unmasking Fucosylation: from Cell Adhesion to Immune System Regulation and Diseases. *Cell Chem Biol*, 2018.
11. Исследование бифидогенной активности тагатозы и фукозы / О.С. Корнеева, О.С. Мельникова, Т.В. Санина, М.О. Ширунов, О.А. Мурадова. *Вестник ВГУ*. 2012. № 1. С. 107–110.
12. Роль углеводных остатков в функционировании иммуноглобулина G человека и терапевтических моноклональных антител / Ю.Л. Дорохов, Е.В. Шешукова, Е.Н. Кособокова, А.В. Шиндяпина, В.С. Косоруков, Т.В. Комарова. *Биохимия*. 2016. Т. 81. № 8. С. 1069–1090.
13. O-fucose modulates Notch-controlled blood lineage commitment / Q. Yan, D. Yao, L.L. Wei, Y. Huang, J. Myers, L. Zhang, W. Xin, J. Shim, Y. Man, B. Petryniak, S. Gerson, J.B. Lowe, L. Zhou. *Am J Pathol*. 2010. Vol. 176. № 6. P. 2921–2934.
14. Polysaccharides from macroalgae: Recent advances, innovative technologies and challenges in extraction and purification / M. Garcia-Vaquero, G. Rajauria, J.V. O'Doherty, T. Sweeney. *Food Research International*. 2017. Vol. 99. P. 1011–1020.
15. Fucoidan and Cancer: A Multifunctional Molecule with Anti-Tumor Potential / F. Atashrazm, R.M. Lowenthal, G.M. Woods, A.F. Holloway, J.L. Dickinson. *Mar Drugs*. 2015. Vol. 13. № 4. P. 2327–2346.
16. The effect of fucoidan on intestinal flora and intestinal barrier function in rats with breast cancer / M. Xue, X. Ji, H. Liang, Y. Liu, B. Wang, L. Sun, W. Li. *Food Funct*. 2018. Vol. 9. № 2. P. 1214–1223.
17. Имбс Т.И., Харламенко В.И., Звягинцева Т.Н. Оптимизация процесса экстракции фукоидана из бурой водоросли *Fucus Evanesceus*. *Химия растительного сырья*. 2012. № 1. С. 143–147.
18. Как работает механизм защиты микрофлоры кишечника? URL: propionix.ru > novosti > news_post > kak-rabotayet-mekhanizm-zash... (дата звернення: 15.05.2020).
19. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий: Для предприятий общественного питания / авт.-сост. : А.И. Злобнов, В.А. Циганенко, М.И. Пересичный. Киев : А.С.К., 2008. 656 с.: ил.
20. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике. Москва : Медпрессинформ, 2009. 896 с.

Kolesnichenko S.L., Bezusov A.T., Zhmud A.V. DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR EMULSION SAUCE WITH KELP EXTRACT

For the normal course of biochemical processes, the human body needs other monosaccharides in addition to glucose, which have a physiological effect. One of such minor sugars is fucose – 6-deoxy-L-galactose, which plays a special biological role in reproductive, immune and cellular differentiation, molecular and cellular recognition. Prolonged deficiency in the diet of fucose, leads to impaired carbohydrate metabolism and the development of certain diseases. In food, fucose is found in polysaccharides (fucoidans), which have specific α (1–2), α (1–3), α (1–4) bonds, which are not subject to destruction by acids and enzymes of the gastrointestinal tract man. Enzymes of bifidobacteria are capable of their hydrolysis, thanks to bifidobacteria fucoidan is broken down to fucose. Fucoidans of brown algae due to the great variety of positive biological properties and low toxicity have prospects for use in food. In the work, the extraction parameters, which are convenient for implementation in restaurants, were taken as the basis for the development of fucoidan extraction technology from kelp. Theoretical and practical expediency of creating an emulsion sauce with kelp extract for use in restaurant and medical nutrition is substantiated. The sauce is enriched with kelp extract containing fucoidan and lecithin. The lecithin composition lecithin-oil-kelp extract has an orderly structure of the lamellar emulsion, which promotes its incorporation into the composition, preservation from the negative impact and improvement of organoleptic characteristics of other biologically active substances, as well as their better absorption. Also, plant lecithins can be considered as physiological functional nutrients with high efficiency of physiological effects for dishes for therapeutic and prophylactic purposes. The paper presents microphotographs of crushed kelp of dry and lamellar emulsion lecithin-oil-kelp extract in polarized light. The component composition of the emulsion sauce with kelp extract and organoleptic characteristics of the sauce are presented. The shelf life of the developed sauce is substantiated on the basis of microbiological safety indicators.

Key words: fucoidan extract, fucose, emulsion sauce, lecithin, lamellar emulsion.