

Питание и здоровье Nutrition and health

Научная статья
УДК 664.346:664.324.6
DOI: 10.14529/food220410

РАЗРАБОТКА ЭМУЛЬСИОННЫХ СОУСОВ, ОПТИМИЗИРОВАННЫХ ПО СОСТАВУ ПНЖК

О.В. Феофилактова, feofiov@usue.ru
Н.В. Заворохина, degustator@olympus.ru

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация. Высокая эффективность полиненасыщенных жирных кислот, в том числе ω -3 жирных кислот, а также эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот в алиментарной коррекции неинфекционных заболеваний населения подтверждена рядом исследований. Однако в настоящее время в питании населения наблюдается несоответствие фактического уровня их потребления, а также соотношения ω -3 и ω -6 жирных кислот установленным нормам. Целью исследования являлась разработка эмульсионных соусов, полученных на основе двойных эмульсий с оптимальным соотношением в жировой фазе ω -3 и ω -6 жирных кислот, анализ их содержания в составе разработанных эмульсионных соусов и степени удовлетворения суточной потребности при употреблении разработанных соусов. Внешняя жировая фаза двойных эмульсий формировалась из различных комбинаций льняного, рыжикового, горчичного и подсолнечного масел, оптимизация жировой фазы по соотношению ω -3 и ω -6 жирных кислот осуществлялась с помощью зарегистрированной программы ЭВМ. Во внутреннюю фазу двойной эмульсии инкапсулировали с помощью ультразвуковой гомогенизации рыбий жир. Жирнокислотный состав опытных образцов эмульсионных соусов определяли хроматографическим методом. Исследования подтвердили высокое содержание в разработанных соусах полиненасыщенных жирных кислот (45,87–48,27 %), ω -3 жирных кислот (3,20–4,27 %), а также суммарного количества эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот (2,6 %). При употреблении одной порции (15 г) разработанных эмульсионных соусов в сутки суточная потребность взрослого человека в эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислотах может быть удовлетворена на 156 %, в полиненасыщенных жирных кислотах на 32 % в среднем. Суточная потребность в ω -3 жирных кислотах может быть удовлетворена при употреблении порции опытных образцов эмульсионных соусов № 1 и № 3 на 15 %, что позволяет их отнести к функциональным продуктам питания.

Ключевые слова: эмульсионные соусы; рыбий жир; комплекс растительных масел; ультразвуковая гомогенизация; полиненасыщенные жирные кислоты; ω -3 жирные кислоты; эйкозапентаеновая кислота; докозагексаеновая кислота

Для цитирования: Феофилактова О.В., Заворохина Н.В. Разработка эмульсионных соусов, оптимизированных по составу ПНЖК // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10, № 4. С. 100–108. DOI: 10.14529/food220410

Original article

DOI: 10.14529/food220410

DEVELOPMENT OF EMULSION SAUCES OPTIMIZED IN PUFA COMPOSITION

O.V. Feofilaktova, *feofiov@usue.ru***N.V. Zavorokhina**, *degustator@olympus.ru**Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia*

Abstract. The high efficiency of PUFAs, including ω -3 fatty acids, as well as EPA and DHA in the nutritional correction of non-communicable diseases of the population, has been confirmed by a number of studies. However, at present, in the nutrition of the population, there is a discrepancy between the actual level of consumption of EPA and DHA, as well as the ratio of ω -3 and ω -6 fatty acids to the established norms, due to food habits, low availability of products that are sources of EPA and DHA, etc. The aim of the study was to develop emulsion sauces based on double emulsions with an optimal ratio of ω -3 and ω -6 fatty acids in the fatty phase with encapsulation of EPA and DHA emulsion in the composition of fish oil in the matrix core. The external fatty phase of double emulsions was formed from various combinations of linseed, camelina, mustard and sunflower oils, the optimization of the fatty phase in terms of the ratio of ω -3 and ω -6 fatty acids was carried out using a registered computer program. Encapsulation of fish oil in the internal phase of the double emulsion was carried out using ultrasonic homogenization. The fatty acid composition of the experimental samples of emulsion sauces was determined by the chromatographic method. The key aspect of the study was the analysis of the content of fatty acids in the composition of the developed emulsion sauces and the degree of satisfaction of the daily requirement of an adult for PUFAs, ω -3 fatty acids, EPA and DHA. Studies have confirmed the high content in the developed sauces of PUFAs (45.87–48.27 %), ω -3 fatty acids (3.20–4.27 %), as well as the total amount of EPA and DHA (2.6 %). With the use of one serving (15 g) of the developed emulsion sauces per day, the daily requirement of an adult in EPA and DHA can be satisfied by 156 %, in PUFA by 32 % on average. The daily requirement for ω -3 fatty acids can be satisfied by 15 % when using portions of experimental samples of emulsion sauces No. 1 and No. 3, which allows them to be classified as functional foods.

Keywords: emulsion sauces; fish fat; linseed oil; mustard oil; camelina oil; ultrasonic homogenization; formulation; mode of production; PUFA, ω -3 fatty acids EPA, DHA

For citation: Feofilaktova O.V., Zavorokhina N.V. Development of emulsion sauces optimized in PUFA composition. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2022, vol. 10, no. 4, pp. 100–108. (In Russ.) DOI: 10.14529/food220410

Введение

Высокое значение жиров и масел как источников энергии и незаменимых жирных кислот в питании человека подтверждено многочисленными исследованиями.

Современные биохимические исследования привели к следующим выводам. Во-первых, в организм человека должно поступать достаточное количество омега-3 жирных кислот, во-вторых, соотношение омега-3 и омега-6 жирных кислот должно находиться в необходимых пределах [1].

Среди всех жирных кислот важнейшую роль в функционировании организма играют две длинноцепочечные ПНЖК – эйкозапентаеновая (ЭПК) и докозагексаеновая (ДГК).

Целый ряд эпидемиологических исследований подтвердил высокую эффективность ЭПК и ДГК в профилактике сердечно-сосудистых, неалкогольных жировых заболеваний печени, инсулинорезистентности, диабета 2 типа и нейродегенеративных заболеваний и др. [2–6].

Организм человека способен синтезировать некоторое количество ЭПК и ДГК из незаменимой α -линоленовой кислоты (АЛК), источниками которой является исключительно продукты растительного происхождения, в т. ч. льняное, рыжиковое, горчичное и др. масла. Однако вероятность данного преобразования невелика и с помощью синтеза можно обеспечить лишь 5 % физиологических по-

требностей организма. Так, увеличение количества в рационе АЛК не всегда приводит к увеличению содержания в крови ЭПК и ДГК, тогда как прямое их потребление приводит к пропорциональному увеличению их концентрации в тканях организма человека [1, 7]. А следовательно, основное количество ЭПК и ДГК должно поступать в организм человека с продуктами питания. Основным источником, содержащим их высокие концентрации, является рыба.

Методическими рекомендациями МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» установлены нормы потребления ЭПК+ДГК для взрослого человека в количестве 250 мг в сутки и оптимальное соотношение в суточном рационе ω -6 : ω -3 жирных кислот – 5–10 : 1. Сформировавшиеся пищевые привычки, низкая степень доступности качественной рыбы и продуктов ее переработки для потребителей отдельных регионов, низкая культура употребления БАД являются причинами несоответствия уровня потребления ЭПК и ДГК, а также соотношения ω -3 и ω -6 жирных кислот установленным нормам.

Рядом исследований подтверждено, что способ доставки жиров влияет на их переваривание, усвоение и метаболизм. Доказано, что поступление масел в форме эмульсий способствует значительному накоплению ЭПК и ДГК в плазме крови и печени за счет более эффективного превращения АЛК в ЭПК и ДГК из-за повышенной абсорбции масла в тонкой кишке [8, 9].

Однако эмульгированные масла с высоким содержанием ПНЖК и большой площадью поверхности подвержены быстрому окислению под воздействием температуры, света и кислорода, что отрицательно скажется на его биологической активности [10]. В связи с этим актуальным направлением является разработка систем доставки ПНЖК с высокой физической и химической стабильностью, а также высокой биодоступностью и биологической активностью.

В качестве такой системы могут выступать эмульсионные пищевые продукты, в частности эмульсионные соусы, основой которых являются двойные эмульсии (масло/вода/масло). В ядро (масляную фазу) матрицы эмульсии таких соусов предлагается

включить ЭПК и ДГК в составе рыбьего жира, что будет способствовать стабильности, функциональности и их контролируемому высвобождению в организме человека.

Целью исследования являлась разработка эмульсионных соусов, полученных на основе двойных эмульсий с оптимальным соотношением в жировой фазе ω -3 и ω -6 жирных кислот с инкапсулированием в ядро матрицы эмульсии ЭПК и ДГК в составе рыбьего жира, анализ содержания жирных кислот в разработанных соусах и степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека в полиненасыщенных жирных кислотах, ω -3 жирных кислотах, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислотах при употреблении данных соусов.

Объекты и методы исследования

Для приготовления образцов эмульсионных соусов использовали масло льняное (производитель ООО «Олеос», Россия), масло горчичное коричневое нерафинированное (производитель ООО «ПК «Вкусы здоровья», Россия), масло рыжиковое нерафинированное (производитель ООО «Виктория», Россия), масло подсолнечное рафинированное дезодорированное (производитель ООО «Диво Алтая», Россия), смесь глицеридов жирных кислот (производитель ООО «Бережь», Россия), лецитин соевый порошкообразный по ГОСТ 32052-2013 (производитель ООО «Стоинг», Россия), сахар по ГОСТ 33222-2015, соль поваренная пищевая по ГОСТ Р 51574-2000, горчичный порошок по ГОСТ Р 54705-2011, рыбий жир (производитель «Экко плюс», Россия).

Внешнюю масляную фазу образцов получали путем составления комплексов из растительных масел с оптимальным соотношением ω -3 и ω -6 жирных кислот, рассчитанным с помощью компьютерной программы проектирования оптимального соотношения полиненасыщенных жирных кислот жировой основы [11].

Формирование внутренней фазы матрицы эмульсии осуществляли с помощью ультразвукового гомогенизатора «Sonic», модель VCX 750 (Sonic & Materials, Inc., USA) мощностью 750 Вт, оснащенного зондом диаметром 13 мм при рабочей частоте 20 кГц и амплитуде 40–70 %. Гомогенизацию осуществляли в течение 10 минут.

Пробоподготовка для анализа жирнокислотного состава осуществлялась путем ще-

лочного гидролиза жира с выделением жирных кислот и последующей переэтерификацией согласно ГОСТ 30418-96.

Определение жирнокислотного состава исследуемых образцов эмульсионных соусов проводилось на хроматографе с масс-спектрометрическим детектором и квадрупольным анализатором GCMS Shimadzu QP2010 SE Ultra.

Исследования проводили в 3–5-кратной повторности, результаты обрабатывали статистически. Уровень доверительной вероятности составил 0,95.

Результаты и их обсуждение

Основу эмульсионных соусов составляли двойные эмульсии, содержащие в качестве непрерывной внешней жировой фазы комбинацию масел, оптимизированных по соотношению омега-3 и омега-6 жирных кислот, и внутреннюю жировую фазу, состоящую из рыбьего жира, диспергированную в водной фазе.

Способ приготовления эмульсионного соуса включал следующие стадии (рис. 1):

– приготовление водной фазы, содержащей вкусо-ароматические добавки и эмульгатор;

– комбинирование внутренней масляной фазы с водной фазой и ультразвуковую гомогенизацию для получения стабилизированной эмульсии типа «масло-в-воде»;

– комбинирование эмульсии типа «масло-в-воде» с внешней масляной фазой, содержащей эмульгатор – глицериды жирных кислот с образованием двойной эмульсии (рис. 2).

Для формирования внешней масляной фазы эмульсии использовали следующие комбинации масел: льняное-подсолнечное (образец № 1), рыжиковое-подсолнечное (образец № 2) и горчичное-подсолнечное (образец № 3). Данное соотношение было получено исходя из требований, регламентируемых МР 2.3.1.0253-21, с помощью программы ЭВМ так, что соотношение омега-6 и омега-3 для образца № 1 составило 8:1, а для образцов № 2 и № 3 – 7:1.

В табл. 1 представлены рецептуры опытных образцов эмульсионных соусов.

Из анализа газовых хроматограмм опытных образцов эмульсионных соусов и идентификации масс-спектров жирных кислот было выявлено, что основными жирными кислотами эмульсионных соусов являются пальми-

тиновая – С 16:0, стеариновая – С 18:0, олеиновая – С 18:1 ω -9, линолевая – С 18:2 ω -6, α -линоленовая – С 18:2 ω -3, эйкозапентаеновая – С 20:5 ω -3 и докозагексаеновая – С 22:6 ω -3 (табл. 2).

Как видно из табл. 2, общее количество насыщенных жирных кислот в эмульсионных соусах находится в пределах 5,28–7,12 %, а ненасыщенных жирных кислот – 45,5–48,5 %. Доля ЭПК и ДГК вместе взятых различается незначительно у опытных образцов (ввиду одинакового содержания в их рецептуре источника ЭПК и ДГК – рыбьего жира) и составила в среднем 2,60 %.

Проведен анализ содержания незаменимых жирных кислот, ω -3 жирных кислот, ЭПК и ДГК в опытных образцах эмульсионных соусов в соответствии с установленными нормами их потребления, а также установлена степень удовлетворения суточной потребности. Результаты представлены на рис. 3–5. При этом за норму суточной потребности принималось среднее значение установленных нормативов для взрослого человека. Расчет степени удовлетворения суточной потребности производился на 100 г эмульсионных соусов и на порцию 15 г (исходя из средней нормы соуса к блюду согласно Сборнику технологических нормативов. Сборнику рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания).

Содержание ПНЖК в эмульсионных соусах различается незначительно и составляет у образца № 1 – 48,27 г, образца № 2 – 47,82 г и у образца № 3 – 45,87 г на 100 г продукта, что в 2 раза превышает суточную норму потребления и степень удовлетворения потребности в ПНЖК составляет от 204,4 до 215,11 %. Порция эмульсионного соуса позволяет удовлетворить в среднем 32 % суточной потребности в ПНЖК, при этом различие в опытных образцах незначительное (рис. 3 а, б). Таким образом, при употреблении одной порции в день в составе блюда любого из опытных образцов эмульсионных соусов позволяет удовлетворить потребность в ПНЖК среднестатистического взрослого человека.

На рис. 4 представлены результаты анализа содержания ω -3 жирных кислот в опытных образцах эмульсионных соусов, а также степень удовлетворения их суточной потребности при употреблении 100 г и порции эмульсионных соусов.

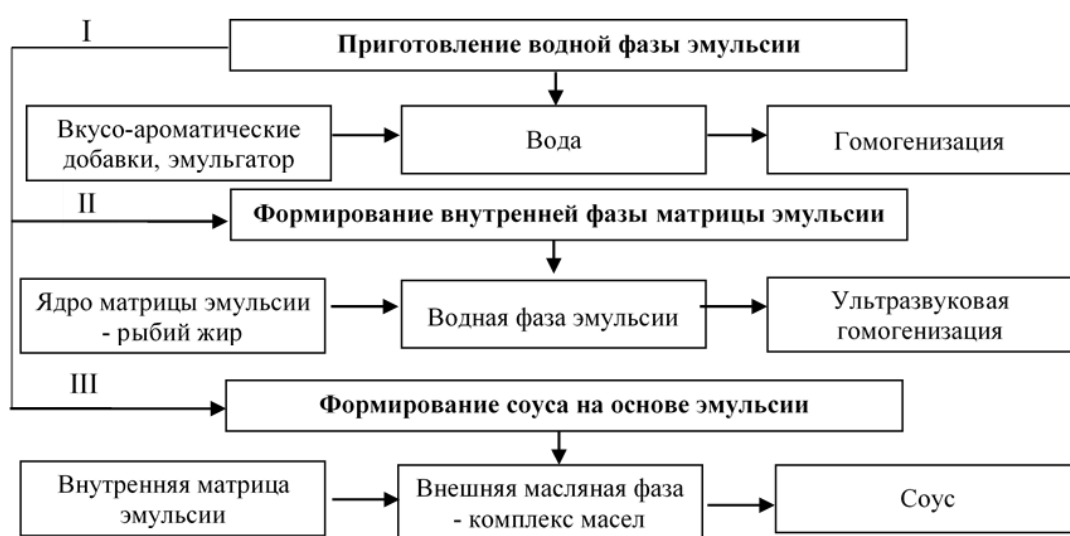


Рис. 1. Способ приготовления эмульсионного соуса

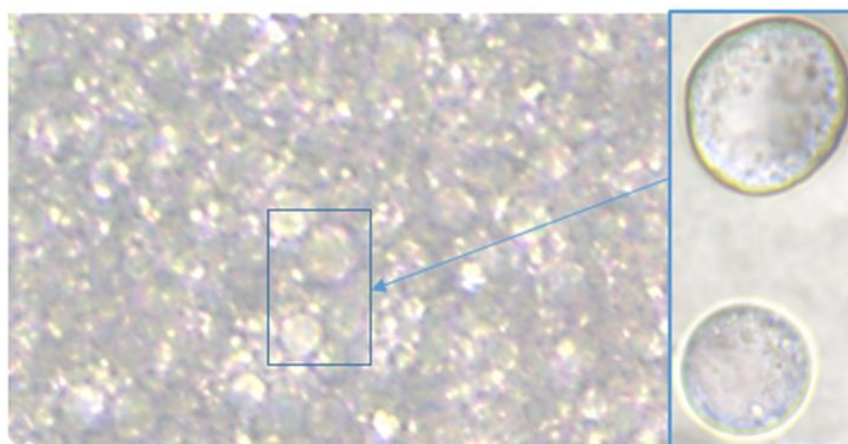


Рис. 2. Морфология эмульсионного соуса

Таблица 1

| Наименование | Содержание в соусе, мас. % | | |
|--------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|
| | образец № 1 | образец № 2 | образец № 3 |
| Соль поваренная пищевая | 1,15 | 1,15 | 1,15 |
| Рыжиковое масло | – | 7,5 | – |
| Горчичное масло | – | – | 32,5 |
| Льняное масло | 7,5 | – | – |
| Подсолнечное масло | 42,5 | 42,5 | 17,5 |
| Вода | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| Горчичный порошок | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Смесь глицеридов жирных кислот | 6,5 | 6,5 | 6,5 |
| Лецитин | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Лимонная кислота | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Сахар-песок | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Натрий двууглекислый | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Рыбий жир | 12,5 | 12,5 | 12,5 |

Таблица 2

| Наименование кислоты | Содержание, % от суммы | | |
|----------------------------------|------------------------|--------------|--------------|
| | образец № 1 | образец № 2 | образец № 3 |
| Сумма насыщенных жирных кислот | 6,97 ± 0,15 | 6,79 ± 0,34 | 5,62 ± 0,34 |
| Пальмитиновая | 4,99 ± 0,13 | 4,97 ± 0,35 | 4,52 ± 0,11 |
| Стеариновая | 1,98 ± 0,05 | 1,82 ± 0,07 | 1,10 ± 0,10 |
| Сумма ненасыщенных жирных кислот | 48,27 ± 0,20 | 47,82 ± 0,47 | 45,87 ± 0,33 |
| Олеиновая | 14,62 ± 0,06 | 14,84 ± 0,19 | 18,74 ± 0,10 |
| Линолевая | 26,93 ± 0,04 | 27,19 ± 0,13 | 20,26 ± 0,13 |
| α-линоленовая | 4,11 ± 0,10 | 3,20 ± 0,09 | 4,27 ± 0,08 |
| ЭПК и ДГК | 2,61 ± 0,04 | 2,59 ± 0,16 | 2,60 ± 0,09 |

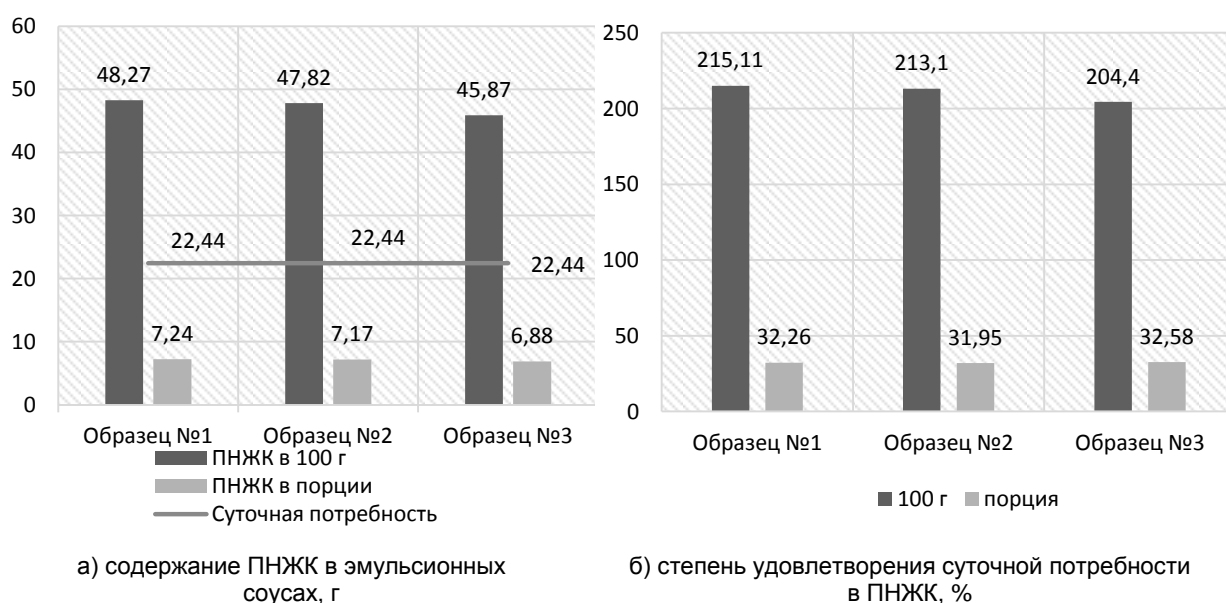


Рис. 3. Содержание ПНЖК и степень удовлетворения суточной потребности в них при употреблении соусов

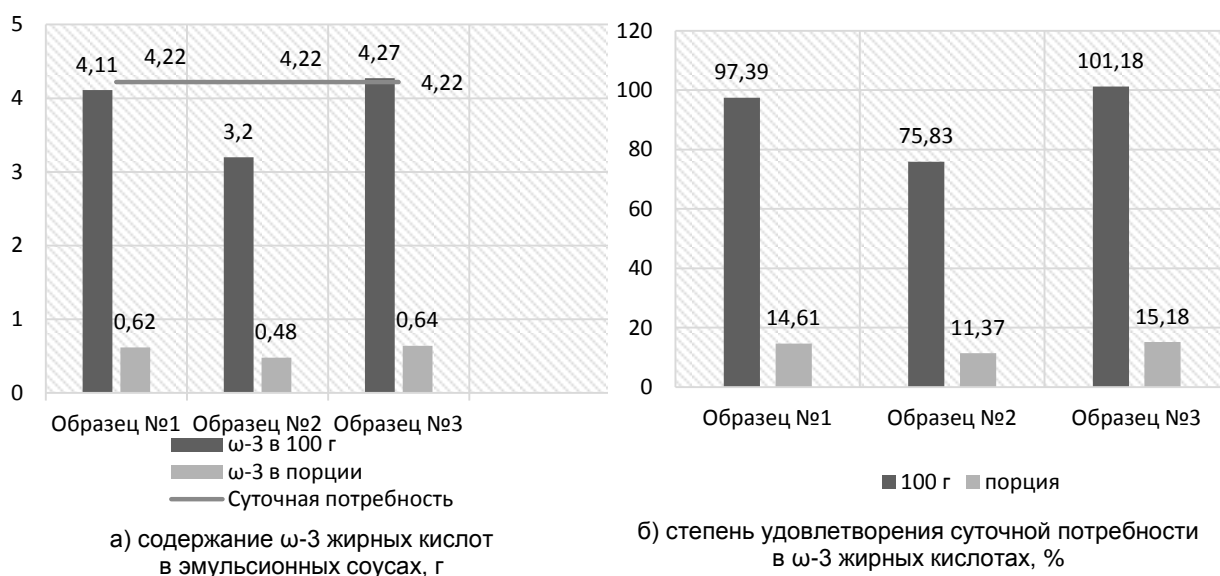


Рис. 4. Содержание ω-3 жирных кислот и степень удовлетворения суточной потребности в них при употреблении соусов

Представленные на рис. 4 результаты анализа показывают, что опытный образец № 3 содержит в своем составе количество ω -3 жирных кислот, чуть превышающее среднюю норму их потребления, и, таким образом, позволяет удовлетворить 101,18 % суточной потребности при употреблении его в количестве 100 г в сутки. При употреблении одной порции данного опытного образца эмульсионного соуса суточная потребность в ω -3 жирных кислотах удовлетворяется на 15,2 %. Опытный образец № 1 удовлетворяет суточную потребность в ω -3 жирных кислотах практически на 100 % за счет их содержания в 100 г в количестве, близком к суточной норме. Порция же данного соуса позволяет удовлетворить 15 % суточной нормы в ω -3 жирных кислотах. Образец № 2 содержит меньшее количество ω -3 жирных кислот – 3,2 г в 100 г и 0,48 г в порции, и поэтому при употреблении порции такого соуса потребность в ω -3 удовлетворяется на 11,4 %, а 100 г – на 75,83 %.

На рис. 5 представлены результаты анализа содержания ЭПК и ДГК в опытных образцах эмульсионных соусов и степень удовлетворения суточной потребности в них при употреблении 100 г и одной порции – 15 г в составе блюд.

Результаты исследования показывают,

что содержание ЭПК и ДГК во всех опытных образцах эмульсионных соусов находится на одном уровне ввиду того, что в рецептурах соусов находится одинаковое количество (10 мас. %) основного их источника – рыбьего жира. Такое количество позволяет удовлетворить суточную потребность в ЭПК и ДГК в среднем на 156 % при употреблении одной порции любого из опытных образцов эмульсионных соусов.

Заключение

Полученные в ходе исследования результаты показали, что разработанные эмульсионные соусы позволяют при употреблении 1 порции в сутки на 156 % в среднем удовлетворить суточную потребность взрослого человека в ЭПК и ДГК, на 32 % в среднем удовлетворить потребность в ПНЖК. По содержанию ω -3 жирных кислот опытные образцы № 1 и № 3 способны удовлетворить суточную потребность при употреблении одной порции на 15 %, что позволяет их отнести к функциональным продуктам питания. Основываясь на полученных результатах можно заключить, что эмульсионные соусы, оптимизированные по составу ПНЖК, способны обеспечить алиментарную коррекцию ряда неинфекционных заболеваний населения при регулярном их употреблении.

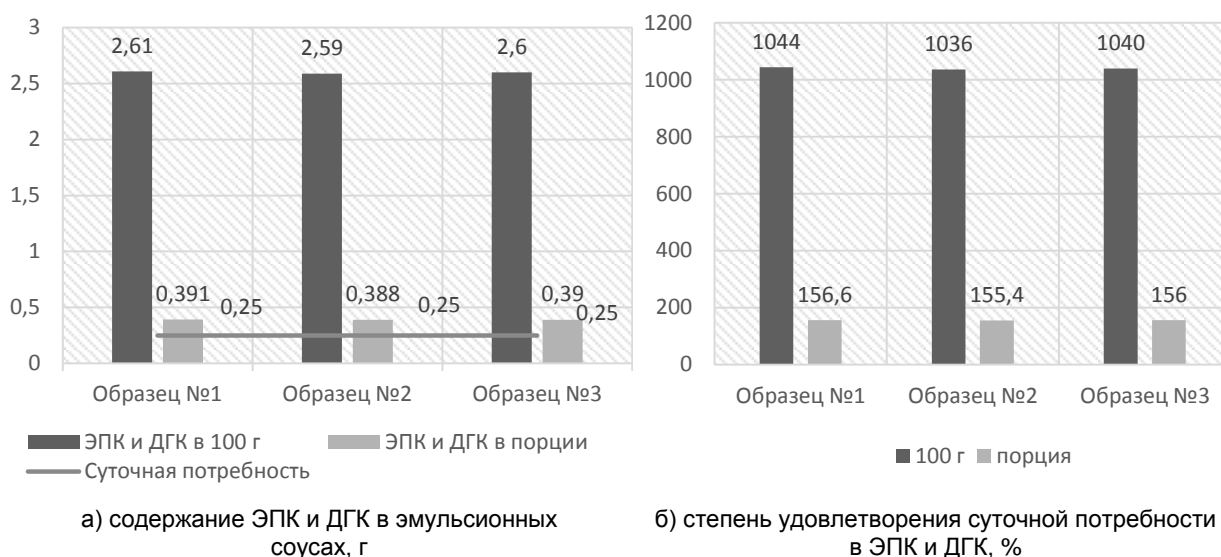


Рис. 5. Содержание ЭПК и ДГК и степень удовлетворения суточной потребности в них при употреблении соусов

Список литературы

1. Гладышев М.И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2012. Т. 5, № 4. С. 352–386.
2. Yu L., Yuan M., Wang L. The effect of omega-3 unsaturated fatty acids on non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review and meta-analysis of RCTs // *Pak J Med Sci.* 2017;33(4):1022–8. DOI: 10.12669/pjms.334.12315
3. Hodson L., Bhatia L., Scorletti E., Smith D.E., Jackson N.C., Shojaee-Moradie F. et al. Docosahexaenoic acid enrichment in NAFLD is associated with improvements in hepatic metabolism and hepatic insulin sensitivity: a pilot study // *Eur J Clin Nutr.* 2017;71(8):973–9. DOI: 10.1038/ejcn.2017.9
4. Тыртышная А.А. Механизмы влияния докозагексаеновой кислоты на когнитивные функции при нейровоспалении // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 5-2. С. 809–812.
5. Eriksson JW, Lundkvist P, Jansson PA, Johansson L, Kvarnstrom M, Moris L, et al. Effects of dapagliflozin and n-3 carboxylic acids on non-alcoholic fatty liver disease in people with type 2 diabetes: a double-blind randomised placebo-controlled study // *Diabetologia.* 2018;61(9):1923–34. DOI: 10.1007/s00125-018-4675-2
6. Brayner B, Kaur G, Keske MA, Livingstone KM. FADS Polymorphism, Omega-3 Fatty Acids and Diabetes Risk: A Systematic Review // *Nutrients.* 2018 Jun 13;10(6):758. DOI: 10.3390/nu10060758. PMID: 29899246; PMCID: PMC6024808.
7. Амиров Ф.П., Протопоп С.С. Метаболиты полиненасыщенных жирных кислот в качестве биологически активных веществ // *Интернаука.* 2021. № 16-1(192). С. 62–64.
8. Salvia-Trujillo J.L, Soliva-Fortuny R., Rojas-Graü M.A., McClements D.J., Martín-Belloso O. Edible Nanoemulsions as Carriers of Active Ingredients: A Review // *Annu Rev Food Sci Technol.* 2017 Feb 28;8:439–466. DOI: 10.1146/annurev-food-030216-025908. Epub 2017 Jan 11. PMID: 28125342.
9. Sugasini, Dhavamani & Lokesh, Belur. (2012). Uptake of α -Linolenic Acid and Its Conversion to Long Chain Omega-3 Fatty Acids in Rats Fed Microemulsions of Linseed Oil // *Lipids.* 49. DOI: 10.1007/s11745-012-3731-9.
10. Elmira Arab-Tehrany, Muriel Jacquot, Claire Gaiani, Muhammad Imran, Stephane Desobry, Michel Linder, Beneficial effects and oxidative stability of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids // *Trends in Food Science & Technology, Volume 25, Issue 1, 2012, P. 24–33.* DOI: 10.1016/j.tifs.2011.12.002.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021661916 Российская Федерация. Компьютерная программа проектирования оптимального соотношения полиненасыщенных жирных кислот жировой основы: № 2021660827: заявл. 08.07.2021: опубл. 19.07.2021 / О.В. Феофилактова, Д.В. Гращенков; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный экономический университет».

References

1. Gladyshev M.I. Essential polyunsaturated fatty acids and their dietary sources for man *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya* [Journal of the Siberian federal university. Biology], 2012, vol. 5, no. 4, pp. 352–386. (In Russ.)
2. Yu L., Yuan M., Wang L. The effect of omega-3 unsaturated fatty acids on non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review and meta-analysis of RCTs. *Pak J Med Sci.*, 2017;33(4):1022–8. DOI: 10.12669/pjms.334.12315
3. Hodson L., Bhatia L., Scorletti E., Smith D.E., Jackson N.C., Shojaee-Moradie F. et al. Docosahexaenoic acid enrichment in NAFLD is associated with improvements in hepatic metabolism and hepatic insulin sensitivity: a pilot study. *Eur J Clin Nutr.*, 2017;71(8):973–9. DOI: 10.1038/ejcn.2017.9

4. Tyrtysnaya A.A. Mechanisms of docosahexaenoic acid influence on cognitive functions at neuroinflammation *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2014, vol. 16, no. 5-2, pp. 809–812. (In Russ.)
5. Eriksson J.W., Lundkvist P., Jansson P.A., Johansson L., Kvarnstrom M., Moris L. et al. Effects of dapagliflozin and n-3 carboxylic acids on non-alcoholic fatty liver disease in people with type 2 diabetes: a double-blind randomised placebo-controlled study. *Diabetologia*, 2018;61(9):1923–34. DOI: 10.1007/s00125-018-4675-2
6. Brayner B., Kaur G., Keske M.A., Livingstone K.M. FADS Polymorphism, Omega-3 Fatty Acids and Diabetes Risk: A Systematic Review. *Nutrients*, 2018 Jun 13;10(6):758. DOI: 10.3390/nu10060758. PMID: 29899246; PMCID: PMC6024808.
7. Amirov F.P., Protopop S.S. Metabolites of polyunsaturated fatty acids as biologically active substances *Internauka*, 2021, no. 16-1(192), pp. 62–64. (In Russ.)
8. Salvia-Trujillo L., Soliva-Fortuny R., Rojas-Graü M.A., McClements D.J., Martín-Belloso O. Edible Nanoemulsions as Carriers of Active Ingredients: A Review. *Annu Rev Food Sci Technol.*, 2017 Feb 28;8:439–466. DOI: 10.1146/annurev-food-030216-025908. Epub 2017 Jan 11. PMID: 28125342.
9. Sugasini Dhavamani & Lokesh Belur. (2012). Uptake of α -Linolenic Acid and Its Conversion to Long Chain Omega-3 Fatty Acids in Rats Fed Microemulsions of Linseed Oil. *Lipids*. 49. DOI: 10.1007/s11745-012-3731-9.
10. Elmira Arab-Tehrany, Muriel Jacquot, Claire Gaiani, Muhammad Imran, Ste-phane Desobry, Michel Linder, Beneficial effects and oxidative stability of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids. *Trends in Food Science & Technology*, 2012, vol. 25, iss. 1, pp. 24–33. DOI: 10.1016/j.tifs.2011.12.002.
11. Feofilaktova O.V., Grashchenkov D.V. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2021661916 Rossiyskaya Federatsiya. Komp'yuternaya programma proektirovaniya optimal'nogo sootnosheniya polinenasyschennykh zhirnykh kislot zhirovoy osnovy* [Certificate of state registration of the computer program No. 2021661916 Russian Federation. Computer program for designing the optimal ratio of polyunsaturated fatty acids of the fatty base]. No. 2021660827: Appl. 07/08/2021: publ. 07/19/2021.

Информация об авторах

Феофилактова Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии питания, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия, feofiov@usue.ru

Заворохина Наталия Валерьевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии питания, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия, degustator@olympus.ru

Information about the authors

Olga V. Feofilaktova, Candidate of Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of the Food Technology Department, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia, feofiov@usue.ru

Natalia V. Zavorokhina, Doctor of Technical Science, Associate Professor, Professor of the Food Technology Department, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia, degustator@olympus.ru

Статья поступила в редакцию 10.09.2022

The article was submitted 10.09.2022