

ПРЕБИОТИЧЕСКИЕ И ХОЛЕСТЕРИНДЕГРАДИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ОБЛЕПИХОВОГО МАСЛА

И.С. Хамагаева¹, *ikhamagaeva@mail.ru*
И.В. Бояринева², *boyarineva.iv@dvfu.ru*
Н.А. Замбалова¹, *Zambalova2015@mail.ru*
Л.М. Качанина¹, *lm.kaluda@mail.ru*

¹ *Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия*

² *Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия*

Аннотация. Широкая распространённость заболеваний сердечно-сосудистой системы приводит к потерям трудоспособности и повышению смертности населения. В настоящее время установлено, что сердечно-сосудистые заболевания и атеросклероз связаны с нарушением липидного обмена холестерина и его фракций. Важное значение в коррекции нарушений липидного обмена имеют медикаментозные методы лечения. Одним из эффективных методов является употребление в пищу продуктов и БАД, снижающих содержание холестерина. К таким продуктам относится облепиховое масло, которое является богатейшим источником моно- и полиненасыщенных жирных кислот и других биологически-активных веществ, улучшающих липидный обмен. В профилактике липидного обмена важная роль принадлежит пробиотическим микроорганизмам. Известно, что микрофлора, населяющая желудочно-кишечный тракт человека, активно участвует в холестеринном обмене. Изменение липидного обмена всегда сопровождается нарушением микробиома желудочно-кишечного тракта. В данной работе изучено облепиховое масло в качестве пребиотика и холестериндеградирующего компонента в сочетании с пропионовокислыми бактериями. По результатам исследования следует, что облепиховое масло способствует увеличению титра пробиотической микрофлоры и обладает холестериндеградирующими свойствами. Определено участие облепихового масла в деградации холестерина пропионовокислыми бактериями. Установлена концентрация облепихового масла 3–5 %, которая повышает выход биомассы и при этом количество клеток пропионовокислых бактерий достигает 10^{12} К.О.Е. в см³, что подтверждает его пребиотические свойства. Установлено, что при культивировании пропионовокислых бактерий в питательной среде с облепиховым маслом повышается активность трансформации и деградации холестерина. Максимальное количество холестерина разрушается при концентрации облепихового масла 5 % и составляет 75 %. Важно отметить, что пропионовокислые микроорганизмы проявляют выраженную деструктивную активность снижать уровень холестерина в инкубационной среде в зависимости от продолжительности культивирования. Важно отметить, что пропионовокислые бактерии проявляют выраженную деструктивную активность по отношению к холестерину. Наблюдается снижение уровня холестерина в инкубационной среде в зависимости от продолжительности культивирования.

Ключевые слова: облепиховое масло, полиненасыщенные жирные кислоты, пропионовокислые бактерии, холестериндеградирующая активность

Для цитирования: Пребиотические и холестериндеградирующие свойства облепихового масла / И.С. Хамагаева, И.В. Бояринева, Н.А. Замбалова, Л.М. Качанина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2023. Т. 11, № 4. С. 36–43. DOI: 10.14529/food230404

Original article
DOI: 10.14529/food230404

PREBIOTIC AND CHOLESTEROL-DEGRADING PROPERTIES OF SEA BUCKTHORN OIL

I.S. Khamagaeva¹, ikhamagaeva@mail.ru

I.V. Boyarineva², boyarineva.iv@dvfu.ru

N.A. Zambalova¹, zambalova2015@mail.ru

L.M. Kachanina¹, lm.kaluda@mail.ru

¹ East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

² Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Abstract. The widespread prevalence of diseases of the cardiovascular system leads to disability and increased mortality of the population. Currently, it has been established that cardiovascular diseases and atherosclerosis are associated with a violation of the lipid metabolism of cholesterol and its fractions. Medicinal methods of treatment are of great importance in the correction of lipid metabolism disorders. One of the effective methods is the use of foods and dietary supplements that reduce cholesterol. Such products include sea buckthorn oil, which is the richest source of mono- and polyunsaturated fatty acids, and other biologically active substances that improve lipid metabolism. Probiotic microorganisms play an important role in the prevention of lipid metabolism. It is known that the microflora inhabiting the human gastrointestinal tract is actively involved in cholesterol metabolism. A change in lipid metabolism is always accompanied by a violation of the microbiome of the gastrointestinal tract. According to the research results, sea buckthorn oil helps to increase the titer of probiotic microflora and has cholesterol-degrading properties. According to the research results, sea buckthorn oil has prebiotic and cholesterol-degrading properties. The concentration of sea buckthorn oil of 3–5 % has been established, which increases the yield of biomass and at the same time the number of cells of propionic acid bacteria reaches 10^{12} K.O.E. in cm^3 , which confirms its prebiotic properties. It has been established that when propionic acid bacteria are cultivated in a nutrient medium with sea buckthorn oil, the activity of cholesterol transformation and degradation increases. The maximum amount of cholesterol is destroyed at a concentration of sea buckthorn oil of 5 % and is 75 %. It is important to note that propionic acid bacteria exhibit pronounced destructive activity in relation to cholesterol. There is a decrease in cholesterol levels in the incubation medium depending on the duration of cultivation.

Keywords: sea buckthorn oil, polyunsaturated fatty acids, propionic acid bacteria, cholesterol-degrading activity

For citation: Khamagaeva I.S., Boyarineva I.V., Zambalova N.A., Kachanina L.M. Prebiotic and cholesterol-degrading properties of sea buckthorn oil. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2023, vol. 11, no. 4, pp. 36–43. (In Russ.) DOI: 10.14529/food230404

Введение

В последние годы накоплены многочисленные данные, подтверждающие эффективность ω -3 жирных кислот при сердечно-сосудистых заболеваниях из-за их способности снижать содержание холестерина и триглицеридов в крови. ω -3 жирные кислоты стали рассматривать как одну из общепринятых категорий функционального питания. Эти ненасыщенные кислоты в большом количестве

содержатся в рыбьем жире и различных видах растительных масел. Полиненасыщенные жирные кислоты оказывают разнообразные лечебно-профилактические эффекты, так как они могут быть субстратом для микроорганизмов и участвовать в регуляции липидного обмена, и влиять на окислительно-восстановительный потенциал, от которого в значительной степени зависит состав и количественное содержание кишечной микрофлоры [1–3].

Облепиховое масло является уникальным источником моно- и полиненасыщенных кислот, которые представлены пальмитиновой, олеиновой ω -9, линолевой ω -6 и линоленовой ω -3. В комплексном сочетании эти кислоты оказывают выраженное противовоспалительное, иммуномодулирующее действие, регулируют липидный обмен и оказывают благоприятное воздействие на сердечно-сосудистую систему [4–7].

Кишечная резидентная и транзитная микрофлора макроорганизма, синтезируя, трансформируя или метаболизируя экзогенный и эндогенный холестерин в желчные кислоты, активно участвует в холестериновом метаболизме [8]. Нарушение кишечного микробного сообщества обуславливает изменение липидного состава крови, что приводит к реализации нарушений липидного метаболизма [9].

У всех больных гиперхолестеринемией отмечались дисбиотические нарушения в микрофлоре кишечника, которые проявлялись в повышении количества кишечных палочек, стафилококков и грибов с одновременным снижением в фекалиях лактобацилл и бифидобактерий [10].

Для нормализации микробиома желудочно-кишечного тракта обычно используются пробиотики, в основном бифидобактерии и лактобациллы. Имеются сведения, что холестерин может разрушаться кишечной микрофлорой. Однако лишь в последние годы изучается, какая группа кишечных бактерий модифицирует молекулы холестерина [11]. Введение пробиотических микроорганизмов в количествах, оказывающих положительное влияние на состояние здоровья, может способствовать уменьшению повышенной проницаемости кишечного барьера и содействовать улучшению клинической симптоматики, иммунного и пищевого статуса больных людей [12].

Пропионовокислые бактерии относятся к пробиотикам, населяющим желудочно-кишечный тракт человека. Они безопасны, технологичны, обладают высокой выживаемостью в кислой среде желудочно-кишечного тракта при воздействии желчи, не обладают никакими известными факторами вирулентности [13]. Благодаря способности к продуцированию метаболитических компонентов бактерии рода *Propionibacterium* актуально использовать как в качестве самостоятельных пробиотиков, так и в составе поликомпонентных

микробных биодобавок. Доказан их высокий биотехнологический потенциал и пробиотические свойства в сообществе с молочнокислыми микроорганизмами [14, 15].

Цель работы: изучить пребиотические и холестериндеградирующими свойствами облепихового масла в сочетании с пропионовокислыми бактериями.

Объекты и методы исследований

Экспериментальные исследования проводились на кафедре «Технология молока и молочных продуктов. Товароведение и экспертиза товаров» ВСГУТУ.

Объектами исследования являлись облепиховое масло (ТУ 9141-001-31503605-15), чистые культуры пропионовокислых бактерий *Propionibacterium freundenreichii* III85, активизированные биотехнологическим методом, разработанным в ВСГУТУ [16, 17]. Облепиховое масло вносили в питательную среду в концентрациях 3; 5 и 7%. В качестве контроля применяли питательную среду без облепихового масла.

Концентрацию холестерина в питательной среде определяли ферментативным методом [18, 19]. Сущность метода заключается в том, что под действием фермента холестеринэстеразы эфиры холестерина распадаются на холестерин и жирные кислоты. Далее холестерин под воздействием холестериноксидазмутазы дает окрашенное соединение и перекись водорода. Интенсивность окраски в реакционной смеси прямо пропорциональна концентрации холестерина в пробе. После этого измеряем оптическую плотность опытной пробы (E) и калибровочной пробы (E_k) против рабочего реагента, состоящего из смеси ферментов при длине волны 500 нм. Далее проводим измерение при длине волны 500 нм значения оптической плотности опытной пробы (E) и калибровочной пробы (E_k) против рабочего реагента, состоящего из смеси ферментов. Концентрацию холестерина в пробе определяли расчетным методом по формуле:

$$C = \frac{E * 4,65}{E_k}, \quad (1)$$

где C – концентрация холестерина в пробе, ммоль/л; E – оптическая плотность опытных образцов; E_k – оптическая плотность калибровочных образцов; 4,65 – концентрация холестерина в калибраторе, ммоль/л.

Для объективной оценки полученных экспериментальных данных проводили их математическую обработку по результатам (3–4)

повторности. Статистическую обработку данных проводили с вычислением средних арифметических и их доверительных интервалов при $p < 0,05$.

Оптическую плотность биомассы измеряли фотокolorиметрическим методом на спектрофотометре PD 303 APEL при длине волны 490 нм [20].

Количество клеток пропионовокислых бактерий определяли методом предельных разведений на кукурузно-лактозной среде ГМК-1 по МУК 4.2.999.00.

Результаты и их обсуждение

В первой серии опытов изучали выход биомассы пропионовокислых бактерий при различных концентрациях облепихового масла. Результаты исследований представлены на рис. 1.

Как показывают данные, представленные на рис. 1, при культивировании пропионовокислых бактерий на средах с различным содержанием облепихового масла наибольший прирост биомассы наблюдали при концентрации 3 %, об этом свидетельствует существенное повышение оптической плотности. При дальнейшем увеличении концентрации до 5 % прирост биомассы уменьшился почти в два раза, а при 7 % – оптическая плотность изменилась незначительно.

Вероятно, облепиховое масло, как природный ингибитор [21], оказывает влияние на рост пропионовокислой микрофлоры.

Следует отметить, что введение в среду культивирования пропионовокислых бактерий облепихового масла, содержащего поли-

ненасыщенные жирные кислоты и комплекс других биологически-активных веществ, обладающих антиоксидантной активностью, способных связывать кислород и его активные радикалы, приводит к более интенсивному накоплению биомассы в сравнении с контролем.

Положительное корректирующее действие облепихового масла на рост пропионовокислых бактерий можно объяснить его пребиотическими свойствами, которые обусловлены его уникальным составом. Уникальный состав облепихового масла, наличие в нём витаминов, каротиноидов, токоферолов и целого ряда других биологически активных веществ оказывают положительное корректирующее действие на рост пропионовокислых бактерий.

Добавление облепихового масла в питательную среду существенно отразилось на динамике роста пропионовокислых бактерий (рис. 2).

Данные, представленные на рис. 2, демонстрируют высокую скорость размножения пропионовокислых бактерий в присутствии облепихового масла. Установлено, что при концентрации облепихового масла 3 % количество жизнеспособных клеток достигает максимального значения и составляет 10^{12} КОЕ/см³, что на 2 порядка выше, чем в контрольном образце, а при концентрации 5–7 % наблюдали снижение динамики роста.

В дальнейших исследованиях изучали участие облепихового масла в изменении концентрации холестерина (рис. 3).

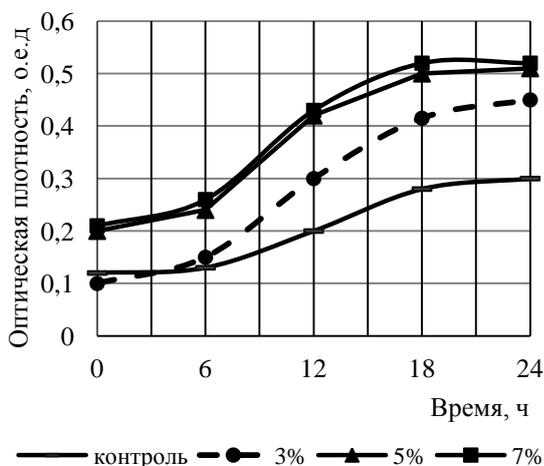


Рис. 1. Влияние концентрации облепихового масла на оптическую плотность биомассы

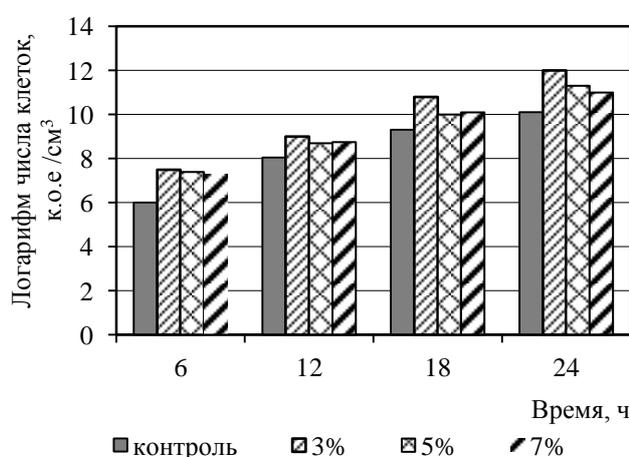


Рис. 2. Динамика роста пропионовокислых бактерий при различных концентрациях облепихового масла

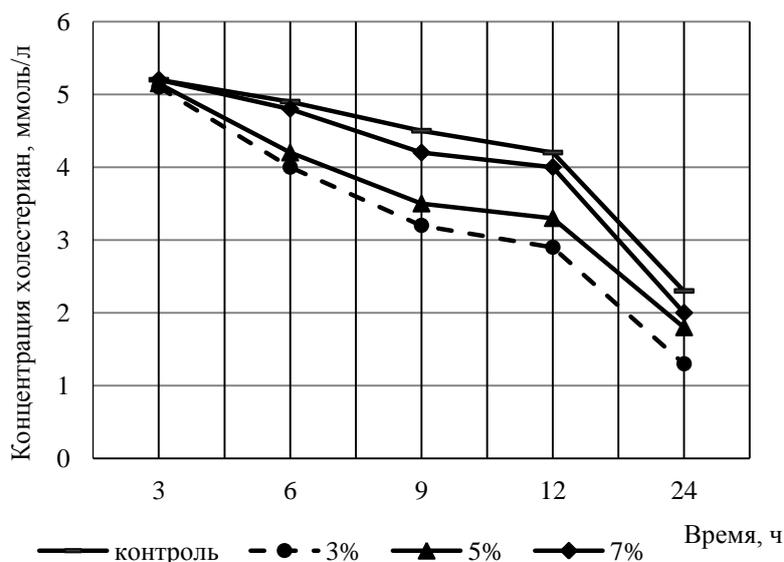


Рис. 3. Зависимость изменения концентрации холестерина от различного содержания облепихового масла в питательной среде

Результаты исследований, представленные на рис. 3, демонстрируют, что пропионовокислые бактерии при культивировании в питательных средах с различной концентрацией облепихового масла с добавлением плазмы крови в качестве источника холестерина снижают уровень этого стероидного соединения. Наиболее выраженную деструктивную активность в отношении холестерина пропионовокислые бактерии приобретают в питательной среде с содержанием облепихового масла 3–5 %, а при концентрации 7 % холестериндеградующая способность увеличивалась незначительно. Наиболее выраженную деструктивную активность в отношении холестерина наблюдали в питательной

среде с содержанием облепихового масла 3 и 5 %. Концентрация облепихового масла 7 % в питательной среде незначительно повышает уровень холестерина.

Заключение

Таким образом, присутствие облепихового масла в питательной среде приводило к существенной биотрансформации холестерина, а деструктивная активность пропионовокислых бактерий зависела от концентрации облепихового масла.

Следует отметить, что культура проявляет свою специфическую активность снижать содержание холестерина в среде культивирования в зависимости от продолжительности инкубации.

Список литературы

1. Титов В.Н. Жирные кислоты, холестерин и атеросклероз // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2005. № 2. С. 36–38.
2. Brouwer I.A., Katan M.B., Zock P.L. Dietary α -linolenic acid is associated with reduced risk of fatal coronary heart disease, but increased prostate cancer risk: a meta-analysis // The Journal of nutrition. 2004. Vol. 134, № 4. P. 919–922.
3. Zhao G. et al. Dietary α -linolenic acid reduces inflammatory and lipid cardiovascular risk factors in hypercholesterolemic men and women // The Journal of nutrition. 2004. Vol. 134, № 11. P. 2991–2997.
4. Suryakumar G., Gupta A. Medicinal and therapeutic potential of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) // Journal of ethnopharmacology. 2011. Vol. 138, № 2. P. 268–278.
5. Larmo P.S. et al. Effects of sea buckthorn and bilberry on serum metabolites differ according to baseline metabolic profiles in overweight women: a randomized crossover trial // The American journal of clinical nutrition. 2013. Vol. 98, № 4. P. 941–951.

6. Teleszko M. et al. Analysis of lipophilic and hydrophilic bioactive compounds content in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015. Vol. 63, №16. P. 4120–4129.
7. Троняева О.В., Сафонова Е.Ф. Сравнительная характеристика растительных масел и масляных экстрактов, применяемых в фармации // *Химия растительного сырья*. 2013. № 4. С. 77–82.
8. Ойноткинова О.Ш., Никонов Е.Л., Демидова Т.Ю. и др. Изменения кишечной микробиоты как фактор риска развития дислипидемии, атеросклероза и роль пробиотиков в их профилактике // *Терапевтический архив*. 2020. № 92 (9). С. 94–101. DOI: 10.26442/00403660.2020.09.000784.
9. Emoto T., Yamashita T., Kobayashi T. et al. Characterization of gut microbiota profiles in coronary artery disease patients using data mining analysis of terminal restriction y length polymorphism: gut microbiota could be a diagnostic marker of coronary artery disease // *Heart Vessels*. 2017. Vol. 32. P.39–46. DOI: 10.1007/s00380-016-0841-y.
10. Lye H.S., Rusul G., Liong M.T. Removal of cholesterol by lactobacilli via incorporation and conversion to coprostanol // *Journal of dairy science*. 2010. Vol. 93, № 4. P. 1383–1392.
11. Nguyen T.D.T., Kang J.H., Lee M.S. Characterization of *Lactobacillus plantarum* PH04, a potential probiotic bacterium with cholesterol-lowering effects // *International journal of food microbiology*. 2007. Vol. 113, № 3. P. 358–361.
12. Лукичев Б.Г., Румянцев А.Ш., Панина И.Ю., Акименко В. Микробиота кишечника и хроническая болезнь почек. Сообщение второе // *Нефрология*. 2019. № 23(1). С. 18–31. DOI: 10.24884/1561-6274-2018-23-1-18-31.
13. Fabien J. Cousin, Denis D.G. Mater, Benoît Folligné, Gwénaél Jan. Dairy propionibacteria as human probiotics: A review of recent evidence // *Dairy Sci. & Technol.* 2011. Vol. 91. P. 1–26. DOI: 10.1051/dst/2010032.
14. Милентьева И.С., Козлова О.В., Еремеева Н.И. Исследование пробиотических свойств бактерий рода *Propionibacterium* // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии»*. 2021. Т. 9, № 2. С. 83–92. DOI: 10.14529/food210209
15. Пат. 2789036 РФ, МПК C12N 1/20 (2006.01), C12R 1/225 (2006.01). Способ получения бактериального концентрата на основе симбиоза пробиотических микроорганизмов / И.С. Хамагаева, И.В. Бояринева, И.Е. Муруев; заявитель и патентообладатель ООО «Малое инновационное предприятие «Бифивит». – № 2021110187; заявл. 12.04.2021; опубл. 12.10.2022.
16. Пат. 2129794 РФ, МПК A23C9/12, C12N1/20. Способ получения сухого препарата для производства кисломолочных продуктов / И.С. Хамагаева; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», Хамагаева Ирина Сергеевна. – № 97113240/13; заявл. 31.07.1997; опубл. 10.05.1999.
17. Пат. 2540022 РФ, МПК C12N 1/20 (2006.01), A23C 9/12 (2006.01), A61K 35/74 (2006.01). Способ получения бактериального концентрата бифидобактерий в жидкой форме / И.С. Хамагаева, Н.А. Замбалова; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», Хамагаева Ирина Сергеевна. – № 2013120619/10; заявл. 06.05.2013; опубл. 27.01.2015.
18. Liong M.T, Shah N.P., Bile salt deconjugation ability, bile salt hydrolase activity and cholesterol co-precipitation ability of lactobacilli strains // *International Dairy Journal*. 2005. Vol. 15. Issue 4. P. 391–398.
19. Li-Hua Li, Ewelina P. Dutkiewicz, Ying-Chen Huang, Hsin-Bai Zhou, Cheng-Chih Hsu, Analytical methods for cholesterol quantification // *Journal of Food and Drug Analysis*. 2019. Vol. 27, Issue 2. P. 375–386.
20. Арляпов В. А. и др. Определение кинетических параметров роста и зависимости окислительной активности от негативных факторов внешней среды у дрожжевых штаммов *Candida maltosa* и *Debaryomyces hansenii* // *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки*. 2009. № 2. С. 203–213.
21. Цехина Н.Н., Хасьянова Н.Г., Пирогова Н.А., Пучков С.В. Изучение окислительной стабильности облепихового масла // *Техника и технологии пищевых производств*. 2010. № 1 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-okislitelnoy-stabilnosti-oblepihovogo-masla> (дата обращения: 10.11.2023).

References

1. Titov V.N. Fatty acids, cholesterol and atherosclerosis. *Food ingredients. Raw materials and additives*, 2005, no. 2, pp. 36–38. (In Russ.)
2. Brouwer I. A., Katan M. B., Zock P. L. Dietary α -linolenic acid is associated with reduced risk of fatal coronary heart disease, but increased prostate cancer risk: a meta-analysis. *The Journal of nutrition*, 2004, vol. 134, no. 4, pp. 919–922.
3. Zhao G. et al. Dietary α -linolenic acid reduces inflammatory and lipid cardiovascular risk factors in hypercholesterolemic men and women. *The Journal of nutrition*, 2004, vol. 134, no. 11, pp. 2991–2997.
4. Suryakumar G., Gupta A. Medicinal and therapeutic potential of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Journal of ethnopharmacology*, 2011, vol. 138, no. 2, pp. 268–278.
5. Larmo P.S. et al. Effects of sea buckthorn and bilberry on serum metabolites differ according to baseline metabolic profiles in overweight women: a randomized crossover trial. *The American journal of clinical nutrition*, 2013, vol. 98, no. 4, pp. 941–951.
6. Teleszko M. et al. Analysis of lipophilic and hydrophilic bioactive compounds content in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, vol. 63, no. 16, pp. 4120–4129.
7. Tronyaeva O.V., Safonova E.F. Comparative characteristics of vegetable oils and oil extracts used in pharmacy. *Chemistry of vegetable raw materials*, 2013, no. 4, pp. 77–82. (In Russ.)
8. Oynotkinova O.Sh., Nikonov E.L., Demidova T.Yu. et al. Changes in the intestinal microbiota as a risk factor for dyslipidemia, atherosclerosis and the role of probiotics in their prevention. *Therapeutic Archive*, 2020, no. 92 (9), pp. 94–101. (In Russ.) DOI: 10.26442/00403660.2020.09.000784.
9. Emoto T., Yamashita T., Kobayashi T. et al. Characterization of gut microbiota profiles in coronary artery disease patients using data mining analysis of terminal restriction y length polymorphism: gut microbiota could be a diagnostic marker of coronary artery disease. *Heart Vessels*, 2017, vol. 32, pp. 39–46. DOI: 10.1007/s00380-016-0841-y.
10. Lye H.S., Rusul G., Liong M.T. Removal of cholesterol by lactobacilli via incorporation and conversion to coprostanol. *Journal of dairy science*, 2010, vol. 93, no. 4, pp. 1383–1392.
11. Nguyen T.D.T., Kang J.H., Lee M.S. Characterization of *Lactobacillus plantarum* PH04, a potential probiotic bacterium with cholesterol-lowering effects. *International journal of food microbiology*, 2007, vol. 113, no. 3, pp. 358–361.
12. Lukichev B.G., Rumyantsev A.S., Panina I.Y., Akimenko V. Colonic microbiota and chronic kidney diseases intestinal microbiota and chronic kidney disease. Part II. *Nephrology*, 2019, vol. 23, no. 1, pp. 18–31. (In Russ.) DOI: 10.24884/1561-6274-2018-23-1-18-31.
13. Fabien J. Cousin, Denis D.G. Mater, Benoît Foligné, Gwénaél Jan. Dairy propionibacteria as human probiotics: A review of recent evidence. *Dairy Sci. & Technol.*, 2011, vol. 91, pp. 1–26. DOI: 10.1051/dst/2010032.
14. Milentyeva I.S., Kozlova O.V., Ereemeva N.I. Study of Probiotic Properties of Bacteria of the Genus *Propionibacterium*. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 2, pp. 83–92. (In Russ.) DOI: 10.14529/food210209
15. Pat. 2789036 RF, MPK C12N 1/20 (2006.01), C12R 1/225 (2006.01). *Sposob polucheniya bakterial'nogo kontsentrata na osnove simbioza probioticheskikh mikroorganizmov* [Method for obtaining bacterial concentrate based on symbiosis of probiotic microorganisms] / I.S. Khamagaeva, I.V. Boyarineva, I.E. Muruev; applicant and patent holder Limited Liability Company “Small Innovative Enterprise “Bifivit”. No. 2021110187; application 12.04.2021; publ. 12.10.2022.
16. Pat. 2129794 RF, IPC A23C9/12, C12N1/20. *Sposob polucheniya sukhogo preparata dlya proizvodstva kislomolochnykh produktov* [Method of obtaining a dry preparation for the production of fermented milk products] / I.S. Khamagaeva; applicant and patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education “East Siberian State University of Technology and Management”, Khamagaeva Irina S. No. 97113240/13; application 31.07.1997; publ. 10.05.1999.

17. Pat. 2540022 RF, IPC C12N 1/20 (2006.01), A23C 9/12 (2006.01), A61K35/74 (2006.01). *Sposob polucheniya bakterial'nogo kontsentrata bifidobakteriy v zhidkoy forme* [Method for obtaining bacterial concentrate of bifidobacteria in liquid form] / I.S. Khamagaeva, N.A. Zambalova; applicant and patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "East Siberian State University of Technology and Management", Khamagaeva Irina S. No. 2013120619/10; application 06.05.2013; publ. 27.01.2015.

18. Liong M.T, Shah N.P., Bile salt deconjugation ability, bile salt hydrolase activity and cholesterol co-precipitation ability of lactobacilli strains. *International Dairy Journal*, 2005, vol. 15, issue 4, pp. 391–398.

19. Li-Hua Li, Ewelina P. Dutkiewicz, Ying-Chen Huang, Hsin-Bai Zhou, Cheng-Chih Hsu, Analytical methods for cholesterol quantification // *Journal of Food and Drug Analysis*, 2019, vol. 27, issue 2, pp. 375–386.

20. Arlyapov V.A. et al. Determination of kinetic parameters of growth and dependence of oxidative activity on negative environmental factors in yeast strains *Candida maltosa* and *Debaryomyces hansenii*. *Izvestiya Tula State University. Natural sciences*, 2009, no. 2, pp. 203–213. (In Russ.)

21. Tsekhina N.N., Khasyanova N.G., Pirogova N.A., Puchkov S.V. Study of oxidative stability of sea buckthorn oil. *Equipment and technology of food production*, 2010, no. 1 (16). (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-okislitelnoy-stabilnosti-oblepikhovogo-masla> (accessed: 10.11.2023).

Информация об авторах

Хамагаева Ирина Сергеевна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология продуктов животного происхождения», Институт пищевой инженерии и биотехнологии, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия, ikhamagaeva@mail.ru

Бояринева Ирина Валерьевна, доктор технических наук, профессор базовой кафедры «Биоэкономики и продовольственной безопасности» Инновационного технологического центра Передовой инженерной школы «Института биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия, boyarineva.iv@dvfu.ru

Замбалова Наталья Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Технологии продуктов общественного питания, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия, zambalova2015@mail.ru

Качанина Людмила Михайловна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Технология продуктов животного происхождения. Товароведение», Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия, lm.kaluda@mail.ru

Information about the authors

Irina S. Khamagaeva, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of "Technology of Animal Products", Institute of Food Engineering and Biotechnology, East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia, ikhamagaeva@mail.ru

Irina V. Boyarineva, Doctor of Technical Sciences, professor of the "Basic Department of Bioeconomics and Food Security" of the Innovative Technological Center of the Advanced Engineering School of the "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems", Federal State Autonomous educational institution of higher education "Far Eastern Federal University", Vladivostok, Russia, boyarineva.iv@dvfu.ru

Natalia A. Zambalova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology, East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia, zambalova2015@mail.ru

Lyudmila M. Kachanina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Technology of animal products. Commodity Science", East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia, lm.kaluda@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.06.2023

The article was submitted 28.06.2023