

УДК 664.36

Т. В. МАТВЄЄВА

СПОСОБИ ОДЕРЖАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПОЛІЕНАСИЧЕНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ

Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) надзвичайно важливі для здоров'я людини. Організм людини не в змозі самостійно виробляти ці кислоти. Вони потрапляють до організму з їжею. Однак не завжди можна відкоригувати нестачу ПНЖК в організмі людини збалансованими харчовими продуктами. В статті здійснено аналіз науково-технічної інформації, щодо технологій одержання індивідуальних ПНЖК, зокрема арахідонової (АК), ейкозапентаєнової, γ -ліноленої, лінолевої та інших з доступної вітчизняної сировини з метою подальшого їх використання у харчовій, косметичній, фармацевтичній та хімічній галузях.

Ключові слова: поліненасичені жирні кислоти, «незамінні» жирні кислоти, *Mortierella alpina*, арахідонова кислота, технологія, гідроліз, біоконверсія, трансформація.

Постановка проблеми. Отримання достатньої кількості ω -6 і ω -3 ПНЖК («незамінних» або есенціальних) дуже важливо для нормального психічного стану, працездатності та бадьорості людини. Найважливішими ПНЖК є ліолева (ω -6), ліоленова (ω -3) та арахідонова (ω -6) кислоти. Комплекс цих ПНЖК кислот ще називають вітаміном *F*. Вони впливають на ріст, формування і функціонування кровоносних судин, нервової системи, розвиток залоз, зволоженість шкіри та загальний фізичний стан. Однак організм людини не в змозі самостійно виробляти ці необхідні для його здоров'я – ліолеву та ліоленову кислоти, а тому потрібно забезпечити їх отримання з їжею, наприклад збалансованими за жирнокислотним складом купажеваними оліями. В організмі людини з ліолевої кислоти при наявності вітаміну *B*₆ і токоферолу утворюється арахідонова кислота (АК), яка входить до складу фосфоліпідів – основи клітинних мембран. Найбільша кількість її виявляється в мозку та м'язах. Крім того, АК як запальний медіатор бере участь у передачі клітинних сигналів. На початковому етапі еволюції людства співвідношення між ЖК групи ω -6 і ω -3 у харчуванні дорослої людини становило близько 1 : 1 – 4 : 1. В даний час воно становить 25 : 1. Така зміна оптимальної пропорції між незамінними ЖК у харчовому раціоні людини не може не позначитися на його (людини) здоров'ї [1]. Слід відмітити, що не завжди можна відкоригувати нестачу ПНЖК в організмі людини збалансованими харчовими продуктами (ранній вік, хвороба, непереносимість харчового продукту та ін.) і тоді потрібно вдаватися до використання фармпрепаратів або біологічно активних добавок. А для їх одержання потрібні індивідуальні ПНЖК.

Основними сферами застосування індивідуальних ПНЖК є не тільки фармакологічна та харчова галузі, але і косметична, сільське господарство. Прикладом використання індивідуальних «незамінних» ЖК у харчовій галузі може бути одержання молочних сумішей для дітей першого року життя. Основна задача, яка поставлена перед виробниками дитячих молочних сумішей – максимально наблизити жирнокислотний склад свого продукту до складу жіночого молока, оскільки коров'яче молоко містить істотно менше незамінних ПНЖК, ніж жіноче. Важливим при цьому є забезпечення достатнього рівня ліоле-

вої кислоти (4000 – 8000 мг/л), оптимального співвідношення між ω -6 і ω -3 ПНЖК, яке становить в жіночому молоці 10 : 1 – 7 : 1, і оптимального співвідношення вітаміну *E* та ПНЖК [2 – 4]. Порухення цих вимог неминуче приведе до суттєвих порушень метаболізму, оскільки і ω -6 (ліолева і арахідонова), і ω -3 ЖК (ліоленова, докозагексаєнової і ейкозапентаєнової), що є есенціальними для людини і особливо для дітей раннього віку, виконують ряд ключових функцій в організмі [5, 6]. При цьому важливий саме оптимальний рівень цих кислот у продукті, оскільки їх надлишок або зниження співвідношення між вітаміном *E* – основним антиоксидантом – і кількістю ПНЖК в заміниках може привести до несприятливих наслідків і, насамперед, до посилення окиснення ліпідів, а порушення співвідношення між ω -6 і ω -3 ЖК в суміші супроводжується зміною співвідношення в організмі дитини різних класів ейкозаноїдів, що грають важливу роль в регуляції різних фізіологічних реакцій [5 – 8]. Для забезпечення адекватного вмісту в заміниках жіночого молока ω -3 ЖК раніше до складу продуктів вводили соєву олію, що містить до 10 % γ -ліноленої кислоти – метаболічної попередниці ейкозапентаєнової і докозагексаєнової ЖК. Однак пізніше було встановлено, що організм дітей перших тижнів життя і особливо недоношених дітей не здатний утворювати ейкозапентаєнової і докозагексаєнової кислоти з ліноленої кислоти внаслідок ще незрілості ферментативної системи, що каталізує цю реакцію. До того ж, на сьогоднішній день соєву олію віднесено до алергенних продуктів. Тому вченими розроблено заміники жіночого молока, що містять ейкозапентаєнової і докозагексаєнової кислоти, джерелом яких служать препарати очищеного риб'ячого жиру або олії одноклітинних водоростей – *Cryptocodinium cohnii*, а також арахідонову кислоту, джерелом якої найчастіше є олія одноклітинних грибів – *Mortierella alpina* [7]. При цьому вельми істотним є забезпечення правильного співвідношення в сумішах довго ланцюгових ПНЖК ω -6 і ω -3 сімейства – арахідонової (20 : 4 ω -6), докозагексаєнової (22 : 6 ω -3), ейкозапентаєнової (20 : 5 ω -3), особливо враховуючи дані про можливий несприятливий вплив надлишку ейкозапентаєнової кислоти на ріст дітей [9].

У сільському господарстві індивідуальні ПНЖК

застосовують у вигляді їх етилових естерів, які використовують для росту, розвитку і підвищення врожайності ярої пшениці, а також для придушення життєдіяльності патогенів, що вражають наземну та кореневу частину рослин хворобами. З'ясовано, що в концентраціях 10^{-4} і 10^{-5} г/л отриманий препарат має стимулюючий вплив на ріст ярої пшениці і у всіх випробуваних концентраціях (10^{-5} – 10^{-2} г/л) викликає активізацію захисних сил рослини від фітопатогенів, що викликають борошнисту росу, септоріоз або кореневу гниль [10]. Дослідженнями препарату етилових ефірів ПНЖК, що містять близько 65 % етилового ефіру АК, встановлено, що обробка насіння гірчиці водним розчином, що містить етиловий ефір АК в концентрації $1,2 \cdot 10^{-7}$ г/л, стимулює швидкість їх проростання, збільшує їх схожість і довжину паростків порівняно з контролем. Крім того, даний препарат здатен в низьких концентраціях індукувати стійкість картоплі до фітопатогенів [11].

У зв'язку з вище наведеним та враховуючи високий рівень розвитку сільського господарства в Україні, удосконалення існуючих та створення нових ефективних вітчизняних технологій отримання індивідуальних ПНЖК для використання у виробництві фармпрепаратів, косметичної та харчової продукції, стимуляторів росту рослин, є на даний час актуальним.

Мета роботи. Метою роботи є здійснення аналізу науково-технічної інформації, щодо існуючих технологій одержання індивідуальних ПНЖК, зокрема арахідонової, ейкозапентаєнової, γ -ліноленової, лінолевої та інших кислот з доступної вітчизняної сировини для подальшого їх використання у фармацевтичній, косметичній, харчовій та хімічній галузях.

Сучасний стан проблеми. На даний час технологія одержання вищих ЖК з жирової сировини (хімічний гідроліз жирів) заснована на використанні високих температур (200 – 250 °C) і тисків (4 МПа), що призводить до великих енергозатрат і як наслідок – високої вартості кінцевого продукту – жирних кислот [12]. До того ж, у таких жорстких умовах ненасичені ЖК розпадаються, утворюють небажані полімери, кетони й вуглеводні [13].

Існує ферментний гідроліз з використанням, наприклад, неселективної ліпази, яка отримана з *Candida cylindracea* (*Candida rugosa*) або *Pseudomonas sp.*, що дозволяє реалізувати альтернативний процес для виробництва ЖК у м'яких умовах. Однак при використанні даних ліпаз ведеться відщеплення ЖК у всіх трьох положеннях гліцеринової основи, як і у випадку хімічного гідролізу [13], а значить другим етапом ферментного гідролізу повинна стати дистиляція одержаної суміші ЖК, яку проводять в вакуумі, а це може призвести до перегрівання ненасичених зв'язків та втраті їх біологічної активності. До того ж вартість кінцевого продукту (ПНЖК) збільшується.

Як вихідну жирову сировину для хімічного або ферментативного гідролізу використовують різні жири та олії, але для одержання індивідуальних ПНЖК бажано використовувати жири, що багаті на ці ненасичені жирні кислоти, наприклад, риб'ячий

жир. Але вироблений в Україні риб'ячий жир має низьку якість, а імпортований - високу ціну, яка звичайно буде впливати на вартість отриманих ПНЖК.

Основним джерелом отримання індивідуальної АК на сьогодні є ліпідні екстракти з печінки свиней та інших органів тварин, що робить їх великомасштабне виробництво неефективним (вміст АК складає не більше 0,2 % в перерахунку на суху масу) [14].

Протягом останніх двадцяти років значні успіхи були досягнуті в області біотехнологічного отримання АК за допомогою нижчих грибів і морських водоростей, які в ряді випадків дозволили здійснити її промислове виробництво [14].

Перспективним способом одержання ПНЖК, згідно робіт вчених Уфимського державного нафтового технічного університету, є мікробіологічний синтез з використанням грибу роду *Mortierella* [14 – 22]. Ефективним продуцентом ПНЖК є штам *Mortierella alpina 18-1*, який синтезує на рідкому глюкозо-картопляному середовищі до 42 % ліпідів, 56 % з яких є арахідоновою кислотою. Вихід арахідонової кислоти можна збільшити до 63,6 – 68,7 %, якщо середовище замінити на вівсяне з додаванням 1 % гліцерину та 0,01 % $ZnSO_4$ або $MgSO_4$. Зі збільшенням концентрації гліцерину прискорюється процес ліпидоутворення, однак ріст грибу при цьому значно інгібується [15]. В роботі [16] одержано мутанти фікоміцету *Mortierella alpina 18-1*, які здатні більш ефективно рости на середовищах з підвищеним вмістом гліцерину. В даному випадку використано гліцерин, що отримано як побічний продукт при синтезі метилових ефірів жирних кислот (виробництво біодизеля). Найбільш ефективно проявив себе гриб *Mortierella alpina GP-1*. Методом хроматомаспектроскопії метилових ефірів жирних кислот ліпідів грибу *Mortierella alpina GP-1* виявлені наступні кислоти: пальмітинова, стеаринова, олеїнова (15 %), лінолева (17 %), γ -ліноленова (5 %), арахідонова (65 %). Російськими біотехнологами трансформацією лляної олії за допомогою штамів *Mortierella alpina 18-1* та його галорезистентного мутанта *Mortierella alpina XH-1* [17, 18], які вирощені на вівсяному середовищі з гліцерином, одержано ейкозапентаєнову кислоту. *Shimizu S.* та ін. проведено біоконверсію кунжутної та трансформацію лляної олії з використанням штаму *Mortierella alpina 1S-4*, що дозволило синтезувати дігомо- γ -ліноленову кислоту та ейкозапентаєнову кислоту, відповідно [23, 24]. В роботі [19] вченими досліджена можливість одержання ліпідів, що збагачені цінними ПНЖК, шляхом конвертації кукурудзяної олії за допомогою міцелій *Mortierella alpina GP-1*, які одержано на 8, 10 та 13 добу. Встановлено, що найбільш ефективно субстрат трансформується міцелієм, який одержано на 13 добу. Внесення олії вдруге на 16 добу дозволило додатково збільшити вихід грибних ліпідів.

Особливий інтерес викликає біоконверсія малоцінних або відпрацьованих олій, жирів та побічних продуктів олієжирового виробництва в грибний жир. В роботі [20] досліджена можливість використання тваринних (курячого, свинячого) та кулінарного жи-

рів для одержання ПНЖК за допомогою фікоміцетів. Однак результати дослідження показали, що кулінарний та тваринні жири у складі поживного середовища для культивування грибу *Mortierella alpina* GP-1 стимулює ріст та накопичення ліпідів, але при цьому знижує вміст арахідонової кислоти.

В роботі [21] розглянута можливість використання грибу *Mortierella alpina* GP-1 для синтезування ліпідів з високим вмістом арахідонової кислоти на середовищах, що вміщують різні відходи виробництва соняшникової олії, зокрема гідрофуз, шрот, лузга, жирні кислоти. Показано, що найбільш активно гриб росте на вівсяному середовищі з додаванням 1 % гідрофуза, а також на гліцеринувміщуючому середовищі з сумішшю вівсяної крупи і шроту (1 : 1), накопичуючи до 25–27 % ліпідів, що містять 63–65 % арахідонової кислоти (від суми жирних кислот). Використання лушпиння для отримання арахідонової кислоти виявилось неможливим через відсутність у гриба ферментів, необхідних для розщеплення лігноцелюлози. Застосування жирних кислот в якості компонента ростового субстрату обмежується їх інгібуючою дією на ріст продуцента.

Можливість використання соапстоку – побічного продукту виробництва рафінованої соняшникової олії для одержання ліпідів, що вміщують ПНЖК, за допомогою мікроорганізмів, розглянута в [22]. Встановлено, що гриб *Mortierella alpina* GP-1 – продуцент арахідонової кислоти здатний рости на вівсяному середовищі з додаванням Na_2SO_4 (0,12 %) в присутності 0,5–2 % соапстоку з вмістом сухих речовин ~ 50 %. Кількість АК в ліпідах грибу, що отримано на середовищі з 0,5–1 % соапстоку досягає 56 %. При більш високих концентраціях соапстоку у середовищі (2–4 %) відбувається розвиток повітряного міцелію грибу та формування міцного субстратного міцелію, який містить ліпіди з низьким вмістом АК (~ 5 % від суми ЖК).

Висновки. В результаті роботи здійснено аналіз науково-технічної інформації, щодо існуючих технологій одержання індивідуальних ПНЖК, зокрема арахідонової, ейкозапентаєнової, γ -ліноленової лінолевої та інших кислот. Встановлено, що індивідуальні ПНЖК можна отримувати різними технологіями, зокрема хімічним або ферментативним гідролізом з подальшою дистиляцією жирних кислот. Але ці методи є багатостадійними та енергоємними. Крім того для даних технологій потрібна вихідна сировина високої якості, яка на даний час в Україні відсутня. Перспективним способом одержання ПНЖК є мікробіологічний синтез з використанням грибу роду *Mortierella*. Використання побічних продуктів переробки олієжирової сировини для одержання індивідуальних ПНЖК надасть можливість знизити вартість кінцевого продукту, що в майбутньому зробить дану технологію конкурентоспроможною в порівнянні з іншими.

Список літератури: 1. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915–04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – М., 2004. – 36 с.

2. Тутельян В. А. Детское питание. Руководство для врачей / под ред. В. А. Тутельяна, И. Я. Коня. – М.: Медицинское информационное агентство, 2009. – 968 с.
3. Fomon S. J. Nutrition of normal infants / ed. by S. J. Fomon – Mosby, 1993. – 420 p.
4. Коня И. Я. Руководство по детскому питанию // под ред. В. А. Тутельяна, И. Я. Коня – М.: Медицинское информационное агентство, 2004. – С. 52–170.
5. Ziegler E. Essential dietary lipids in: Present knowledge in nutrition / ed by E. Ziegler, L. J. Filer. – Washington: ILSI Press, 1996. – P. 58–67.
6. Carlsson S. E. Long chain polyunsaturated fatty acids in infants and children, in: Dietary fats in infancy and childhood / S. E. Carlsson // Annals of Nestle. – 1997. – V. 55, № 2. – P. 52–62.
7. Шилина Н. М. Современные представления о физиологических и метаболических функциях полиненасыщенных жирных кислот / Н. М. Шилина, И. Я. Коня // Вопросы детской диетологии. – 2004. – Т. 2, № 6. – С. 25–30.
8. Шилина Н. М. Современные представления о биологической роли цинка и меди в питании детей первого года жизни / Н. М. Шилина // Вопросы детской диетологии. – 2006. – Т. 4, № 3. – С. 42–45.
9. Коня И. Я. Современные представления о составе адаптированных молочных смесей и перспективах их совершенствования / И. Я. Коня, Л. С. Коновалова, Т. В. Абрамова // Лечащий врач. – 2011. – №8. – С. 28–30.
10. Рахимова Г. М. Влияние производных полиненасыщенных жирных кислот гриба – продуцента арахиноновой кислоты на рост и развитие пшеницы сорта «ОМСКАЯ-36» / Г. М. Рахимова, Р. Ф. Исаев, Л. Х. Халимова, А. А. Шараява, Ю. Р. Галиуллина, О. В. Радцева // Башкирский химический журнал. – 2014. – №2. – С. 74–78.
11. Петухова Н. И. Стимулирование роста и антистрессовой устойчивости растений с помощью производных полиненасыщенных липидов гриба *Mortierella alpina* GP-1 / Н. И. Петухова, О. В. Ландер, Д. В. Щербакова, В. В. Зорин // Башкирский химический журнал. – 2013. – №1. – С. 75–78.
12. Арутюнян Н. С. Технология переработки жиров / Н. С. Арутюнян, Е. А. Аршьева, Л. И. Янова и др.; под ред. Н. С. Арутюняна. – М.: Агропромиздат, 1985. – 368 с.
13. Гладкий Ф. Ф. Технология модифицированных жиров / Ф. Ф. Гладкий, В. К. Тимченко, I. М. Демидов та ін. – Харків: Підручник НТУ «ХПІ», 2014. – 214 с.
14. Рахматуллина Ю. Р. Разработка метода получения полиненасыщенных жирных кислот: автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 03.00.23 / Рахматуллина Ю. Р. – Казань, 2007. – 20 с.
15. Петухова Н. И. Исследование корреляции ТТХ-редуктазной активности с содержанием арахиноновой кислоты в липидах гриба *Mortierella alpina* 18-1 / Н. И. Петухова, Ю. Р. Рахматуллина, Я. Р. Якутова, Л. В. Спирихин, В. В. Зорин // Башкирский химический журнал. – 2006. – №1. – С. 95–97.
16. Петухова Н. И. Синтез полиненасыщенных жирных кислот глицеринустойчивым мутантом *Mortierella alpina* GP-1 / Н. И. Петухова, А. В. Митягина, В. В. Зорин // Башкирский химический журнал. – 2010. – №5. – С. 50–52.
17. Петухова Н. И. Биотрансформация льняного масла в липиды, обогащенные эйкозапентаеновой кислотой / Н. И. Петухова, Л. Я. Калимуллина, Ю. Р. Сюндюкова, В. В. Зорин // Башкирский химический журнал. – 2008. – №1. – С. 19–21.
18. Петухова Н. И. Исследование синтеза полиненасыщенных жирных кислот галорезистентным грибом *Mortierella alpina* ХН1 / Н. И. Петухова, Ю. Р. Рахматуллина, С. Н. Пантелеева, В. В. Зорин // Башкирский химический журнал. – 2007. – №1. – С. 141–144.
19. Петухова Н. И. Исследование биоконверсии кукурузного масла в полиненасыщенные грибные липиды с помощью фикомицета *Mortierella alpina* GP-1 / Н. И. Петухова, А. В. Хузина, О. В. Ландер, В. В. Зорин // Башкирский химический журнал. – 2009. – №4. – С. 83–85.
20. Петухова Н. И. Ис-

следование влияния кулинарного жира и животных жиров на рост и липидообразование продуцента арахидоновой кислоты / *Н. И. Петухова, А. В. Митягина, О. В. Ландер, В. В. Зорин* // Башкирский химический журнал. – 2010. – №5. – С. 25 – 27. **21.** *Петухова Н. И.* Исследование роста и липидообразования гриба *Mortierella alpina* ГР-1 – продуцента арахидоновой кислоты на отходах производства подсолнечного масла / *Н. И. Петухова, А. А. Шараева, А. Н. Шакиров, В. В. Зорин* // Башкирский химический журнал. – 2013. – №3. – С. 74 – 79. **22.** *Шараева А. А.* Влияние соапстока на рост и синтез арахидоновой кислоты гриба *Mortierella alpina* ГР-1 / *А. А. Шараева, Н. И. Петухова, Д. В. Щербакова, В. В. Зорин* // Башкирский химический журнал. – 2014. – №1. – С. 49 – 53. **23.** *Shimizu S.* Microbial conversion of an oil containing α -linolenic acid to an oil containing oicosapentaenoic acid / *S. Shimizu, H. Kawashima, K. Akimoto, Y. Shinmen, H. Yamada* // *J. Am. Chem. Soc.* – 1989. – V. 66. – P. 342 – 347. **24.** *Shimizu S.* Conversion of linseed oil to an eicosapentaenoic acid-containing oil by *Mortierella alpina* IS-4 at low temperature / *S. Shimizu, Y. Shinmen, H. Kawashima, K. Akimoto, H. Yamada* // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 1989. – V. 32. – P. 1 – 4.

Bibliography (transliterated): 1. Metodicheskie rekomendatsii MR 2.3.1.1915 – 04. Rekomenduemye urovni potrebleniya pischevyyih i biologicheskii aktivnyih veshchestv. Moskva. 2004. Print. **2.** Tutelyan, V. A., I. Ya. Konya. Detskoe pitanie. Rukovodstvo dlya vrachev. Moskva: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo. 2009. Print. **3.** Fomon, S. J. Nutrition of normal infants. Mosby. 1993. Print. **4.** Kon, I. Ya., V. A. Tutelyan. Rukovodstvo po detskomu pitaniyu. Moskva: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo. 2004. 52 – 170. Print. **5.** Ziegler, E., L. J. Filer. Essential dietary lipids in: Present knowledge in nutrition. Washington: ILSI Press. 1996. 58 – 67. Print. **6.** Carlsson, S. E. «Long chain polyunsaturated fatty acids in infants and children, in: Dietary fats in infancy and childhood». *Annales of Nestle.* Vol. 55. No 2. 1997. 52 – 62. Print. **7.** Shilina, N. M., I. Ya. Kon «Sovremennyye predstavleniya o fiziologicheskikh i metabolicheskikh funktsiyah polinenasyischennyih zhirnyih kislot». *Voprosy detskoj dietologii.* Vol. 2. No 6. 2004. 25 – 30. Print. **8.** Shilina, N. M. «Sovremennyye predstavleniya o biologicheskoy roli tsinka i medi v pitanii detey pervogo goda zhizni». *Voprosy detskoj dietologii.* Vol. 4. No 3. 2006. 42 – 45. Print. **9.** Kon, I. Ya. L. S. Konovalova, T. V. Abramova «Sovremennyye predstavleniya o sostave adaptirovannyih molochnyih smesey i perspektivah ih sovershenstvovaniya». *Lechaschiy vrach.* No 8. 2011. 28 – 30. Print. **10.** Rahimova, G. M., R. F. Isaev, L. H. Halimova, A. A. Sharaeva, Yu. R. Galiullina, O. V. Radtseva. «Vliyanie proizvodnyih polinenasyischennyih zhirnyih kislot griba – produtsenta arahidonovoy kisloty na rost i razvitie pshenitsyi sorta «OMSKAYa-36»». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 2. 2014. 74 – 78. Print. **11.** *Petuhova, N. I., O. V. Lander, D. V. Scherbakova, V. V. Zorin.* «Stimulirovanie rosta i

antistressovoy ustoychivosti rasteniy s pomoschyu proizvodnyih polinenasyischennyih lipidov griba *Mortierella alpina* GR-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 1. 2013. 75 – 78. Print. **12.** Arutyunyan, N. S., E. A. Arisheva, L. I. Yanova. *Tehnologiya pererabotki zhirov.* Moskva: Agropromizdat. 1985. Print. **13.** Gladkiy, F. F., V. K. Timchenko, I. M. Demidov ta in. *Tehnologiya modiflkovanih zhiriv.* Kharkiv: Pidruchnik NTU «HPI». 2014. Print. **14.** Rahmatullina, Yu. R. *Razrabotka metoda polucheniya polinenasyischennyih zhirnyih kislot:* avtoref. dis... na zdotuttya nauk. stupenya kand. tehn. nauk: spets. 03.00.23 / *Rahmatullina Yu. R.* Kazan. 2007. Print. **15.** *Petuhova, N. I., Yu. R. Rahmatullina, Ya. R. Yahutova, L. V. Spirihin, V. V. Zorin.* «Issledovanie korrelyatsii TTH-reduktaznoy aktivnosti s soderzhaniam arahidonovoy kisloty v lipidah griba *Mortierella alpina* 18-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 1. 2006. 95 – 97. Print. **16.** *Petuhova, N. I., A. V. Mityagina, V. V. Zorin.* «Sintez polinenasyischennyih zhirnyih kislot glitserinustoychivym mutantom *Mortierella alpina* GR-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 5. 2010. 50 – 52. Print. **17.** *Petuhova, N. I., L. Ya. Kalimullina, Yu. R. Syundyukova, V. V. Zorin.* «Biotransformatsiya lnyanogo masla v lipidy, obogaschennyye eykozapentaenovoy kislotoy». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 1. 2008. 19 – 21. Print. **18.** *Petuhova, N. I., Yu. R. Rahmatullina, S. N. Panteleeva, V. V. Zorin.* «Issledovanie sinteza polinenasyischennyih zhirnyih kislot galarezis-tennyim gibom *Mortierella alpina* HN-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 1. 2007. 141 – 144. Print. **19.** *Petuhova, N. I., A. V. Huzina, O. V. Lander, V. V. Zorin.* «Issledovanie biokonversii kukuruznogo masla v polinenasyischennyye gribnyie lipidy s pomoschyu fikomitseta *Mortierella alpina* GR-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 4. 2009. 83 – 85. Print. **20.** *Petuhova, N. I., A. V. Mityagina, O. V. Lander, V. V. Zorin.* «Issledovanie vliyaniya kulinarного zhira i zhivotnyih zhirov na rost i lipidoobrazovanie produtsenta arahidonovoy kisloty». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 5. 2010. 25 – 27. Print. **21.** *Petuhova, N. I., A. A. Sharaeva, A. N. Shakirov, V. V. Zorin.* «Issledovanie rosta i lipidoobrazovaniya griba *Mortierella alpina* GR-1 – produtsenta arahidonovoy kisloty na othodah proizvodstva podsolnechnogo masla». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 3. 2013. 74 – 79. Print. **22.** *Sharaeva, A. A., N. I. Petuhova, D. V. Scherbakova, V. V. Zorin.* «Vliyanie soapstoka na rost i sintez arahi-donovoy kisloty griba *Mortierella alpina* GR-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 1. 2014. 49 – 53. Print. **23.** *Shimizu, S., K. Kawashima, Akimoto, Y. Shinmen, H. Yamada.* «Microbial conversion of an oil containing α -linolenic acid to an oil containing oicosapentaenoic acid». *J. Am. Chem. Soc.* Vol. 66. 1989. 342 – 347. Print. **24.** *Shimizu, S., Y. Shinmen, H. Kawashima, K. Akimoto, H. Yamada* «Conversion of linseed oil to an eicosapentaenoic acid-containing oil by *Mortierella alpina* IS-4 at low temperature». *Appl. Microbiol. Biotechnol.* Vol. 32. 1989. 1 – 4. Print.

Надійшло (received) 15.09.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Матвеева Тетяна Вікторівна – канд. техн. наук, доцент, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України, учений секретар, м. Харків; тел.: (050) 259-72-80; e-mail: matveeva_73@mail.ua.

Matveeva Tatyana Viktorivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats National Academy Agricultural Sciences, Scientific secretary, Kharkiv; tel.: (050) 259-72-80; e-mail: matveeva_73@mail.ua.