

УДК 664.3, 664.66

## Полиненасыщенные жирные кислоты рыбного сырья в технологии функциональных продуктов

канд. техн. наук Байдалинова Л.С.

Андропова С.В. *andronova\_sv@bk.ru*

ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»

236022, г. Калининград, Советский проспект, 1

*Представлена технология обогащающей композиции на основе жира семги с добавлением CO<sub>2</sub>-экстракта розмарина для стабилизации липидов. Композиция является источником полиненасыщенных жирных кислот ряда омега-3 и может быть использована при изготовлении функционального продукта массового потребления – хлеба из пшеничной муки.*

**Ключевые слова:** омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты, сердечно-сосудистые заболевания, экстракт розмарина, функциональные продукты, хлеб пшеничный.

---

## Polyunsaturated fatty acids of fish raw in technology of functional food

*D.Sc. Baydalinova L.S., Andronova S.V.*

*Kaliningrad State Technical University,*

*236011, Russia, Kaliningrad, Sovetskiy Prospect, 1*

*The technology of enriching composition on the basis of fat of a salmon with addition of CO<sub>2</sub>-extract of rosemary for stabilization of lipids is presented. The composition is a source of polyunsaturated fatty acids of a row an omega-3 and can be used at production of a functional food of mass consumption – bread from wheat flour.*

**Keywords:** omega-3 polyunsaturated fatty acids, cardiovascular diseases, rosemary extract, functional food, white bread.

---

Население России постоянно испытывает острый дефицит в омега-3 полиненасыщенных жирных кислотах (ПНЖК), следствием чего является рост сердечно-сосудистых заболеваний, которые составляют до 50% в структуре смертности. Несмотря на множество проведенных исследований, точный механизм кардиопротекторного действия омега-3 ПНЖК неизвестен. Однако установлено, что они уменьшают риск внезапной смерти за счет снижения риска аритмий; уменьшают риск инфаркта миокарда и инсульта, проявляя антитромбическое действие; замедляют процесс атеросклеротических изменений сосудов; снижают артериальное давление; оказывают противовоспалительное действие. Клиническими испытаниями установлено, что употребление в сутки 1 г эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) кислот

(суммарно) способствует сокращению случаев внезапной смерти у страдающих ишемической болезнью сердца (ИБС) на 30% [1].

В 2003 г. Американской кардиологической ассоциацией (American Heart Association) было рекомендовано в целях профилактики сердечно-сосудистых заболеваний употреблять рыбу жирных пород минимум 2 раза в неделю, что соответствует 0,5 г ЭПК и ДГК. Для людей, страдающих ИБС, рекомендуется употреблять 1 г ЭПК и ДГК в сутки в составе пищевых продуктов или БАД, в случае необходимости снижения высокого уровня триглицеридов в крови следует увеличить дозу до 2-4 г в день [1]. В методических рекомендациях Института питания РАМН (2004 г.) приводится такой же суточный уровень потребления омега-3 жирных кислот – 1 г.

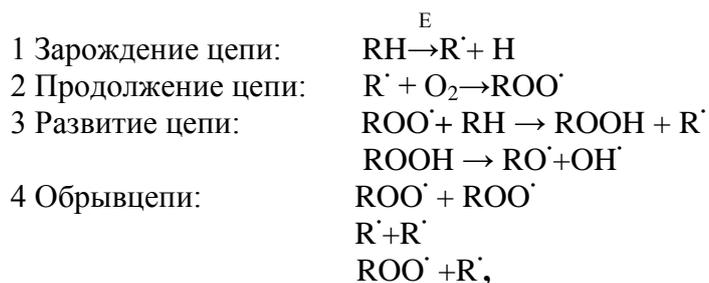
Обеспечение такой суточной потребности в омега-3 жирных кислотах затруднительно без дополнения рациона биологически активными добавками на основе полиненасыщенных жирных кислот или специальными функциональными продуктами. Функциональные продукты могут быть оптимальным вариантом восполнения дефицита омега-3 жирных кислот для людей, которые по каким-либо причинам не могут или не хотят принимать «аптечные» формы омега-3.

Целью данного исследования явилась разработка технологии функциональной добавки – источника полиненасыщенных жирных кислот ряда омега-3 – на основе жира семги. Выбор жиросодержащего сырья обусловлен тем, что липиды лососевых содержат значительное количество ЭПК и ДГК – порядка 10 % от массы [2] и имеют благоприятные органолептические характеристики. Липиды лососевых проявляют большую устойчивость к окислению в процессе хранения в сравнении с жирами других видов рыб за счет содержащегося в них антиоксидантного каротиноидной природы – астаксантина. В сравнении с  $\beta$ -каротином астаксантин содержит два дополнительных атома кислорода на каждом из  $\beta$ -иононовых колец и за счет этого проявляет более выраженные антиоксидантные свойства. Содержание астаксантина в различных видах лососевых рыб колеблется от 5,3 до 40,4 мг / кг [2].

Однако, несмотря на содержание в жире семги веществ с антиоксидантной активностью, в процессе хранения качество его ухудшается и сопровождается снижением пищевой ценности.

В ходе порчи жиров реакции гидролиза и окисления сопровождаются накоплением свободных жирных кислот, пероксидов и карбонильных соединений в соответствии с теориями цепных реакций Баха-Энглера и Семенова [3].

Цепные реакции характеризуются разрывом ковалентных связей и образованием промежуточных продуктов с высокой реакционной способностью – свободных радикалов. Последовательность развития цепной реакции можно представить в виде следующей схемы [3]:



где  $RH$  – исходное вещество;  $E$  – внешняя энергия;  $R^{\cdot}$ ,  $ROO^{\cdot}$ ,  $RO^{\cdot}$ ,  $OH^{\cdot}$  – свободные радикалы;  $ROOH$  – гидроперекись.

Первичными продуктами реакции окисления, таким образом, являются гидроперекиси и перекиси. Накопление первичных продуктов приводит к образованию вторичных соединений – оксикислот, альдегидов, кетонов, низкомолекулярных кислот, обуславливающих неприятный вкус и запах испорченного жира.

Для продления сроков годности продуктов используют антиоксиданты, которые можно разделить на две группы. К первой относятся вещества, которые встраиваются на различных этапах в реакции и за счет наличия определенных групп в составе молекул, например, фенольных, восстанавливают свободные радикалы, тем самым обрывая цепную реакцию. Восстановление происходит за счет отделения подвижного атома водорода.

Ко второй группе относятся антиоксиданты, которые не участвуют напрямую в реакции окисления, однако, способны уменьшать интенсивность процесса различными путями, например, за счет комплексообразования с каталитически активными ионами металлов, либо способности окисляться и регенерировать уже использованные антиоксиданты первой группы [4].

К антиоксидантам первой группы относятся как природные, так и синтетические вещества. Среди природных особый интерес представляют экстракты растений, в частности, экстракты розмарина. Экстракт розмарина не оказывает негативного действия на организм человека. Напротив, употребление его в пищу способствует улучшению аппетита, стимулирует иммунитет, активизирует кровообращение. Особый интерес представляет  $CO_2$ -экстракт. Суммарное содержание в нем терпенов и терпеноидов достигает 30%, а общее содержание антиоксидантов оценивается некоторыми исследователями как  $5,3 \times 10^{-2}$  моль/кг [5]. В составе экстракта розмарина наиболее сильными антиоксидантами являются карнозол, розмариновая, карнозойная кислоты, кофейная кислота, розманол и розмадиаль. Карнозойная кислота и карнозол являются мощными ингибиторами перекисного окисления липидов и способными поглощать

пероксильные радикалы [6]. Установлено также, что карнозол обладает устойчивостью к воздействию высоких температур – до 240°C [5].

Из различных экстрактов розмарина, доступных на рынке, наилучшее стабилизирующее действие на концентрат ПНЖК оказывает CO<sub>2</sub>-экстракт розмарина [7]. Благодаря этому именно он выбран в качестве антиоксиданта для концентрата полиненасыщенных жирных кислот семги.

Получение концентрата ПНЖК, использованного в дальнейшем в качестве обогащающей добавки к пищевому продукту, проводилось по следующей технологической схеме (рис. 1).

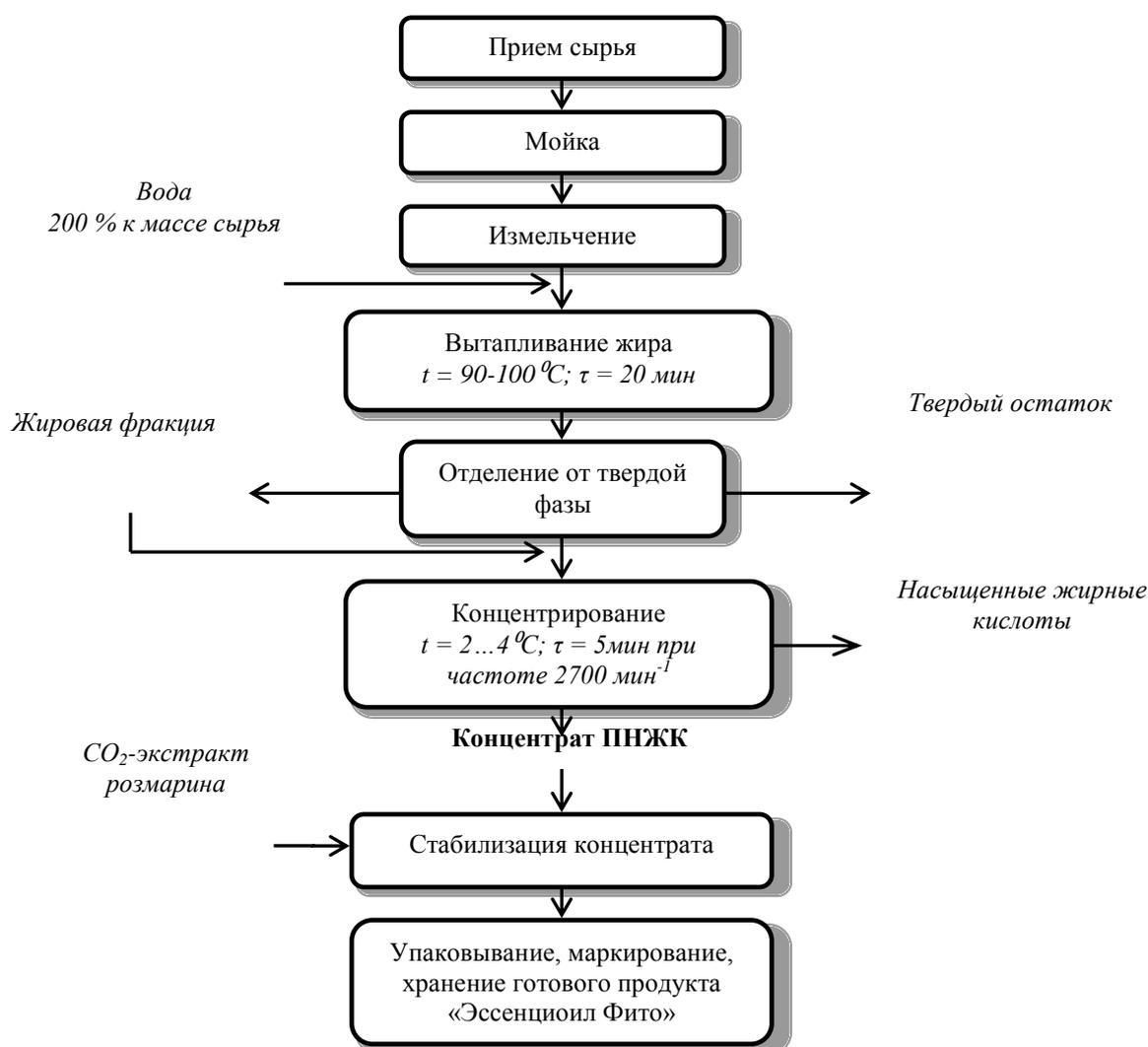


Рис. 1. Технологическая схема получения концентрата ПНЖК «Эссенциоил Фито»»

В качестве сырья для получения жира используются образующиеся при разделке семги хребты, головы срезки. Подготовка сырья включает в себя сортировку, мойку и

измельчение голов и хребтов до частиц размером 16-25 мм. Измельчение сырья позволяет значительно сократить время вытапливания жира, что играет важную роль для сохранения термолабильных биологически активных компонентов.

Жир, отделенный от плотной и жидкой фракций, подвергается концентрированию путем отделения насыщенных жирных кислот центрифугированием при частоте вращения  $2700 \text{ мин}^{-1}$  после охлаждения до температуры  $2-4^\circ\text{C}$ . При этом количество отделяющихся в виде плотного осадка насыщенных жирных кислот составляет 14...15 % от общей массы. Заключительным этапом является стабилизация очищенной фракции ПНЖК антиоксидантом –  $\text{CO}_2$ -экстрактом розмарина.

Для определения количества экстракта, необходимого для стабилизации ПНЖК, исследовалась динамика гидролитических и окислительных процессов в образцах с различными количествами антиокислителя (от 0,2 до 1,0% к массе липидов) и контрольном в процессе хранения при положительной нерегулируемой температуре без доступа света. В образцах определялись кислотные и перекисные числа.

Зависимости проявляемого антиоксидантного эффекта от количества вносимого экстракта представлены на рис. 2.

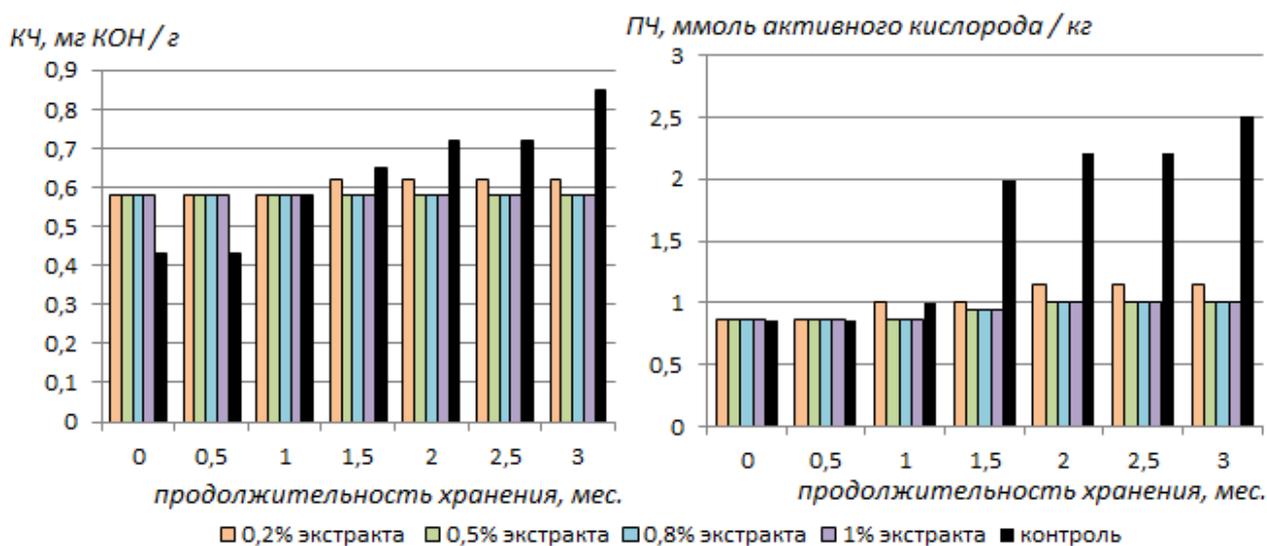


Рис. 2. Зависимость интенсивности гидролитических и окислительных процессов в концентрате ПНЖК от дозировки антиоксиданта ( $\text{CO}_2$ -экстракта розмарина)

Хотя по истечении 3 месяцев хранения кислотные и перекисные числа всех образцов находятся в пределах допустимых значений, указанных в СанПиН 2.3.2.1078-01 (группа 1.7.8. Жир пищевой из рыбы и морских млекопитающих; жир морских млекопитающих и рыбный в качестве диетического (лечебно-профилактического) питания) – кислотное число не более 4 мг КОН / г, перекисное число не более 10 ммоль

активного кислорода / кг, на графиках видно более интенсивное увеличение кислотного и перекисного чисел в контрольном образце без антиокислителя. Кислотные числа образцов со всеми дозировками антиоксиданта на протяжении всего срока хранения оставались практически на одном уровне. Незначительное увеличение кислотного числа фиксировалось лишь в первом образце (0,2% экстракта розмарина), начиная с 1,5 месяцев хранения. Рост перекисных чисел был более существенным и проявился, как и рост кислотных, спустя 1,5 месяцев хранения.

В процессе хранения отмечалось также накопление вторичных продуктов окисления, что характеризовалось ростом тиобарбитуровых чисел образцов. Рост их отмечался уже спустя один месяц хранения, но не характеризовался большой интенсивностью. К концу третьего месяца хранения значение тиобарбитурового числа в образцах с антиоксидантом (не более 0,2 ед. оптической плотности) было существенно ниже контрольного образца (0,35 ед. оптической плотности) что свидетельствует об эффективном ингибирующем действии CO<sub>2</sub>-экстракта розмарина на окисление свободных жирных кислот.

Существенного увеличения проявляемого антиоксидантного эффект при возрастании количества вносимого CO<sub>2</sub>-экстракта розмарина от 0,2 до 1 % не выявлено, что позволяет считать достаточной дозировку антиоксиданта 0,2 % к массе концентрата

Готовый концентрат разливается в тару из темного стекла, герметично укупоривается. Хранить «Эссенциейл Фито» рекомендуется при температуре не выше 4±2°С.

Характеристика готового концентрата «Эссенциейл Фито» по физико-химическим и органолептическим показателям представлена в табл. 1.

Концентрат «Эссенциейл Фито» представляет собой маслянистую жидкость оранжевого цвета, прозрачную, без посторонних примесей. При температуре ниже 5°С возможно появление мути. По значениям перекисного и кислотного чисел концентрат соответствует СанПиН 2.3.2.1078-01.

Таблица 1

Органолептические и физико-химические характеристики готового концентрата ПНЖК «Эссенциейл Фито»

Показатели	Значения показателей	
	для данного вида концентрата	нормируемое в СанПиН 2.3.2.1078-01
Внешний вид	Маслянистая жидкость, прозрачная при температуре выше 5°С	-

Цвет	От ярко-оранжевого до бледно-оранжевого	-
Запах	Легкий, приятный запах рыбы с выраженным запахом, свойственным экстракту розмарина	-
Вкус	Слабо выраженный рыбный вкус с травянистым оттенком розмарина	-
Кислотное число, мг КОН / г	Не более 2	Не более 4
Перекисное число, ммоль активного кислорода / кг	Не более 4	Не более 10

С целью использования полученного концентрата в качестве активного компонента функционального продукта был выбран пшеничный хлеб. Выбор обусловлен тем, что хлеб является продуктом, употребляемым практически всеми группами населения ежедневно, в течение все жизни. Хлеб обладает высокой, не снижающейся при постоянном употреблении усвояемостью. Ассортимент хлебобулочных изделий в России характеризуется большим разнообразием, однако, продуктов, предназначенных для лечебно-профилактического питания, в нем недостаточно.

В табл. 2 приведены рецептуры пшеничного хлеба, обогащенного концентратом «Эссенциойл Фито». В базовой рецептуре хлеба 20, 30 и 40% подсолнечного масла заменено на концентрат ПНЖК, что составило 1; 1,5 и 2 % к массе готового изделия.

Таблица 2

Рецептура пшеничного хлеба, кг на 100 кг готового продукта

Ингредиент	Номера рецептур		
	1	2	3
Мука пшеничная высшего сорта	73,03	73,03	73,03
Вода питьевая	41,5	41,5	41,5
Масло подсолнечное рафинированное	3,74	3,28	2,81
Концентрат «Эссенциойл Фито»	0,94	1,40	1,87
Соль поваренная пищевая сорта «Экстра»	1,26	1,26	1,26
Сахар – песок	4,87	4,87	4,87
Дрожжи хлебопекарные сухие	0,80	0,80	0,80
Итого:	126,14 кг	126,14 кг	126,14 кг

Для оценки полученных хлебобулочных изделий по органолептическим показателям – вкусу и запаху – применялся профильно-дескриптивный метод, при этом использованы следующие дескрипторы: «свойственный», «гармоничный»; «сладкий»,

«солёный», «травянистый», «рыбный». Оценка каждого признака проводилась по пятибалльной шкале: 0 – полное отсутствие признака, 1 – слегка ощущаемый, 2 – слабо выраженный, 3 – умеренно выраженный, 4 – сильно выраженный, 5 – очень сильно выраженный [8]. В результате были получены профилограммы вкуса и запаха образцов пшеничного хлеба, представленные на рис. 3 и 4.

Как видно из представленных на рисунках профилограмм, обогащение пшеничного хлеба концентратом «Эссенциоил Фито» в количестве 1,0 и 1,5 % к массе готового изделия мало влияет на его органолептическую характеристику. В первом образце хлеба (1,0%) отмечаются вкус и запах, свойственные данному продукту, без посторонних, порочащих признаков. Во втором образце (1,5 % концентрата ПНЖК) ощущались слабо выраженные привкус и запах розмарина, которые, в общем, не воспринимались негативно. В образцах хлеба с 2 % концентрата привкус и запах розмарина более выражены, при этом отмечено появление едва уловимого запаха рыбы.

В процессе хранения, срок которого составляет для хлеба из пшеничной муки не более 34 часов с момента выемки из печи (ГОСТ Р 52462-05), во вкусе или запахе образцов с 1,0 % и 1,5% концентрата ПНЖК не было отмечено проявления каких либо порочащих признаков.



Рис. 3. Профилограммы вкуса образцов пшеничного хлеба, приготовленного с добавлением концентрата «Эссенциейл Фито» в количестве: а) 1,0 %; б) 1,5 %; в) 2,0 % к массе готового изделия



Рис. 4. Профилограммы запаха образцов пшеничного хлеба, приготовленного с добавлением концентрата «Эссенциейл Фито» в количестве: а) 1,0 %; б) 1,5 %; в) 2,0 % к массе готового изделия

Таким образом, для производства пшеничного хлеба с функциональными свойствами может быть принята дозировка концентрата ПНЖК 1,5 % к массе готового

изделия. Расчеты показывают, что употребление 150 г хлеба с добавлением даже 1 % концентрата «Эссенциол Фито» удовлетворяет суточную потребность человека в омега-3 ПНЖК на 30 %.

### Список литературы

1. Schacky C. Omega-3-Fettsäuren in der Kardiologie – neueste Entwicklungen // *MMW-Fortschritte der Medizin Originalien*. – 2007. – № 3. – S. 97-101.
2. Биотехнология рационального использования гидробионтов / под ред. О.Я. Мезеновой. – СПб, 2013. – 416 с.
3. Байдалинова Л.С. Природные антиоксиданты флавоноидной природы в технологии мясных полуфабрикатов: монография / Л.С. Байдалинова, Я.И. Шарыгина. – Калининград, 2012. – 236 с.
4. Stöckmann H., Holthausen A. Einsatz von Antioxidantien zur Stabilisierung von Fisch- und Sojaöl // *Lohmann Information*. – 2005. – №4. – S. 1-4.
5. Попова И.Ю., Сизова Н.В., Водяник А.Р. О применении сверхкритических углекислотных экстрактов из растительного сырья в качестве антиоксидантных добавок // *Рынок БАД*. – 2003. – №4. – с.20-22.
6. Базарнова Ю.Г. Фитоэкстракты – природные ингибиторы порчи пищевых продуктов (обзор) // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 2010. № 2.
7. Байдалинова Л.С., Андропова С.В. Перспективы использования растительных антиокислителей для стабилизации гидролитических и окислительных процессов в препаратах полиненасыщенных жирных кислот семги // *Известия КГТУ*. – 2012. – № 29. – с. 74-80.
8. Родина Т.Г. Сенсорный анализ продовольственных товаров / Т.Г. Родина. – М., 2004. – 201 с.

### References

1. Schacky C. Omega-3-Fettsäuren in der Kardiologie – neueste Entwicklungen. *MMW-Fortschritte der Medizin Originalien*. 2007. № 3. p. 97-101.
2. Biotechnology of rational use of hydrobionts. pod red. O.Ya. Mezenovoi. SPb, 2013. 416 p.

3. Baidalinova L.S. Prirodnye antioksidanty flavonoidnoi prirody v tekhnologii myasnykh polufabrikatov: monografiya . L.S. Baidalinova, Ya.I. Sharygina. Kaliningrad, 2012. 236 p.
4. Stöckmann H., Holthausen A. Einsatz von Antioxidantien zur Stabilisierung von Fisch- und Sojaöl. Lohmann Information. 2005. № 4. p. 1-4.
5. Popova I.Yu., Sizova N.V., Vodyanik A.R. About use of supercritical carbon dioxide extracts from vegetable raw materials as antioxidant additives. *Rynok BAD*. 2003. №4. p. 20-22.
6. Bazarnova Yu.G. Phytoextracts – natural inhibitors of damage of foodstuff (review). *Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv*. 2010. № 2.
7. Baidalinova L.S., Andronova S.V. Perspektivy ispol'zovaniya rastitel'nykh antiokislitelei dlya stabilizatsii gidroliticheskikh i okislitel'nykh protsessov v preparatakh polinenasyshchennykh zhirnykh kislot semgi. *Izvestiya KGTU*. 2012. № 29. p. 74-80.
8. Rodina T.G. Touch analysis of foodstuff. T.G. Rodina. M., 2004. 201 p.