

**Блягоз А.И.**  
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА**  
**ЛЬНЯНЫХ МАСЕЛ**

Блягоз Асет Ибрагимовна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания  
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»;  
Россия, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191  
Тел.: 8(918)2232244  
E-mail: aaset.blyagoz@mail.ru

*В данной статье приведена характеристика разработанного способа определения массовой доли линоленовой кислоты в льняном масле на основе метода ядерно-магнитной релаксации.*

*Качество льняных масел определяется содержанием линоленовой кислоты. Применение совершенного и экономичного метода определения массовой доли линоленовой кислоты позволяет оперативно проводить определение качества льняных масел.*

*Целью данной работы является обоснование целесообразности применения способа определения массовой доли линоленовой кислоты в льняном масле на основе метода ядерно-магнитной релаксации для контроля качества льняных масел.*

*Объектами исследования являются различные образцы льняных масел, отличающиеся по жирно-кислотному составу триацилглицеринов. Охарактеризованы пищевые и физиологические свойства льняного масла, обусловленные высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот.*

*Приведена сравнительная характеристика метода газожидкостной хроматографии и метода ядерно-магнитной релаксации. Показаны преимущества применения метода ядерно-магнитной релаксации по сравнению с методом газожидкостной хроматографии для определения массовой доли линоленовой кислоты с целью установления соответствия льняных масел высоколиноленовым.*

*Обоснована целесообразность применения способа определения массовой доли линоленовой кислоты в льняном масле на основе метода ядерно-магнитной релаксации для контроля качества льняных масел.*

**Ключевые слова:** льняное масло, линоленовая кислота, триацилглицерины, ядерно-магнитная релаксация, время спин-спиновой релаксации протонов.

**Для цитирования:** Блягоз А.И. Совершенствование методов контроля качества льняных масел // Новые технологии. 2019. Вып. 1(47). С. 11-18. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10101

**Blyagoz A.I.**  
**IMPROVEMENT OF QUALITY CONTROL METHODS FOR**  
**LINSEED OILS**

Blyagoz Aset Ibragimovna, Candidate of Technical Sciences, an associate professor of the Department of Food Technology and Nutrition

FSBEI HE «Maikop State Technological University»;  
Russia, 385000, Maikop, Pervomayskaya St, 191  
Tel.: 8(918)2232244  
E-mail: aset.blyagoz@mail.ru

*The article describes the characteristics of the developed method for determining the mass fraction of linolenic acid in linseed oil based on the method of nuclear magnetic relaxation.*

*The quality of linseed oils is determined by the content of linolenic acid. The use of a perfect and economical method for determining the mass fraction of linolenic acid allows to determine the quality of linseed oils quickly.*

*The purpose of the research is to substantiate the reasonability of applying the method of determining the mass fraction of linolenic acid in linseed oil based on the method of nuclear magnetic relaxation to control the quality of linseed oils.*

*The objects of study are various samples of linseed oils that differ in fatty acid composition of triacylglycerols. Nutritional and physiological properties of linseed oil conditioned by the high content of polyunsaturated fatty acids have been characterized.*

*A comparative characteristic of the method of gas-liquid chromatography and the method of nuclear magnetic relaxation has been given. The advantages of using the method of nuclear magnetic relaxation in comparison with the method of gas-liquid chromatography for determining the mass fraction of linolenic acid in order to establish the compliance of linseed oils with high-linolenic ones have been shown.*

*The reasonability of applying the method of determining the mass fraction of linolenic acid in linseed oil based on the method of nuclear magnetic relaxation to control the quality of linseed oils has been substantiated.*

**Key words:** *linseed oil, linolenic acid, triacylglycerol, nuclear magnetic relaxation, time of spin-spin relaxation of protons.*

**For citation:** Blyagoz A.I. Improvement of quality control methods for linseed oils // *Novye tehnologii (Maikop)*. 2019. Iss. 1(47). P. 11-18. (In Russ., English abstract). DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10101

За последние десятилетия значительно увеличилось внимание к проблемам питания населения со стороны медицины. На основе крупномасштабных эпидемиологических исследований состояния фактического питания и здоровья населения в различных регионах Российской Федерации были выявлены следующие факты: низкий уровень энергозатрат у различных категорий населения; нарушения пищевого статуса, приводящие к развитию сердечно-сосудистых, онкологических, обменных и других заболеваний.

Установлено, что структура питания различных категорий населения России, включая детей, особенно школьного возраста, отличается постоянным снижением потребления наиболее ценных в биологическом отношении пищевых продуктов.

Следует отметить, что наиболее негативное влияние на здоровье населения в настоящее время оказывает дефицит микронутриентов – витаминов, микроэлементов, полиненасыщенных жирных кислот. Приоритетным направлением политики Правительства Российской Федерации в области питания населения является обеспечение

населения высококачественными продуктами питания, сбалансированными по составу и обеспечивающими организм важнейшими нутриентами [1].

Для реализации этой задачи возникает необходимость обеспечения населения России высококачественными продуктами питания, среди которых важное место занимают растительные масла и продукты на их основе. Значительные объемы переработки, особенности продукции, производимой масложировой промышленностью вызывают необходимость использования новых, более прогрессивных методов оценки качества растительных масел.

Обладая значительной калорийностью (850-900 ккал в 100 г), помимо высокого содержания жира, растительные масла имеют большое значение в рационе питания, так как поставляют в организм эссенциальные жирные кислоты, фосфолипиды, стеролы и токоферолы (витамин Е). Отличительной особенностью растительных масел, по сравнению с жирами животного происхождения, является отсутствие в них холестерина.

Необходимые для жизнедеятельности человека незаменимые жирные кислоты содержатся во многих растительных маслах: подсолнечном, кукурузном, рапсовом, соевом, оливковом, горчичном. Но перечисленные масла обладают низкой питательной ценностью, так как содержание в них незаменимых жирных кислот незначительно. Значительное содержание полиненасыщенных жирных кислот придает льняному маслу уникальные физиологические свойства.

Это вызвало в последние десятилетия повышенный интерес к льняному маслу. Льняное масло является единственным, в котором содержатся в достаточном количестве жирные кислоты, аналогичные кислотам рыбьего жира. Наиболее ценным компонентом льняного масла является  $\alpha$ -линоленовая кислота – омега-3. Только по количеству омега-3 льняное масло является лекарством. Уникальность льняного масла заключается еще в том, что оно является единственным маслом, в котором соотношение омега-3 к омега-6 составляет почти 3:1.

Масло льняное пищевое получают из семян льна холодным прессованием, что способствует сохранению его целебных свойств. Благодаря высокому содержанию омега-3 и омега-6 льняное масло обладает полезными лечебными свойствами, способствуя нормализации обменных процессов в организме.

Льняное масло, благодаря его уникальному составу, применяется в медицине, но в настоящее время его стали широко применять в кулинарии. Льняное масло прекрасно сочетается с различными маслами и при этом содержит большое количество полиненасыщенных жирных кислот омега-3, без которых невозможна нормальная жизнедеятельность организма человека. Кроме того, льняное масло обладает высокой пищевой ценностью, оно повышает работу иммунной системы, стимулирует деятельность мозга и других органов.

Следует отметить, что потребительские свойства льняного масла определяются, главным образом, высоким содержанием линоленовой кислоты [2]. Линоленовая кислота является незаменимой, организм не способен синтезировать ее самостоятельно, поэтому она обязательно должна присутствовать в продуктах питания.

Для человеческого организма линоленовая кислота обладает двойным действием: является необходимым питательным элементом, поддерживающим нормальную работу

физиологических функций организма, а также важным лекарственным средством для лечения многих заболеваний.

Наиболее высокой пищевой ценностью обладает пищевое льняное масло с содержанием линоленовой кислоты более 50% – высоколиноленовое льняное масло. Поэтому, оценку качества льняных масел целесообразно проводить по содержанию линоленовой кислоты.

Задачи, направленные на увеличение производства высококачественной продукции отражены в Федеральном законе «О качестве и безопасности пищевых продуктов» [3]. Это ставит перед производителями пищевых продуктов внедрение новых, более перспективных методов оценки качества продовольственного сырья и продуктов питания.

Необходимо отметить, что масличные сорта льна, из которых получают масла, значительно отличаются по физико-химическим показателям. На состав семян льна влияют такие факторы, как район произрастания, температура окружающей среды, состав почвы и др. Поэтому, были исследованы различные образцы льняных масел с большим диапазоном колебаний основных физико-химических показателей: содержание полиненасыщенных жирных кислот и сопутствующих веществ. На первом этапе исследования эти показатели были определены методом газожидкостной хроматографии. Следует отметить, что газожидкостная хроматография в настоящее время является одним из распространенных методов анализа растительных масел, преимуществом которого можно назвать достаточную точность получаемых результатов. Данные исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Жирно-кислотный состав исследуемых образцов льняных масел

Жирные кислоты	Массовая доля, %
Полиненасыщенные жирные кислоты:	
Линоленовая кислота	10,00 – 70,00
Линолевая кислота	10,00 – 50,00
Олеиновая кислота	10,00 – 40,00
Сумма насыщенных жирных кислот	10,00 – 15,00

Данные таблицы показывают, что жирно-кислотный состав различных образцов льняных масел значительно отличается. Эти различия больше всего касаются массовой доли полиненасыщенных жирных кислот, особенно, линоленовой кислоты.

Помимо триацилглицеринов, в льняных маслах содержатся сопутствующие вещества: фосфолипиды, свободные жирные кислоты, неомыляемые липиды, продукты окисления, влага и летучие вещества. Поэтому, образцы льняных масел были исследованы на содержание сопутствующих веществ.

Ввиду того, что для производства льняных масел используют различные сорта семян льна, получаемые масла значительно отличаются по своему жирно-кислотному составу, особенно, по содержанию незаменимых жирных кислот, и в первую очередь, по содержанию линоленовой кислоты. Для установления соответствия льняных масел высоколиноленовым требуется с высокой точностью определять массовую долю линоленовой кислоты. Для этого необходимо использование экспресс-способа,

позволяющего проводить оперативную оценку качества льняных масел по содержанию линоленовой кислоты.

Используемый в настоящее время метод газожидкостной хроматографии (ГЖХ) имеет ряд недостатков, которые не позволяют оперативно осуществлять определение качества льняных масел. Метод ГЖХ отличается высокой продолжительностью анализа (до 3 часов), предусматривает использование вредных и токсичных химических реактивов, к которым относятся метиловый спирт и органические растворители. К недостаткам метода газожидкостной хроматографии можно отнести также высокую трудоемкость, использование дорогостоящего оборудования и большого количества химической посуды.

В связи с этим проблема внедрения более совершенного и экономичного метода определения массовой доли линоленовой кислоты, позволяющего оперативно проводить определение качества льняных масел, является особенно актуальной.

Для реализации поставленной задачи был разработан способ определения массовой доли линоленовой кислоты в льняном масле на основе метода ядерно-магнитной релаксации. Анализируемые образцы льняных масел исследовали на ЯМР-анализаторе. В основе исследования лежит импульсный метод Кара-Парселла-Мейбума-Гилла. Результаты экспериментальных исследований анализировали методом обработки сигналов ядерно-магнитной релаксации, разработанным во ВНИИ масличных культур им. В.С. Пустовойта. Этот метод позволяет достаточно достоверно и объективно на основании полученных экспериментальных данных характеризовать химический состав исследуемых объектов [4].

Ранее было установлено, что ядерно-магнитные релаксационные характеристики протонов сложных систем можно характеризовать с помощью средневзвешенного значения времени спин-спиновой релаксации протонов  $T_{2св}$  [5].

В предыдущих работах было установлено, при температуре 23°C наблюдается самое высокое значение коэффициента корреляции (0,997) для зависимости средневзвешенного значения времени спин-спиновой релаксации протонов ( $T_{2св}$ ) от массовой доли линоленовой кислоты в триацилглицеринах льняного масла [6].

Между средневзвешенным значением времени спин-спиновой релаксации  $T_{2св}$  протонов и массовой доли линоленовой кислоты в льняном масле существует линейная зависимость, и эта зависимость описывается линейным уравнением:

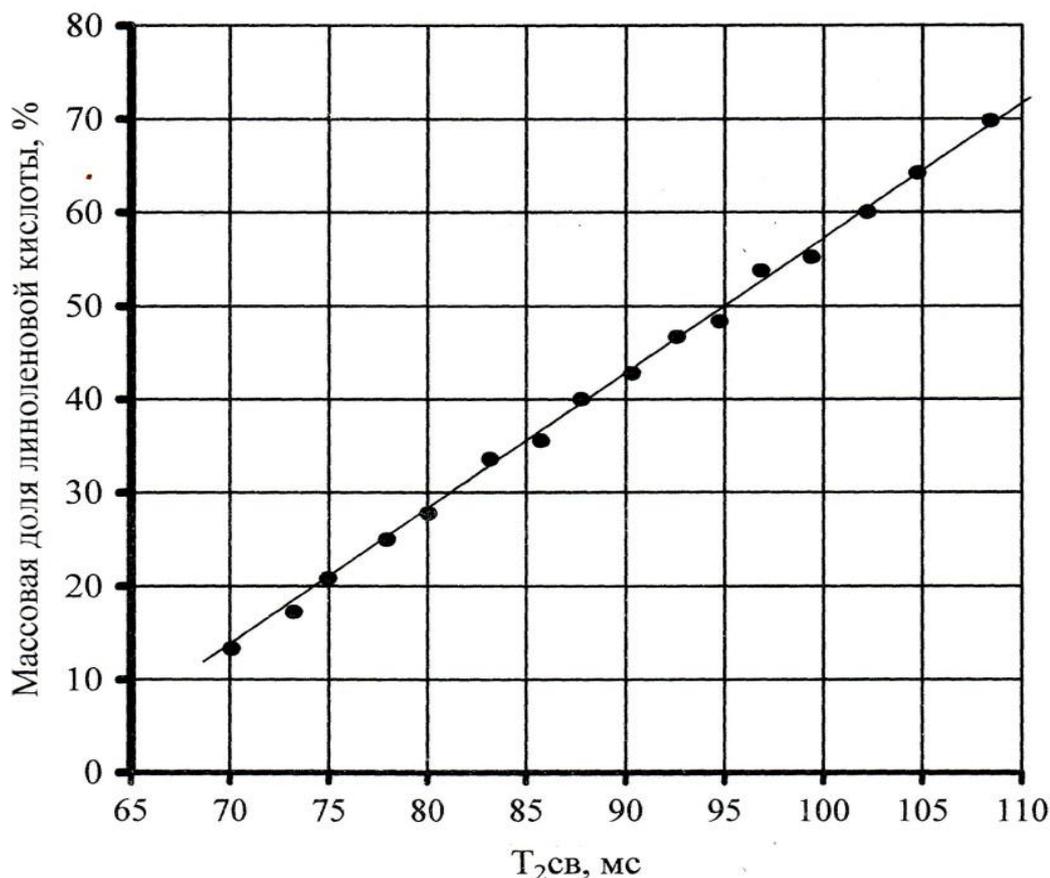
$$P_l = 1,350 \cdot T_{2св} - 80,0,$$

где  $P_l$  – массовая доля линоленовой кислоты, %.

Таким образом, метод ядерно-магнитной релаксации позволяет по величине средневзвешенного значения времени спин-спиновой релаксации протонов определить массовую долю линоленовой кислоты, что позволяет оценить качество льняных масел, а также установить их принадлежность к высоколино-леновым.

По сравнению с методом газожидкостной хроматографии, метод ЯМР имеет следующие преимущества: высокая производительность и простота подготовки пробы; точность результатов анализа и независимость точности результатов от квалификации оператора; низкая трудоемкость и полная автоматизация процессов анализа; непродолжительное время исследования (продолжительность анализа одной пробы

составляет 2 минуты); простота эксплуатации прибора; наличие метрологического обеспечения. Достоинством метода является также обеспечение высокой экологической чистоты в отличие от метода ГЖХ, так как исключается применение токсичных химических реактивов.



**Рис. 1.** Зависимость массовой доли линоленовой кислоты в льняном масле от средневзвешенного значения времени спин-спиновой релаксации ( $T_{2св}$ ) протонов триацилглицеринов льняного масла при температуре 23°C

Таким образом, разработанный способ определения массовой доли линоленовой кислоты в льняном масле на основе метода ядерно-магнитной релаксации является более совершенным и рациональным, и целесообразно его применение для контроля качества льняных масел.

#### **Литература:**

1. Об основах государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 г.: распоряжение, утвержденное 25 октября 2010 г. // Российская газета. 2010. 3 нояб.
2. Щербаков В.Г., Лобанов В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. Москва: Колос. 2003. 360 с.
3. О качестве и безопасности пищевых продуктов: федеральный закон РФ, принят Государственной Думой 1 декабря 1999 г. // Российская газета. 2000. 10 янв.
4. Система приема и обработки сигналов импульсных релаксметров ядерного магнитного резонанса 2001610425: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / С.М. Прудников, Л.В. Зверев, Т.Е. Джиоев.

5. Прудников С.М. Научно-практическое обоснование способов идентификации и оценки качества масличных семян и продуктов их переработки на основе метода ядерной магнитной релаксации: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Краснодар, 2003. 54 с.

6. Блягоз А.И. Применение метода ядерного магнитного резонанса для исследования химического состава веществ // Новые технологии. 2010. Вып. 2. С. 15-18.

***Literature:***

1. On the principles of the RF state policy in the field of healthy nutrition of the population for the period up to 2020: order approved on October 25, 2010 // Rossiyskaya gazette. 2010. Nov., 3.

2. Shcherbakov V.G., Lobanov V.G. Biochemistry and commodity research of oilseed materials. Moscow: Kolos. 2003. 360 p.

3. On the quality and safety of food products: the Russian Federation federal law adopted by the State Duma on December 1, 1999 // Rossiyskaya gazette. 2000. Jan., 10.

4. System for receiving and processing signals of pulsed relaxometers of 2001610425 nuclear magnetic resonance: certificate of official registration of a computer program / S.M. Prudnikov, L.V. Zverev, I.E. Dzhioev.

5. Prudnikov S.M. Scientific and practical substantiation of methods for the identification and assessment of the quality of oilseeds and their processing products based on the method of nuclear magnetic relaxation: abstr. of dis. ... Dr. of Techn. sciences. Krasnodar, 2003. 54 p.

6. Blyagoz A.I. Application of the method of nuclear magnetic resonance to study the chemical composition of substances // New technologies. 2010. Issue 2. P. 15-18.