

УДК 664.3.014

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО СПОСОБА ИДЕНТИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЛЕЦИТИНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМПУЛЬСНОГО МЕТОДА ЯМР**Викторова Е.П.**, *д-р техн. наук*, **Шахрай Т.А.**, *канд. техн. наук*, **Великанова Е.В.**, **Федосеева О.В.**

Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции - филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Краснодар)

Агафонов О.С., *канд. техн. наук*, **Прудников С.М.**, *д-р техн. наук*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта» (Краснодар)

Реферат. Проведена оценка экономической эффективности экологически безопасного способа идентификации растительных лецитинов с применением импульсного метода ядерно-магнитного резонанса. Показано, что разработанный способ идентификации растительных лецитинов с применением импульсного метода ЯМР является, с экономической точки зрения, более выгодным, а отсутствие использования при его реализации токсичных реактивов, в том числе органических растворителей, подтверждает его экологическую безопасность. Установлено, что экономический эффект от внедрения разработанного способа идентификации растительных лецитинов с применением импульсного метода ЯМР достигается за счет отсутствия затрат на химические реактивы, вспомогательные материалы и химическую посуду, а также за счет снижения затрат на оплату труда персонала лаборатории.

Ключевые слова: растительные лецитины, импульсный метод ядерно-магнитного резонанса, экологически безопасный способ, идентификация, экономическая эффективность

Summary. The estimation of economic efficiency of ecologically safe method of identification of vegetable lecithins with application of pulsed method of nuclear magnetic resonance is carried out. It is shown that the developed method for the identification of vegetable lecithins using the NMR method is economically more profitable, and the lack of its use in the implementation of toxic reagents, including organic solvents, confirms its environmental safety. It is established that the economic effect of the introduction of the developed method of identification of plant lecithins using the pulse NMR method is achieved due to the lack of costs for chemical reagents, auxiliary materials and chemical utensils, as well as by reducing the labor costs of laboratory personnel.

Keywords: plant lecithins, pulse method of nuclear magnetic resonance, environmentally safe method, identification, economic efficiency

Введение. Ранее в работах [1-5] было установлено, что степень проявления технологических и физиологически функциональных свойств лецитинов зависит от вида растительного масла, из которого они получены, то есть подсолнечного, рапсового или соевого масел.

В связи с этим, эффективное применение растительных лецитинов для производства пищевых и биологически активных добавок, а также пищевых продуктов, в том числе функциональных, зависит от вида лецитина – подсолнечный, соевый или рапсовый.

В настоящее время идентификацию растительных лецитинов осуществляют на основе метода газовой хроматографии метиловых эфиров жирных кислот масла, выделенного из растительного лецитина, реализация которого включает три основных этапа: 1 этап – извлечение масла из растительного лецитина в соответствии с ГОСТ 32052 [6], 2 этап –

получение метиловых эфиров жирных кислот в соответствии с ГОСТ 31665 [7] и 3 этап – определение массовой доли метиловых эфиров жирных кислот методом газовой хроматографии в соответствии с ГОСТ 31663 [8], при этом для реализации каждого из этапов требуются химические реактивы, в том числе токсичные органические растворители, химическая посуда и вспомогательные материалы.

Кроме этого, реализация существующего способа идентификации растительных лецитинов требует больших временных затрат (11 часов), что не позволяет оперативно осуществлять идентификацию растительных лецитинов.

Таким образом, известный способ идентификации имеет ряд недостатков.

Учеными Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» и ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта» разработан экологически безопасный способ идентификации растительных лецитинов с применением импульсного метода ЯМР, в котором исключены недостатки известного способа.

Целью исследования является оценка экономической эффективности экологически безопасного способа идентификации растительных лецитинов с применением импульсного метода ЯМР.

Обсуждение результатов. В табл. 1 приведены данные, характеризующие затраты на средства измерений, вспомогательное оборудование и химическую посуду, необходимые для реализации первого этапа идентификации лецитина по известному способу, а именно, для извлечения масла из лецитина по методике в соответствии с ГОСТ 32052.

Таблица 1 – Затраты на средства измерений, вспомогательное оборудование и химическую посуду

Наименование затрат	Кол-во, шт.	Цена за единицу, руб.	Затраты, руб.
Весы лабораторные с пределом допускаемой погрешности однократного взвешивания $\pm 0,00001$	1	164000	164000
Шкаф сушильный, обеспечивающий поддержание заданного режима нагрева от 20 ° С до 200 ° С	1	57050	57050
Холодильник бытовой по ГОСТ 26678	1	22120	22120
Термометр жидкостный стеклянный с диапазоном измерения от -10° С до +50° С по ГОСТ 28498	1	150	150
Стекло часовое	4	30	120
Цилиндр 1 (3) 25-1 по ГОСТ 25336	1	75	75
Эксикатор 2-190 (250) по ГОСТ 25336 со свежим силикагелем	2	1000	2000
Колба КН 2-250 (500)29/32 ТХС по ГОСТ 25336	2	80	160
Воронка В-56-80 по ГОСТ 25336	4	50	200
Стаканчик для взвешивания СВ-24/10 по ГОСТ 25336	4	80	320
Стакан В-1-150 ТС по ГОСТ 25336	2	40	80
Палочка стеклянная	4	4	16
Итого:	-	-	246291

Из данных табл. 1 видно, что для осуществления первого этапа идентификации лецитина известным способом затраты на средства измерений, вспомогательное оборудование и химическую посуду составляют 246291 тыс. руб.

Однако, учитывая, что лаборатории физико-химических исследований, работающие на масложировых предприятиях, как правило, оснащены весами лабораторными, шкафом сушильным и холодильником, то для реализации первого этапа известного способа идентификации потребуются только затраты в сумме 3121 руб.

В табл. 2 приведены затраты на органический растворитель – ацетон и вспомогательный материал – фильтр обезжиренный обеззоленный, которые необходимы для реализации первого этапа идентификации лецитина известным способом.

Таблица 2 – Затраты на органический растворитель и вспомогательный материал

Наименование затрат	Расход на анализ	Цена за единицу, руб.	Затраты, руб.
Ацетон, см ³	700	0,30	210,0
Фильтр обезжиренный обеззоленный, шт.	4	1,20	4,8
Итого:	-	-	214,8

Из данных табл. 2 видно, что затраты на органический растворитель и вспомогательный материал составляют 214,8 руб.

Следует отметить, что разработанный способ идентификации лецитина с применением импульсного метода ЯМР, в отличие от известного способа, не требует извлечения масла из лецитина, то есть затраты, указанные для реализации первого этапа известного способа, в разработанном способе идентификации отсутствуют.

В табл. 3 приведены затраты на химическую посуду, необходимую для реализации второго и третьего этапов идентификации лецитина известным способом.

Таблица 3 – Затраты на химическую посуду

Наименование затрат	Кол-во, шт.	Цена за единицу, руб.	Затраты, руб.
Стаканчик ВС-19/9 по ГОСТ 25336	4	38	152
Пипетка на 10 см ³	4	100	400
Пипетка на 2 см ³	4	120	480
Пипетка на 0,1 см ³	4	40	160
Воронка	4	40	160
Микрошприц	1	2015	2015
Итого:	-	-	3367

Из данных табл. 3 видно, что затраты на химическую посуду, необходимую для реализации второго и третьего этапов идентификации лецитина известным способом, составляют 3367 руб.

Таким образом, затраты на химическую посуду, необходимую для реализации трех этапов идентификации лецитина известным способом, составляют:

$$3121,0 + 3367,0 = 6488,0 \text{ руб.}$$

Следует отметить, что в отличие от известного способа идентификации лецитина, разработанный способ идентификации не требует таких затрат на химическую посуду, а именно, для реализации разработанного способа достаточно 4 стаканчика общей стоимостью 360 руб.

В табл. 4 приведены затраты на приобретение органических растворителей, реактивов и вспомогательных материалов, необходимых для осуществления второго этапа (получение метиловых эфиров жирных кислот) и третьего этапа (определение массовой доли

метиловых эфиров жирных кислот методом газовой хроматографии) идентификации лецитина известным способом.

Таблица 4 – Затраты, необходимые для реализации второго и третьего этапов идентификации лецитина известным способом

Наименование растворителя, реактива и вспомогательного материала	Расход на 1 анализ	Цена за единицу, руб.	Затраты, руб.
Гексан, см ³	20	1,2	24,0
Метанол, см ³	20	4,0	80,0
Окись кальция, г	0,01	2,0	0,02
Металлический натрий, г	1,15	15,60	17,94
Сернокислый натрий, г	1,5	0,1	0,15
Азот газообразный, л	1,5	0,20	0,30
Водород, л	1,5	0,30	0,45
Фильтровальная бумага, г	15	0,20	3,0
Вата, г	5	0,20	1,0
Наполнитель-хроматон N-AW, г	0,1	132,15	13,21
Итого:	-	-	140,07

Из приведенных в табл. 4 данных видно, что затраты на органические растворители, реактивы и вспомогательные материалы, необходимые для осуществления второго и третьего этапов идентификации лецитина известным способом, составляют 140,07 рублей.

Таким образом, затраты на органические растворители, химические реактивы и вспомогательные материалы, необходимые для реализации трех этапов идентификации лецитина известным способом, составляют:

$$214,80 + 140,07 = 354,87 \text{ руб.}$$

Следует отметить, что приведенные в табл. 4 затраты, необходимые для реализации известного способа, в разработанном способе идентификации отсутствуют.

Учитывая, что продолжительность реализации разработанного способа идентификации составляет 1 час, а известного способа – 11 часов, численность лабораторного персонала, выполняющего идентификацию, сокращается (табл. 5).

Таблица 5 – Затраты на заработную плату персонала, выполняющего идентификацию известным и разработанным способами

Наименование показателя	Значение показателя	
	Известный способ (ГХ)	Разработанный способ (ЯМР)
Время проведения одного анализа, ч	1	11
Количество анализов в год	300	300
Численность лабораторного персонала, необходимая для проведения 1 анализа, чел	1	0,09
Заработная плата 1 лаборанта	14500	14500
Заработная плата 1 лаборанта в месяц, руб.	14500,0	14500,0

Следует отметить, что стоимость ЯМР-анализатора составляет 1500 тыс. руб., а газового хроматографа - 2500 тыс. руб., то есть стоимость ЯМР-анализатора на 1000 тыс. руб. ниже стоимости газового хроматографа. Использование указанных приборов требует затрат на их содержание. Кроме того, в издержки должна быть включена амортизация приборов, норма которой составляет 10 % в год.

В табл. 6 приведены исходные данные, характеризующие общие затраты (в год) на проведение идентификации растительных лецитинов известным и разработанным способами.

Таблица 6 – Общие затраты на проведение идентификации растительных лецитинов известным и разработанным способами

Наименование показателя	Значение показателя, тыс. руб.	
	Известный способ (ГХ)	Разработанный способ (ЯМР)
Стоимость реактивов и вспомогательных материалов	106,461	-
Стоимость химической посуды	6,488	0,360
Заработная плата лаборанта	174,00	1,305
Отчисления на социальные нужды	52,55	0,40
Амортизация прибора	250,0	150,0
Содержание прибора	45,00	1,80
Итого:	634,499	153,865

На основании данных, приведенных в табл. 6, экономический эффект от внедрения разработанного способа идентификации растительных лецитинов составит:

$$\text{Э} = 634,499 - 153,865 = 480,634 \text{ тыс. руб.}$$

Следует отметить, что затраты на приобретение ЯМР-анализатора не требуются, так как масложировые предприятия, вырабатывающие лецитины, оснащены такими анализаторами, которые уже эффективно используются для оперативного определения массовой доли масла и влаги в масличных семенах.

Выводы. Установлено, что экономический эффект от внедрения разработанного способа идентификации растительных лецитинов с применением импульсного метода ЯМР достигается за счет отсутствия затрат на химические реактивы, вспомогательные материалы и химическую посуду, а также за счет снижения затрат на оплату труда персонала лаборатории.

Литература

1. Корнен, Н.Н. Исследование технологических свойств растительных лецитинов / Н.Н. Корнен, Т.А. Шахрай, М.В. Лукьяненко, А.А.Схалыхов //Новые технологии – 2015.– № 3.– С. 19-24.
2. Корнен, Н.Н. Исследование влияния лецитинов рапсовых масел на свойства пшеничной муки / Н.Н. Корнен, Т.В. Першакова, Е.В.Лисовая, Т.А. Шахрай //Новые технологии – 2015.– № 4.– С. 16-20 .
3. Корнен, Н.Н. Применение растительных фосфолипидов (лецитинов) в производстве хлебобулочных изделий / Н.Н.Корнен, Т.В.Першакова, Е.В. Лисовая // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2016.– № 02 (116). – С. 288-300..
4. Исследование гипохолестеринемических свойств рапсовых и подсолнечных лецитинов / Н.Н. Корнен [и др.]// Новые технологии. – 2017. – № 3. –С. 38 - 43.
5. Сравнительная оценка эффективности антиоксидантного действия рапсовых и подсолнечных лецитинов в опытах на лабораторных животных / Н.Н. Корнен [и др.]// Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов.– 2017. – № 5 (46). –С.9-14.
6. ГОСТ 32052-2013 Добавки пищевые. Лецитины Е322. Общие технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
7. ГОСТ 31665-2012 Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 7 с.
8. ГОСТ 31663-2012 Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 7 с.