

УДК 664.3.014

UDC 664.3.014

05.00.00 Технические науки

Technical Sciences

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЯДЕРНО-МАГНИТНЫХ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДСОЛНЕЧНЫХ И РАПСОВЫХ ЛЕЦИТИНОВ**COMPARATIVE ASSESSMENT OF NUCLEAR MAGNETIC RELAXATION CHARACTERISTICS OF SUNFLOWER AND RAPESEED LECITHIN**

Лисовая Екатерина Валерьевна
к.т.н., РИНЦ SPIN-код: 9560-2395

Lisovaya Ekaterina Valerievna
Cand.Tech.Sci., RSCI SPIN-code: 9560-2395

Викторова Елена Павловна
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 9599-4760

Victorova Elena Pavlovna
Doctor of Technical Sciences, professor
RSCI SPIN-code: 9599-4760

Агафонов Олег Сергеевич,
к.т.н., РИНЦ SPIN-код: 2906-7410

Agafonov Oleg Sergeevich
Cand.Tech.Sci., RSCI SPIN-code: 2906-7410

Корнен Николай Николаевич
к.т.н., РИНЦ SPIN-код: 4937-0163

Kornen Nikolai Nikolaevich,
Cand.Tech.Sci., RSCI SPIN-code: 4937-0163

Шахрай Татьяна Анатольевна
к.т.н., доцент, РИНЦ SPIN-код: 8248-0012
ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции», Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Тополиная аллея, д.2 kisp@kubannet.ru

Shahray Tatiana Anatolyevna,
Cand.Tech.Sci., associate professor, RSCI SPIN-code: 8248-0012
Krasnodar Research Institute of Agricultural Products Storage and Processing, Russia, 350072, Krasnodar, st.Topolinaya alleya, 2 kisp@kubannet.ru

В статье приведена сравнительная оценка и выявлены особенности ядерно-магнитных релаксационных характеристик рапсовых и подсолнечных лецитинов. Установлено, что ядерно-магнитные релаксационные характеристики лецитинов, а именно, времена спин-спиновой релаксации протонов и амплитуды ядерно-магнитных релаксационных сигналов протонов компонент лецитинов зависят от состава жирных кислот масла и фосфолипидов, содержащихся в лецитинах. Сравнительная оценка времен спин-спиновой релаксации протонов компонент рапсовых и подсолнечных лецитинов показала, что для их идентификации следует в качестве аналитического параметра использовать время спин-спиновой релаксации протонов первой компоненты лецитинов при температурах 40°C и 60°C, когда различия в значениях времен спин-спиновой релаксации протонов первой компоненты подсолнечных и рапсовых лецитинов проявляются в большей степени. Сравнительная оценка амплитуд ЯМР сигналов протонов компонент подсолнечных и рапсовых лецитинов показала, что зависимости, установленные ранее для подсолнечных лецитинов между массовой долей фосфолипидов (веществ, нерастворимых в ацетоне) и суммой амплитуд ЯМР сигналов протонов третьей и четвертой компонент, не могут быть применены для рапсовых лецитинов, то есть для разработки экспресс-способа определения в

The article presents a comparative assessment and peculiarities of nuclear magnetic relaxation characteristics of rapeseed and sunflower lecithin. It was established, that lecithin's nuclear magnetic relaxation characteristics, namely, protons' spin-spin relaxation time and amplitudes of nuclear magnetic relaxation signals of lecithin components, depend on content of oil's fat acids and phospholipids, contained in the lecithin. Comparative assessment of protons' spin-spin relaxation time of rapeseed and sunflower lecithin components showed, that for their identification protons' spin-spin relaxation time of the lecithin' first component at 40°C and 60°C temperature, when differences in values of protons' spin-spin relaxation time of the sunflower and rapeseed lecithin' first component are most obvious, should be used as an analytical parameter. Comparative assessment of amplitudes of proton's NMR signals of sunflower and rapeseed lecithin components showed, that relations, established earlier for sunflower lecithin between mass share of phospholipids (substances insoluble in acetone) and the sum of amplitudes of proton's NMR signals of the third and fourth components, cannot be applied to rapeseed lecithin; that is for the development of an express method for determination of mass share of substances insoluble in acetone (phospholipids) in rapeseed lecithin, it is necessary to carry out additional research with the purpose of clarifying the mentioned relations

рапсовых лецитинах массовой доли веществ, нерастворимых в ацетоне (фосфолипидов), необходимо провести дополнительные исследования с целью уточнения указанных зависимостей

Ключевые слова: ЛЕЦИТИНЫ, ЯДЕРНО-МАГНИТНАЯ РЕЛАКСАЦИЯ, ЯДЕРНО-МАГНИТНЫЕ РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ

Keywords: LECITHIN, NUCLEAR MAGNETIC RELAXATION OF NUCLEAR MAGNETIC RELAXATION CHARACTERISTICS, ANALYTICAL PARAMETERS IDENTIFICATION

Лецитины, получаемые из растительных масел, применяются в производстве пищевых продуктов – хлебобулочных, мучных кондитерских и кондитерских изделий, напитков, мороженого, сыров, мясных изделий и других, благодаря тому, что они проявляют технологические свойства - водоудерживающие, жирудерживающие и эмульгирующие, а также функциональные свойства – антиокислительные, антитоксические, радиопротекторные и иммуномоделирующие [1-8].

В пищевой промышленности в основном используются лецитины, получаемые из подсолнечных и соевых масел. Однако, в настоящее время в условиях филиала «Лабинский МЭЗ» ООО «МЭЗ Юг Руси» освоен промышленный выпуск лецитинов из рапсовых масел, которые по своим свойствам не уступают подсолнечным и соевым лецитинам.

Одним из основных показателей качества растительных лецитинов является массовая доля веществ, нерастворимых в ацетоне, то есть собственно фосфолипидов. Ранее в работе [9] была показана эффективность применения метода ядерно-магнитной релаксации (ЯМР) для определения массовой доли фосфолипидов (веществ, нерастворимых в ацетоне) в подсолнечных лецитинах. Однако, в работе [10] при сравнительной оценке ядерно-магнитных релаксационных (ЯМР) характеристик подсолнечных и соевых лецитинов выявлены их значительные отличия, которые объясняются особенностями состава жирных кислот триацилглицеринов (ТАГ) масла и фосфолипидов, содержащихся в подсолнечных и соевых лецитинах. Учитывая это,

зависимости, полученные для подсолнечных лецитинов, не представляется возможным применять для других видов лецитинов.

Для выявления особенностей ЯМР характеристик рапсовых лецитинов необходимо провести сравнительную оценку указанных характеристик с подсолнечными лецитинами.

Целью исследования является сравнительная оценка и выявление особенностей ЯМР характеристик подсолнечных и рапсовых лецитинов.

Исследование ЯМР характеристик подсолнечных и рапсовых лецитинов осуществляли на модернизированном ЯМР - анализаторе АМВ-1006М второго поколения, в котором, во-первых, стабилизация резонансных условий ведется непосредственно по ЯМР сигналу от анализируемой пробы, во-вторых, снижено влияние внешних условий на результаты измерений и, в-третьих, улучшено значение соотношений сигнал/шум, благодаря использованию в ЯМР сигналах цифровой фильтрации на основе метода быстрого преобразования Фурье, что позволяет повысить стабильность и воспроизводимость полученных результатов, обеспечить более высокую точность измерений, а следовательно, и более точные значения аналитических параметров.

Обработку результатов исследования осуществляли в соответствии с рекомендациями, приведенными в работе [11].

В связи с тем, что ЯМР характеристики лецитинов, полученных из различных видов масел, отличаются и это различие связано с особенностями состава жирных кислот триацилглицеринов (ТАГ) масла и фосфолипидов, содержащихся в лецитинах, на первом этапе исследования изучали особенности состава жирных кислот подсолнечных и рапсовых лецитинов.

Для этого из исследуемых лецитинов выделяли масло и фосфолипиды (вещества, нерастворимые в ацетоне) по методике, приведенной в ГОСТ Р 32052-2013 [12], а состав и содержание жирных

кислот определяли по методикам в соответствии с ГОСТ Р 51486-99 и ГОСТ 30418-96 [13, 14].

В таблицах 1 и 2 приведены полученные экспериментальные данные.

Таблица 1 – Жирнокислотный состав масла и фосфолипидов, содержащихся в подсолнечных лецитинах

Наименование жирной кислоты	Массовая доля жирной кислоты, % к сумме жирных кислот	
	масла	фосфолипидов
Насыщенные жирные кислоты:	11,83	31,40
миристиновая C _{14:0}	0,12	0,45
пальмитиновая C _{16:0}	7,00	22,74
стеариновая C _{18:0}	3,54	4,34
арахиновая C _{20:0}	0,29	1,74
бегеновая C _{22:0}	0,75	1,42
лигноцериновая C _{24:0}	0,13	0,71
Мононенасыщенные жирные кислоты:	27,58	16,03
пальмитолеиновая C _{16:1}	0,12	0,21
олеиновая C _{18:1}	27,30	14,72
эйкозеновая C _{20:1}	0,16	1,10
Полиненасыщенные жирные кислоты:	60,59	52,57
линолевая C _{18:2}	60,38	52,32
линоленовая C _{18:3}	0,21	0,25

Таблица 2 – Жирнокислотный состав масла и фосфолипидов, содержащихся в рапсовых лецитинах

Наименование жирной кислоты	Массовая доля жирной кислоты, % к сумме жирных кислот	
	масла	фосфолипидов
Насыщенные жирные кислоты:	8,78	16,00
миристиновая C _{14:0}	0,06	0,31
пальмитиновая C _{16:0}	5,65	13,24
стеариновая C _{18:0}	2,01	1,23
арахиновая C _{20:0}	0,63	0,23
бегеновая C _{22:0}	0,33	0,80
лигноцериновая C _{24:0}	0,10	0,19
Мононенасыщенные жирные кислоты:	66,34	55,32
пальмитолеиновая C _{16:1}	0,19	0,21
олеиновая C _{18:1}	64,98	54,70
эйкозеновая C _{20:1}	1,07	0,29
эруковая C _{22:1}	0,10	0,11
Полиненасыщенные жирные кислоты:	24,88	28,68
линолевая C _{18:2}	18,38	25,73
линоленовая C _{18:3}	6,50	2,95

Из приведенных в таблицах 1 и 2 данных видно, что отличительной особенностью жирнокислотного состава масла и фосфолипидов,

содержащихся в рапсовых лецитинах, по сравнению с подсолнечными лецитинами, является присутствие незначительного количества эруковой кислоты.

Установлено, что в фосфолипидах, как подсолнечных, так и рапсовых лецитинов, содержание насыщенных жирных кислот выше, чем в масле, а именно, в подсолнечных – почти в 2 раза, а в рапсовых – более, чем в 2,5 раза.

Содержание мононенасыщенных жирных кислот, в том числе олеиновой кислоты, в масле и фосфолипидах, выделенных из рапсовых лецитинов, выше в 2,4 и 3,4 раза соответственно, по сравнению с содержанием указанных кислот в масле и фосфолипидах, выделенных из подсолнечных лецитинов, а содержание полиненасыщенных жирных кислот в масле и фосфолипидах, выделенных из рапсовых лецитинов, значительно ниже, чем в масле и фосфолипидах, выделенных из подсолнечных лецитинов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что масло и фосфолипиды, содержащиеся в рапсовых лецитинах, по степени ненасыщенности жирных кислот значительно отличаются от масла и фосфолипидов, содержащихся в подсолнечных лецитинах.

Следует отметить, что различия в составе жирных кислот масла и фосфолипидов, содержащихся в подсолнечных и рапсовых лецитинах, а следовательно, и различия в их ЯМР характеристиках могут быть приняты в качестве аналитических параметров, так как от степени ненасыщенности жирных кислот масла и фосфолипидов, содержащихся в лецитинах, зависит количество резонирующих протонов, а следовательно, и значения амплитуд ЯМР сигналов протонов, а также времена спин-спиновой релаксации протонов каждой из четырех компонент, учитывая, что лецитины представляют сложную четырехкомпонентную систему [15].

При этом первая компонента указанной системы характеризует индивидуальные молекулы ТАГ масла, содержащегося в лецитинах, вторая компонента характеризует молекулы ТАГ масла в виде ассоциатов-димеров, третья компонента – молекулы фосфолипидов, содержащиеся в лецитинах в виде ассоциатов высоких порядков, а четвертая – молекулы фосфолипидов в виде мицелл.

Для выявления влияния особенностей состава жирных кислот на ЯМР характеристики подсолнечных и рапсовых лецитинов исследовали влияние температуры на указанные характеристики лецитинов.

На рисунках 1-3 для примера приведены в виде диаграмм данные сравнительной оценки времен спин-спиновой релаксации протонов компонент подсолнечных и рапсовых лецитинов с одинаковой массовой долей веществ, нерастворимых в ацетоне (фосфолипидов), равной 60,4 %, при температурах 20 °С, 40 °С и 60 °С.

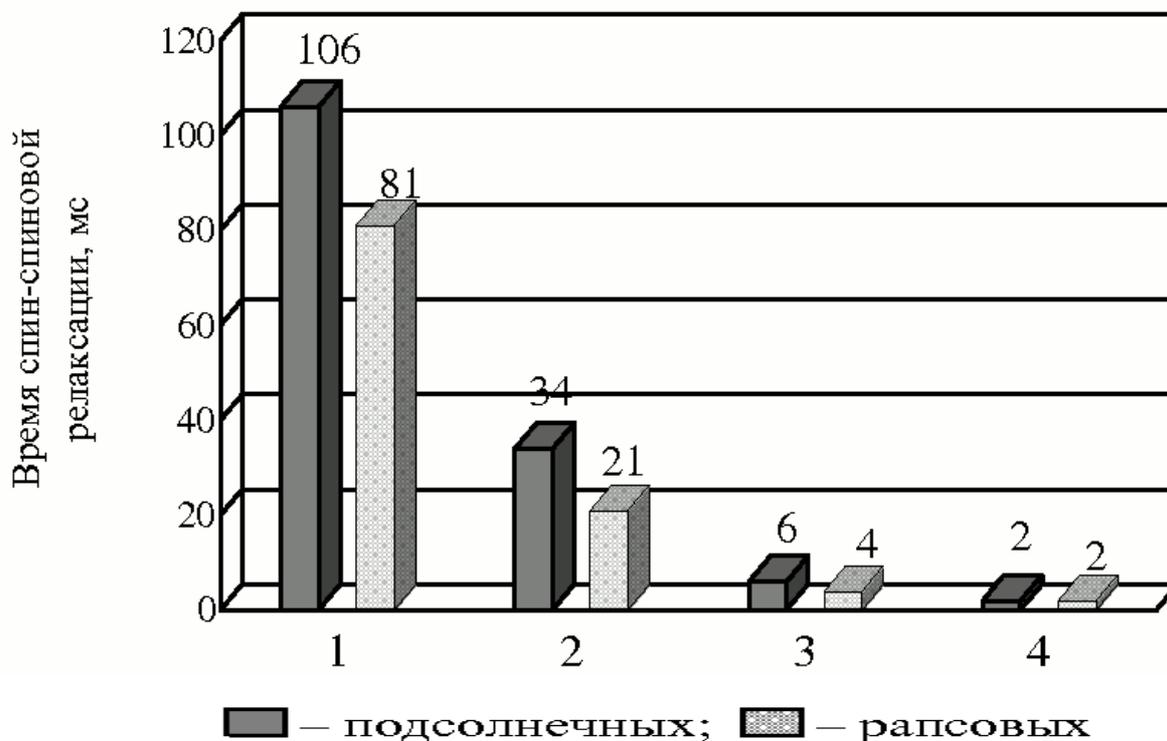


Рисунок 1 – Сравнительная оценка времен спин-спиновой релаксации протонов компонент лецитинов) при температуре 20 °С:

1 – первая компонента; 2 – вторая компонента; 3 – третья компонента; 4 – четвертая компонента

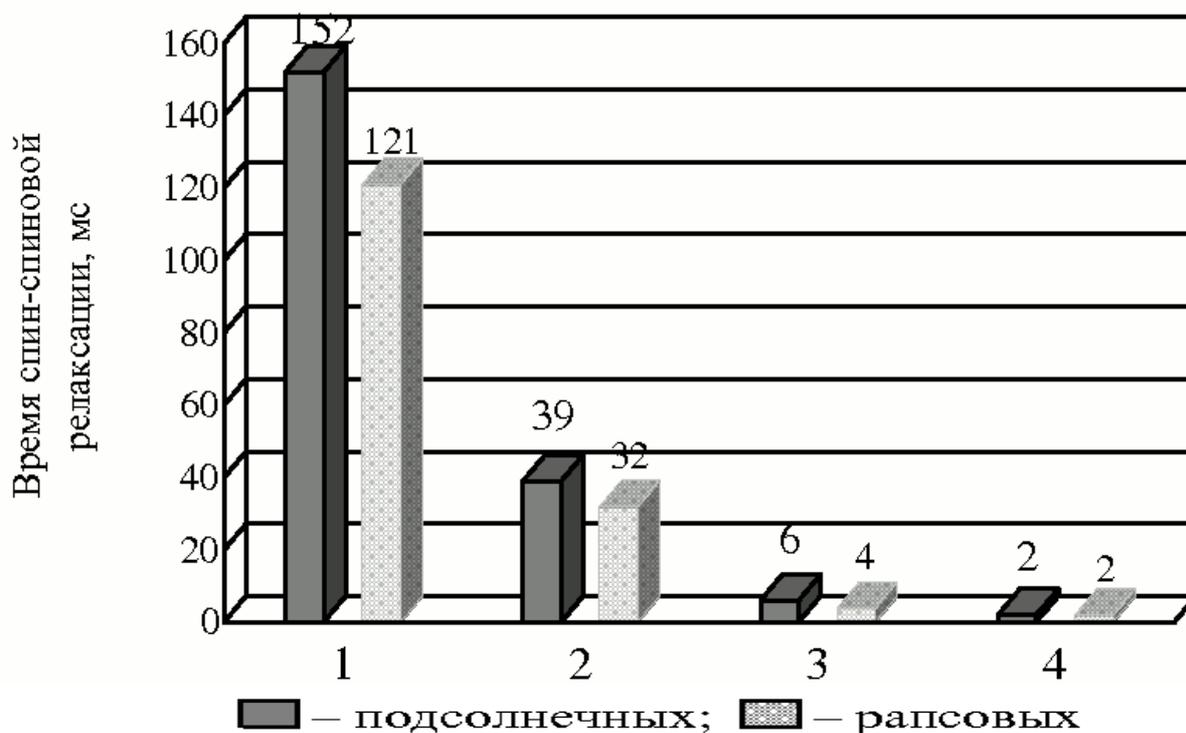


Рисунок 2 – Сравнительная оценка времен спин-спиновой релаксации протонов компонент лецитинов при температуре 40 °С:

1 – первая компонента; 2 – вторая компонента; 3 – третья компонента; 4 – четвертая компонента

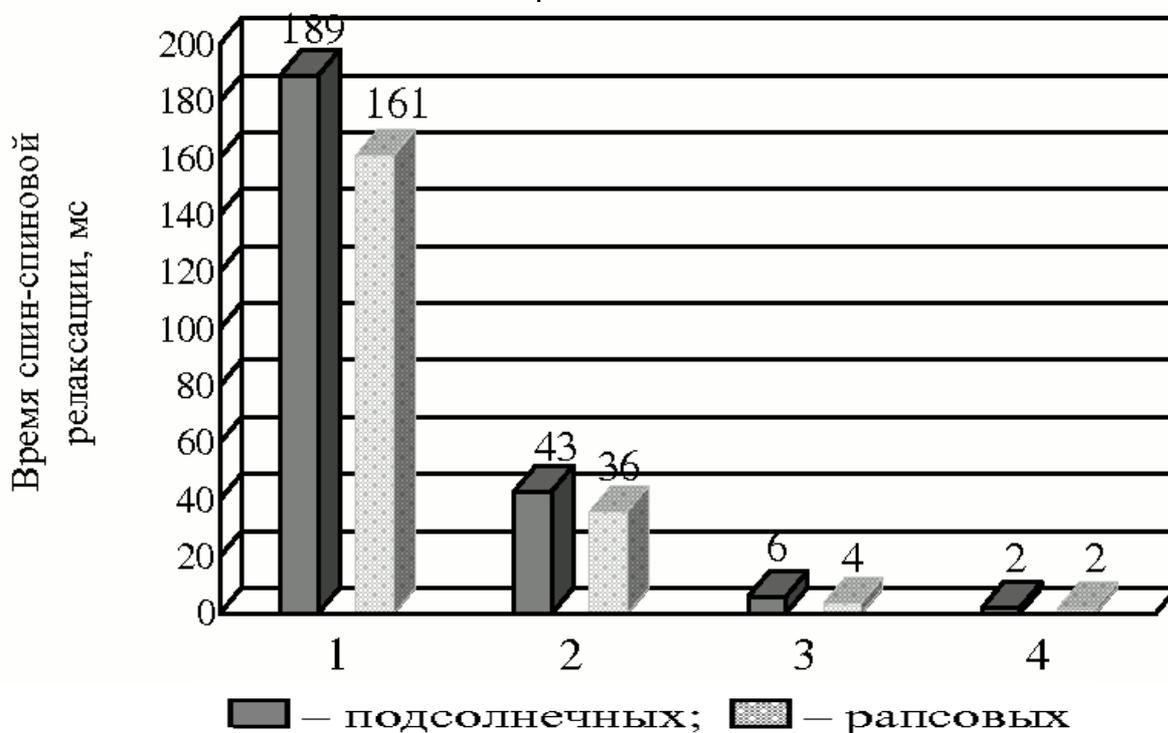


Рисунок 3 – Сравнительная оценка времен спин-спиновой релаксации протонов компонент лецитинов при температуре 60 °С:

1 – первая компонента; 2 – вторая компонента; 3 – третья компонента; 4 – четвертая компонента

Из приведенных на рисунках 1-3 диаграмм видно, что для подсолнечных и рапсовых лецитинов с одной и той же массовой долей веществ, нерастворимых в ацетоне, т.е. фосфолипидов, времена спин-спиновой релаксации протонов первой и второй компонент отличаются, при этом установлено, что повышение температуры исследуемых образцов приводит к более значительным отличиям времен спин-спиновой релаксации протонов первой и второй компонент лецитинов.

Выявлено, что время спин-спиновой релаксации протонов первой компоненты подсолнечных лецитинов при всех температурах более высокое, чем этот параметр для рапсовых лецитинов. Это говорит о том, что индивидуальные молекулы триацилглицеринов масла, содержащегося в подсолнечных лецитинах, являются более подвижными по сравнению с индивидуальными молекулами триацилглицеринов масла, содержащегося в рапсовых лецитинах, что обусловлено более высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот в триацилглицеринах масла подсолнечных лецитинов по сравнению с рапсовыми.

Кроме этого, при всех изученных температурах время спин-спиновой релаксации протонов второй компоненты рапсовых лецитинов, характеризующие молекулы триацилглицеринов масла, находящиеся в виде ассоциатов-димеров, несколько ниже по сравнению с этим же параметром для подсолнечных лецитинов, что говорит о более прочных ассоциатах-димерах, образованных молекулами триацилглицеринов масла, содержащегося в рапсовых лецитинах, в составе которых отмечено более высокое содержание мононенасыщенных жирных кислот, наиболее способных к образованию таких ассоциатов, по сравнению с подсолнечными лецитинами.

Следует отметить, что времена спин-спиновой релаксации протонов третьей и четвертой компонент, характеризующих находящиеся в лецитинах молекулы фосфолипидов в виде ассоциатов высоких порядков

и в виде мицелл, для подсолнечных и рапсовых лецитинов в диапазоне исследуемых температур практически не отличаются.

Учитывая данные, полученные при сравнительной оценке времен спин-спиновой релаксации протонов компонент подсолнечных и рапсовых лецитинов, можно сделать вывод о том, что для идентификации подсолнечных и рапсовых лецитинов в качестве аналитического параметра следует использовать время спин-спиновой релаксации протонов первой компоненты при температурах 40°C и 60°C, когда различия в значениях времен спин-спиновой релаксации протонов их первой компоненты проявляются в большей степени.

В таблице 3 приведены данные сравнительной оценки амплитуд ЯМР сигналов протонов компонент подсолнечных и рапсовых лецитинов с массовой долей веществ, нерастворимых в ацетоне (фосфолипидов), равной 60,4 %, при температурах 20 °С, 40 °С и 60 °С.

Таблица 3 - Сравнительная оценка амплитуд ЯМР сигналов протонов подсолнечных и рапсовых лецитинов

Наименование ЯМР характеристики	Значение ЯМР характеристики при температуре, °С		
	20	40	60
Амплитуда ЯМР сигналов первой компоненты лецитинов (A_1), %:			
подсолнечных	9,5	22,9	34,4
рапсовых	16,4	21,5	29,4
Амплитуда ЯМР сигналов второй компоненты лецитинов (A_2), %:			
подсолнечных	25,3	24,2	22,1
рапсовых	25,5	25,2	23,5
Амплитуда ЯМР сигналов третьей компоненты лецитинов (A_3), %:			
подсолнечных	32,0	25,0	19,8
рапсовых	32,5	29,7	29,3
Амплитуда ЯМР сигналов четвертой компоненты лецитинов (A_4), %:			
подсолнечных	33,2	27,7	23,7
рапсовых	25,6	23,7	17,8

Анализ данных таблицы 3 показывает, что для подсолнечных и рапсовых лецитинов с одной и той же массовой долей веществ, нерастворимых в ацетоне, значения амплитуд ЯМР сигналов протонов отдельных компонент отличаются, а следовательно, можно сделать вывод и о различном содержании отдельных компонент в подсолнечных и рапсовых лецитинах, так как значения амплитуд ЯМР сигналов протонов компонент являются их количественной характеристикой.

Так, значения амплитуд ЯМР сигналов протонов первой компоненты рапсовых лецитинов, представляющей индивидуальные молекулы триацилглицеринов (ТАГ) масла, выше, чем значения амплитуд ЯМР сигналов протонов первой компоненты подсолнечных лецитинов, что объясняется более высоким суммарным содержанием насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот в ТАГ масла рапсовых лецитинов (75,12 %) по сравнению с этим показателем для подсолнечных лецитинов (39,41%), то есть количество резонирующих протонов водорода в ТАГ масла рапсовых лецитинов выше, чем в ТАГ масла подсолнечных лецитинов.

Амплитуды ЯМР сигналов протонов второй компоненты, представляющей собой молекулы ТАГ масла, содержащегося в лецитинах в виде ассоциатов-димеров, в рапсовых лецитинах также выше по сравнению с подсолнечными лецитинами, что объясняется более высоким содержанием олеиновой кислоты (64,98%) в ТАГ масла рапсовых лецитинов по сравнению с содержанием олеиновой кислоты (27,30 %) в ТАГ масла подсолнечных лецитинов.

Следует отметить, что амплитуды ЯМР сигналов протонов третьей компоненты, представляющей собой ассоциаты молекул фосфолипидов высоких порядков, в рапсовых лецитинах выше, чем в подсолнечных, что объясняется способностью молекул фосфолипидов, содержащих в своем

составе в большем количестве олеиновую кислоту, образовывать ассоциаты высоких порядков.

Кроме этого, в отличие от амплитуд ЯМР сигналов протонов первой, второй и третьей компонент, амплитуды ЯМР сигналов протонов четвертой компоненты рапсовых лецитинов, представляющей собой мицеллы, образованные молекулами фосфолипидов, ниже по сравнению с амплитудами ЯМР сигналов протонов четвертой компоненты подсолнечных лецитинов, что, по-видимому, объясняется более низкой способностью молекул фосфолипидов, содержащихся в рапсовых лецитинах, к образованию мицелл по сравнению с молекулами фосфолипидов, содержащимися в подсолнечных лецитинах.

Учитывая данные, полученные при сравнительной оценке амплитуд ЯМР сигналов протонов компонент подсолнечных и рапсовых лецитинов, можно сделать вывод о том, что зависимости, установленные ранее для подсолнечных лецитинов между массовой долей фосфолипидов (веществ, нерастворимых в ацетоне) и суммой амплитуд ЯМР сигналов протонов третьей и четвертой компонент [9], не могут быть применены для рапсовых лецитинов, то есть для разработки экспресс-способа определения в рапсовых лецитинах массовой доли веществ, нерастворимых в ацетоне (фосфолипидов), необходимо провести дополнительные исследования с целью уточнения указанных зависимостей.

Литература

1. Пат. № 2309615 Рос. Федерация. Фосфолипидная биологически активная добавка к пище, обладающая антиоксидантными свойствами // Петрик А.А., Корнена Е.П., Руссу Е.И. и др. ; заявл. 10.03.2006.; опубл. 10.11.2007.
2. Пат. № 2309617 Рос. Федерация. Фосфолипидная биологически активная добавка к пище, обладающая антиоксидантными свойствами // Петрик А.А., Корнена Е.П., Руссу Е.И. и др.; заявл. 10.03.2006.; опубл. 10.11.2007.
3. Пат. № 2309611 Рос. Федерация. Фосфолипидная биологически активная добавка к пище, обладающая иммуномоделирующими свойствами // Петрик А.А., Корнена Е.П., Руссу Е.И. и др.; заявл. 10.03.2006; опубл. 10.11.2007.
4. Пат. № 2309616 Рос. Федерация. Фосфолипидная биологически активная добавка к пище, обладающая радиопротекторными свойствами // Петрик А.А., Корнена Е.П., Руссу Е.И. и др.; заявл. 10.03.2006.; опубл. 10.11.2007.

5. Герасименко Е.О. Пищевые растительные фосфолипиды, получение и тенденции применения / Е.О.Герасименко, Е.А. Бутина, Е.П. Корнена// Масложировая промышленность. -1999. - № 2.- С. 25-26.
6. Арутюнян Н.С. Фосфолипиды растительных масел/ Н.С. Арутюнян, Е.П. Корнена . – М.: Агропромиздат, 1986. - 256 с.
7. Тимофеенко Т.И. Фосфолипидные продукты функционального назначения/ Т.И. Тимофеенко, И.П. Артеменко, Е.П. Корнена -Краснодар:ТУ КубГТУ, 2002. - 210 с.
8. Пахомова Е.Н. Хлебобулочные изделия функционального назначения, обогащенные фосфолипидными продуктами/ Е.Н. Пахомова, А.А.Щипанова, Корнена Е.П. – Краснодар: ТУ КубГТУ, 2006.- 107 с.
9. Разработка экспресс-способа оценки качества подсолнечных лецитинов линолевого типа/ О.С. Агафонов [и др.]// Новые технологии, 2010. - № 3.- С. 11-13.
10. Исследование идентификационных особенностей растительных лецитинов методом ядерно-магнитной релаксации / О.С. Агафонов, Е.В.Лисовая, Е.П. Корнена, С.М. Прудников // Новые технологии, 2011. - № 3.- С. 11-14.
11. Система приема и обработки сигналов импульсных релаксометров ядерного магнитного резонанса: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ/С.М. Прудников, Л.В. Зверев, Т.Е. Джиоев, № 2001610425; заявл 17.04.01.
12. ГОСТ Р 32052-2013 Добавки пищевые. Лецитин Е 322. Общие технические условия». – М.: Стандартинформ, 2013. – 27 с.
13. ГОСТ Р 51486-99 Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот.- М.: Изд-во стандартов, 1999.- 7 с.
14. ГОСТ 30418-96 Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава.- М.: Изд-во стандартов, 1999.- 11 с.
15. Исследование ядерно-магнитных релаксационных характеристик сложных липидных систем «триацилглицерины-фосфолипиды»/ О.С. Агафонов [и др.]// Новые технологии, 2010. - № 2.- С. 11-14.

References

1. Pat. № 2309615 Ros. Federacija. Fosfolipidnaja biologicheski aktivnaja dobavka k pishhe, obladajushhaja antitoksichesкими svojstvami // Petrik A.A., Kornena E.P., Russu E.I. i dr. ; zajavl. 10.03.2006.; opubl. 10.11.2007.
2. Pat. № 2309617 Ros. Federacija. Fosfolipidnaja biologicheski aktivnaja dobavka k pishhe, obladajushhaja antioksidantnymi svojstvami // Petrik A.A., Kornena E.P., Russu E.I. i dr.; zajavl. 10.03.2006. ; opubl. 10.11.2007.
3. Pat. № 2309611 Ros. Federacija. Fosfolipidnaja biologicheski aktivnaja dobavka k pishhe, obladajushhaja immunomodelirujushhimi svojstvami // Petrik A.A., Kornena E.P., Russu E.I. i dr.; zajavl. 10.03.2006; opubl. 10.11.2007.
4. Pat. № 2309616 Ros. Federacija.. Fosfolipidnaja biologicheski aktivnaja dobavka k pishhe, obladajushhaja radioprotekturnymi svojstvami // Petrik A.A., Kornena E.P., Russu E.I. i dr.; zajavl. 10.03.2006.; opubl. 10.11.2007.
5. Gerasimenko E.O. Pishhevye rastitel'nye fosfolipidy, poluchenie i tendencii primeneniya / E.O.Gerasimenko, E.A. Butina, E.P. Kornena// Maslozhirovaja promyshlennost'. -1999. - № 2.- S. 25-26.
6. Arutjunjan N.S. Fosfolipidy rastitel'nyh masel/ N.S. Arutjunjan, E.P. Kornena . – М.: Агропромиздат, 1986. - 256 с.
7. Timofeenko T.I. Fosfolipidnye produkty funkcional'nogo naznachenija/ Т.И. Тимофеенко, И.П. Артеменко, Е.П. Корнена -Краснодар:ТУ КубГТУ, 2002. - 210 с.

8. Pahomova E.N. Hlebobulochnye izdelija funkcional'nogo naznachenija, obogashhennye fosfolipidnymi produktami/ E.N. Pahomova, A.A.Shhipanova, Kornena E.P. – Krasnodar: TU KubGTU, 2006.- 107 s.
9. Razrabotka jekspress-sposoba ocenki kachestva podsolnechnyh lecitinov linolevogo tipa/ O.S. Agafonov [i dr.]// Novye tehnologii, 2010. - № 3.- S. 11-13.
10. Issledovanie identifikacionnyh osobennostej rastitel'nyh lecitinov metodom jaderno-magnitnoj relaksacii / O.S. Agafonov, E.V.Lisovaja, E.P. Kornena, S.M. Prudnikov // Novye tehnologii, 2011. - № 3.- S. 11-14.
11. Sistema priema i obrabotki signalov impul'snyh relaksometrov jadernogo magnitnogo rezonansa: Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy dlja JeVM/S.M. Prudnikov, L.V. Zverev, T.E. Dzhioev, № 2001610425; zajavl 17.04.01.
12. GOST R 32052-2013 Dobavki pishhevye. Lecitin E 322. Obshhie tehicheskie uslovija». – M.: Standartinform, 2013. – 27 s.
13. GOST R 51486-99 Masla rastitel'nye i zhiry zhivotnye. Poluchenie metilovyh jefirov zhirnyh kislot.- M.: Izd-vo standartov, 1999.- 7 s.
14. GOST 30418-96 Masla rastitel'nye. Metod opredelenija zhirnokislотного состава.- M.: Izd-vo standartov, 1999.- 11 s.
15. Issledovanie jaderno-magnitnyh relaksacionnyh harakteristik slozhnyh lipidnyh sistem «triacilgiceriny-fosfolipidy»/ O.S. Agafonov [i dr.]// Novye tehnologii, 2010. - № 2.- S. 11-14.