

## ФОСФОЛИПИДЫ РЫЖИКОВОГО МАСЛА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧЕНЬЯ

Т. В. Рензяева, И. Ю. Резниченко, С. В. Новоселов, Е. В. Дмитриева

*Статья посвящена разработке мучных кондитерских изделий с использованием фосфолипидов рыжикового масла. Выполнено планирование двухфакторного эксперимента на трех уровнях, в результате обработки результатов которого получено уравнение регрессии, адекватно описывающее зависимость остаточного количества фосфолипидов в масле после гидратации от температуры и объема воды. Установлена область оптимальных параметров водной гидратации фосфолипидов рыжикового масла: температура от 60 до 65 °С; количество воды от 2 до 5 % к объему масла. Показана возможность использования раствора молочной кислоты с рН от 1,8 до 2,2 в качестве гидратирующего агента. В работе обоснована целесообразность и эффективность использования фосфолипидов рыжикового масла в производстве сахарного печенья. Для изготовления печенья использован способ, предусматривающий использование жидкого растительного масла и пищевых добавок стабилизирующего действия. Установлена дозировка фосфолипидов в рецептуре печенья, позволяющая получить изделие, отвечающее требованиям. Применение фосфолипидов рыжикового масла в производстве сахарного печенья с растительным маслом позволяет повысить его потребительские свойства и обогатить такими функциональными ингредиентами, как фосфолипиды, токоферолы, полиненасыщенные жирные кислоты, макроэлементы.*

*Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, сахарное печенье, рыжиковое масло, гидратация, фосфолипиды.*

Обеспечение полноценного питания населения, профилактика заболеваний, увеличение продолжительности и повышение качества жизни, стимулирование развития производства и обращения на рынке пищевой продукции надлежащего качества являются целями принятой Правительством РФ «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» [1]. Одним из путей реализации данной стратегии является увеличение объемов производства функциональных и обогащенных продуктов питания на основе повышения эффективности переработки и комплексного использования отечественного пищевого сырья. В этой связи актуальным является комплексное использование натурального растительного сырья, обладающего высокой пищевой ценностью и произрастающего в непосредственной близости от мест переработки. Это позволит сократить затраты на транспортировку и хранение сырья, снизить его себестоимость, расширить ассортимент и повысить пищевую ценность отечественных продуктов питания.

Одной из проблем, стоящих перед кондитерской отраслью России, является повышение качества и расширение ассортимента мучных кондитерских изделий, обогащенных физиологически функциональными ингредиентами, способных обеспечивать потребности организма в незаменимых нутриентах.

Решению данной проблемы способствует комплексная переработка отечественного растительного сырья с высокими потребительскими свойствами.

Фосфолипиды – это сложные эфиры многоатомных спиртов и высших жирных кислот, имеющие в молекуле остаток фосфорной кислоты. В производстве мучных кондитерских изделий использование фосфолипидов представляет интерес из-за проявляемого ими широкого спектра технологических свойств и положительного физиологического воздействия на организм человека. Фосфолипиды являются составными компонентами клеточных мембран тканей человека, участвуют в углеводном и жировом обмене, повышают активность антиоксидантных систем организма, нормализуют работу печени. Источником поступления в организм фосфолипидов являются пищевые продукты [2].

Молекулы фосфолипидов имеют гидрофильный характер, поэтому они являются поверхностно-активными веществами (ПАВ). Гидрофобная часть молекул представлена радикалами жирных кислот, а гидрофильная – полярными группами. Благодаря способности взаимодействовать с водной и жировой фазами, фосфолипиды широко используются

в качестве эмульгаторов в производстве продуктов питания для регулирования свойств полуфабрикатов и качества готовой продукции. В производстве мучных изделий фосфолипиды оказывают положительное влияние на технологические свойства водно-жировой эмульсии для приготовления теста, улучшают структурно-механические свойства теста, а также качество готовых изделий. Фосфолипиды в составе теста обеспечивают равномерное распределение жиров, облегчают замес теста и сокращают его продолжительность, способствуют образованию однородного мягкого теста с хорошей пластичностью, облегчают процесс формования и упрощают машинную обработку теста, предотвращают прилипание тестовых заготовок к металлическим формам в процессе выпечки. Использование фосфолипидов в рецептурах мучных изделий позволяет заменять яйцопродукты и улучшать такие характеристики, как слоистость и структура. К преимуществам использования фосфолипидов относится их способность придавать готовой продукции однородный цвет и снижать риски образования трещин на поверхности выпеченных изделий, что снижает количество отходов и брака. Фосфолипиды способствуют увеличению сроков годности мучных изделий и обеспечивают лучшую сохранность ароматов [3, 4].

Потребление достаточного количества функциональных ингредиентов в питании важно для населения Сибирского региона, где влияние неблагоприятных факторов на здоровье особенно выражено вследствие неблагоприятных климатических условий и большой техногенной нагрузки. На основе анализа потребительских предпочтений установлено, что наиболее употребляемым продуктом в группе мучных кондитерских изделий является сахарное печенье. В этой связи актуальными являются исследования влияния фосфолипидных добавок на формирование потребительских свойств сахарного печенья, являющегося продуктом массового потребления доступным всем слоям населения [5].

В последние годы в Сибирском регионе постоянно увеличиваются площади возделывания масличных культур семейства крестоцветных, в том числе рыжика. Основным продуктом переработки рыжика является рыжиковое масло, имеющее ценный жирнокислотный состав, отличающийся высоким содержанием эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот, в том числе семейства омега-3 [6]. Однако вторичные продукты переработки семян рыжика, в том числе фос-

фолипиды, которые образуются на стадии рафинации масла, также содержат физиологически функциональные ингредиенты. В этой связи существует потребность в разработке технологий комплексной переработки семян рыжика и исследовании потребительских свойств получаемых продуктов с целью расширения возможностей их использования в производстве продуктов питания.

Нерафинированное рыжиковое масло содержит большое количество сопутствующих веществ, которые различаются по своему составу и свойствам: свободные жирные кислоты, фосфолипиды, тиогликозиды, хлорофиллы, каротиноиды и неомыляемые липиды. Сопутствующие вещества находятся в различном агрегативном и дисперсном состоянии. Система "масло – сопутствующие вещества" имеет сложную природу, устойчивость которой зависит от характеристик дисперсной и дисперсионной фаз и сил молекулярного взаимодействия компонентов. Комплекс сопутствующих веществ рыжикового масла достаточно устойчив к воздействию химических реагентов и температур, поэтому оно относится к труднорафинируемым. Ученными ведутся работы по разработке эффективных способов выделения фосфолипидов из растительных масел на стадии рафинации, изучается их роль в питании [7–9].

В нерафинированном рыжиковом масле содержится от 0,6 до 0,93 % фосфолипидов. Из крестоцветных масличных культур наиболее изученными являются фосфолипиды рапсового масла, тогда как процесс выделения фосфолипидов рыжикового масла не достаточно изучен. В основу промышленных способов выделения фосфолипидов на стадии рафинации растительных масел положен процесс их гидратации водой или слабыми водными растворами кислот, щелочей, солей. При добавлении воды, которая имеет высокую полярность, нарушается устойчивость системы "фосфолипиды–триглицериды" вследствие повышения полярности молекул фосфолипидов. Вокруг полярных молекул фосфолипидов возникают гидратные оболочки из молекул воды, в результате чего система "фосфолипиды–триглицериды" теряет устойчивость и гидратированные фосфолипиды выпадают в осадок. Из выделенного осадка получают фосфатидные эмульсии и концентраты, которые используются в пищевых и кормовых целях [7].

Цель данной работы – выбор гидратирующих агентов и установление оптимальных условий проведения гидратации фосфолипидов рыжикового масла, а также оценка их

влияния на качество сахарного печенья. Работа проводилась в лаборатории кафедры «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

Процесс гидратации заключался в том, что в нагретое до нужной температуры рыжиковое масло при перемешивании в течение 15 минут вводилась вода либо раствор молочной кислоты. В процессе гидратации молекулы фосфолипидов, обладающие большей гидрофильностью, диффундируют из объема масла, насыщая слой на границе раздела фаз, а затем выпадают в осадок. В ходе исследований отмечено, что при увеличении объема вносимой воды, увеличивалась масса осадка в виде водно-жировой эмульсии. Разделение осадка фосфолипидов и гидратированного масла осуществляли центрифугированием. Полученные данные подвергались математическому и графическому анализу в программных пакетах Statistica 6.0, MS Excel, Adobe Photoshop CS2.

На начальном этапе работы для выделения фосфолипидов из нерафинированного рыжикового масла использовалась гидратация водой. Для изучения процесса гидратации фосфолипидов рыжикового масла был спланирован двухфакторный эксперимент на трех уровнях. В качестве варьируемых факторов были выбраны: температура масла ( $X_1$ ), °С; количество воды ( $X_2$ ), % к объему масла. Фактором оптимизации ( $Y$ ) являлось остаточное количество фосфолипидов в масле после гидратации, % в пересчете на стеаролеолецитин, которое определяли колориметрическим методом по ГОСТ 31753-2012. Пределы изменений факторов варьирования составляли:

-  $X_1$  – от 55 °С до 70 °С с шагом 7,5 °С;

-  $X_2$  – от 1 % до 6 % к объему масла с шагом 2,5 %.

Данные параметры гидратации были выбраны исходя из того, что при низкой температуре масло имеет высокую вязкость, что затрудняет разделение фаз, тогда как более высокая температура приводит к подавлению гидратации, пептизации дисперсной фазы и повторному растворению ее в масле. Известно, что использование большого количества воды для гидратации снижает качество масла и требует его сушки в последующем.

В результате математического анализа было получено уравнение регрессии, адекватность которого проверялась по критерию Фишера при доверительной вероятности не менее 0,91. Значимость коэффициентов уравнения регрессии проверялась по крите-

рию Стьюдента. Уравнение регрессии, адекватно описывающее зависимость остаточного количества фосфолипидов в масле после гидратации от температуры и объема воды

$$Y = 1,573517 - 0,046605x_1 - 0,007330 x_2 + 0,000373 x_2^2 + 0,000160 x_2^3 + 0,000012x_1x_2 - 0,000002/\cos x_2^3$$

Из уравнения регрессии следует, что на процесс гидратации рыжикового масла оказывают влияние оба фактора, как температура ( $x_1$ ), так и количество воды ( $x_2$ ), однако влияние температуры выражено в большей степени. Межфакторное взаимодействие ( $x_1 \cdot x_2$ ) существенного влияния на процесс гидратации рыжикового масла не оказывает.

С целью определения областей оптимальных параметров выделения фосфолипидов из рыжикового масла по полученному уравнению была построена поверхность функции отклика и проекция ее сечения на плоскость (рисунок 1). Область оптимальных параметров процесса водной гидратации фосфолипидов рыжикового масла находится в интервалах температур от 60 °С до 65 °С при объеме гидратирующего агента воды от 2 % до 5 % к объему масла.

В работе А.П. Глушанян [9] предложено для повышения эффективности гидратации растительных масел в качестве гидратирующего агента использовать раствор молочной кислоты. Применение водного раствора молочной кислоты позволяет максимально вывести фосфолипиды, снизить кислотное число и содержание сопутствующих веществ.

На следующем этапе работы изучалась возможность использования раствора молочной кислоты для гидратации рыжикового масла. Растворы гидратирующего агента готовились разбавлением 40 % раствора молочной кислоты водой при изменении значений рН от 1 до 6. Выделение фосфолипидов осуществлялось при следующих параметрах: температура 62,5 °С, количество раствора молочной кислоты 2 %, 3 % и 6 % к объему масла.

Полученная зависимость остаточного содержания фосфолипидов в масле от рН раствора молочной кислоты представлена на рисунке 2: при значениях рН раствора молочной кислоты от 1,8 до 2,2 наблюдалось минимальное остаточное количество фосфолипидов в масле после гидратации. Минимальному содержанию фосфолипидов в рыжиковом масле соответствовало количество 6 мл раствора молочной кислоты на 100 мл масла (6 %). Осадок полученной фосфолипидной эмульсии отделяли от масла центрифугиро-

ванием. Фосфолипиды вводили в рецептуру сахарного печенья.

Для приготовления сахарного печенья использовался ранее разработанный способ производства печенья [10]. Для связывания и удержания жидкого растительного масла тестом и печеньем в рецептуру вносились натуральные пищевые добавки стабилизирующего действия: ксантановая и гуаровая камеди, препарат пищевой клетчатки. Способ

предусматривает следующую последовательность технологических стадий: приготовление рецептурной смеси из всех компонентов, кроме муки и жировой фазы; приготовление жировой фазы из жидкого растительного масла и пищевых добавок стабилизирующего действия; приготовление жиромучной смеси из муки и жировой фазы; замес теста из рецептурной и жиромучной смесей; формование; выпечка; охлаждение.

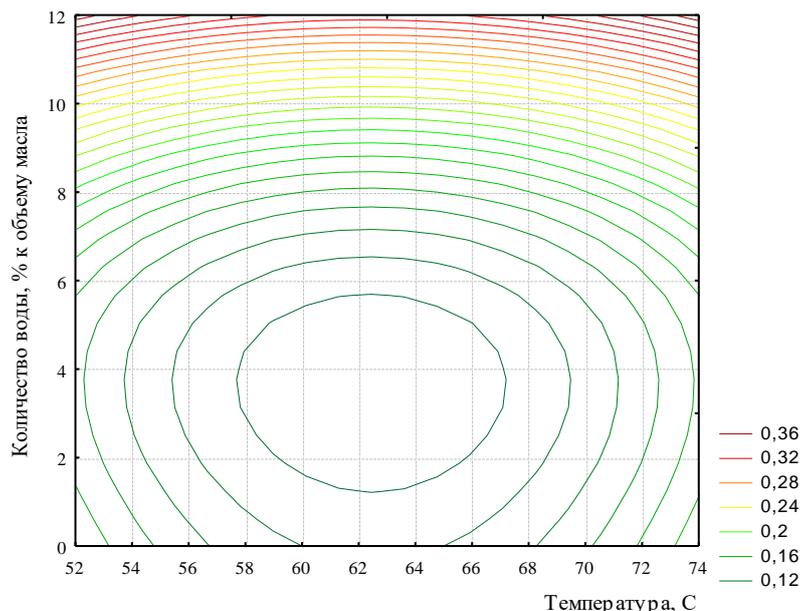


Рисунок 1 – Зависимость остаточного количества фосфолипидов в масле после гидратации от температуры и количества воды (проекция сечения поверхности отклика на плоскость)

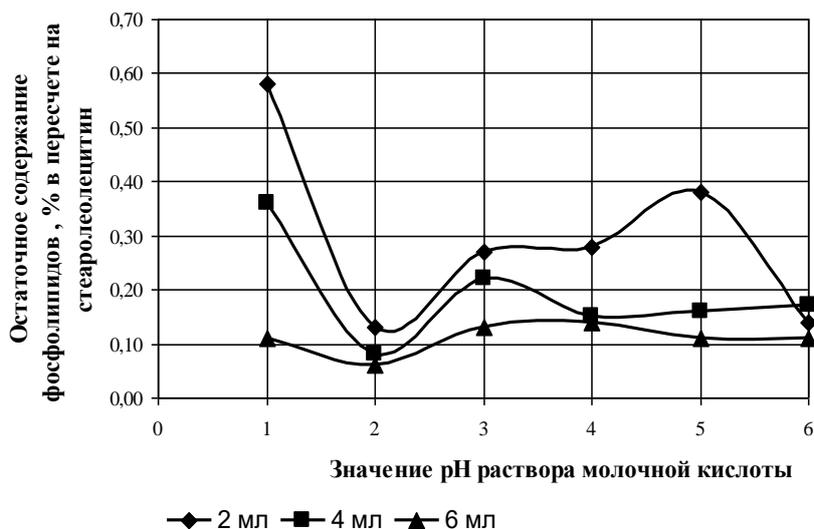


Рисунок 2 – График зависимости остаточного количества фосфолипидов в масле от pH раствора молочной кислоты

Ведение жидких растительных масел в состав кондитерского теста требует исполь-

зования добавок стабилизирующего действия и технологических приемов, позволяющих

## ФОСФИЛИПИДЫ РЫЖИКОВОГО МАСЛА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧЕНЬЯ

эффективно эмульгировать, связывать и удерживать жидкое растительное масло тем самым, стабилизируя структуру теста и качество готовых изделий. Смешивание муки с жировой фазой позволяет создать условия для более полного взаимодействия гидро-

фобных группировок высокомолекулярных соединений и адсорбции масла поверхностью твердых частиц с целью увеличения стабильности свойств теста и печенья, а также снижения миграции масла из изделий в процессе хранения.

Таблица 1 – Органолептические и физико-химические показатели сахарного печенья с использованием фосфолипидов рыжикового масла

Наименование показателя	Требования ГОСТ 24901–2014 «Печенье»	Дозировка фосфолипидов, % к массе масла	
		0,5	1,0
Форма	Плоская, без вмятин, вздутий и повреждений края.		
Поверхность	Гладкая, с четким не расплывшимся оттиском рисунка на верхней поверхности. Не подгорелая, без вздутий		
Цвет	Равномерный, от светло-соломенного до темно-коричневого с учетом используемого сырья	светло-соломенный	темно-соломенный
Вкус и запах	Выраженные, свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, без посторонних привкуса и запаха.		
Вид в изломе	Пропеченное, с равномерной пористостью, без пустот и следов непромеса		
Массовая доля влаги, %	не более 10,0	4,4±0,3	4,5±0,2
Массовая доля общего сахара (по сахарозе), %	не более 35,0	22,0±0,5	21,8±0,6
Массовая доля жира, %	не более 30,0	16,0±0,5	16,3±0,3
Щелочность, град	не более 2,0	1,4±0,1	1,2±0,1
Намокаемость, %	не менее 180	190±2	210±2

Фосфатиды рыжикового масла вносились в рафинированное дезодорированное растительное масло в качестве эмульгирующих добавок в дозировках 0,5 % и 1,0 % к массе масла.

Качество сахарного печенья оценивалось общепринятыми методами в соответствии с действующими стандартами. Органолептические и физико-химические показатели сахарного печенья с использованием фосфолипидов рыжикового масла представлены в таблице 1. Согласно результатам оценки качества печенья, введение фосфолипидов рыжикового масла в рецептуру сахарного печенья, позволяет получать изделия, отвечающие требованиям, регламентированным действующим стандартом на печенье. Использование фосфолипидов рыжикового масла в дозировке 1 % к массе масла улучшает органолептические и физико-химические показатели печенья, стабилизируя структуру теста и готовых изделий. Печенье с фосфолипидами имеет пористую и хрупкую структуру, что можно объяснить лучшим распределением жировой фазы в процессе замеса.

Таким образом, применение фосфолипидов рыжикового масла в производстве сахарного печенья, приготовленного способом, предусматривающим использование жидких растительных масел, позволит повысить его потребительские свойства. Уникальные медико-биологические свойства фосфолипидов позволят расширить ассортимент обогащенных продуктов, содержащих физиологически функциональные ингредиенты, способствующие повышению иммунитета, улучшению умственной активности, нормализации процессов метаболизма и функций нервной системы, печени и др.

Потребление сахарного печенья с фосфолипидами рыжикового масла будет способствовать нормализации пищевого статуса человека по таким физиологически функциональным ингредиентам, как фосфолипиды, токоферолы, полиненасыщенные жирные кислоты, а также отдельные макроэлементы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Феде-

рации от 29.06.2016 № 1364-р [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://government.ru/media>.

2. Артемьев, А.В. Разработка и оценка потребительских свойств функциональных продуктов специального назначения с использованием растительных фосфолипидов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / А.В. Артемьев. – Краснодар, 2004. – 21 с.

3. Кесаева, О.А. Формирование и оценка потребительских свойств сахарного печенья, обогащенного фосфолипидами кукурузных масел: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / О.А. Кесаева. – Краснодар, 2009. – 32 с.

4. Менли, Д. Мучные кондитерские изделия / Д. Мэнли; пер. с англ. В.Е. Ашкинази; науч. ред. И.В. Матвеева. – СПб: Профессия, 2003. – 558 с.

5. Резниченко, И.Ю., Формирование ассортимента мучных кондитерских изделий функциональной направленности / И.Ю. Резниченко, Т.В. Рензяева, А.Н. Табаторович, И.В. Сурков, А.М. Чистяков // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – №2 (45) – С. 149–162.

6. Рензяева, Т.В. Качество и жирнокислотный состав рыжикового масла / Т.В. Рензяева, О.П. Рензяев, В.И. Кривовяз, А.А. Проскурин, И.В. Пикупева, Т.М. Чикунова // Масложировая промышленность. – 2003. – №3. – С. 62–63.

7. Ксенофонтов, А.В. Совершенствование технологии гидратации масел семян рапса современной селекции: дис. ...канд. техн. наук: 05.18.06 / А.В. Ксенофонтов. – Краснодар, 2003. – 130 с.

8. Паронян, В.Х. Технология жиров и жирозаменителей / В.Х. Паронян.– М.: ДеЛи принт, 2006. – 760 с.

9. Гюлушанян, А.П. Разработка способа повышения полярных свойств сопутствующих веществ и технологии их удаления из растительных

масел: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.06 / А.П. Гюлушанян. – Краснодар, 2007. – 30 с.

10. Пат. 2459415 РФ. МПК А21D 13/08. Способ приготовления печенья / Т.В. Рензяева, А.Д. Мерман; Заявитель и патентообладатель: ГОУ ВПО Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – №2011107819/13; заявл. 28.02.11; опубл. 27.08.12, Бюл. № 24.

**Рензяева Тамара Владимировна**, д.т.н., профессор, профессор кафедры технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий ФГБОУ ВО "Кемеровский государственный университет", 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: [ren-tamara@mail.ru](mailto:ren-tamara@mail.ru), раб. тел.: (3842) 39-68-59.

**Резниченко Ирина Юрьевна**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой управления качеством ФГБОУ ВО "Кемеровский государственный университет", 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: [reznichenko@gmail.com](mailto:reznichenko@gmail.com), тел.: (3842) 39-68-53.

**Новоселов Сергей Владимирович**, д.т.н., профессор кафедры «Механика и инноватика» ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова", Россия, Алтайский край, г. Барнаул. Пр. Ленина, 46, тел.: (3852) 29-09-60.

**Дмитриева Екатерина Валерьевна**, к.т.н., ответственный редактор Центра научной периодики, ФГБОУ ВО "Кемеровский государственный университет", тел. 8(3842)58-81-19, e-mail: [dmitew@mail.ru](mailto:dmitew@mail.ru).