И.М. ЖАРКОВА, О.Б. РУДАКОВ,
К.К. ПОЛЯНСКИЙ, Ю.Ф. РОСЛЯКОВ

ЛЕЦИТИНЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ



И.М. ЖАРКОВА, О.Б. РУДАКОВ,
К.К. ПОЛЯНСКИЙ, Ю.Ф. РОСЛЯКОВ

ЛЕЦИТИНЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

МОНОГРАФИЯ

ВОРОНЕЖ
2015

УДК 665.37 : 612.397.7 : 664.3.014
ББК Л782.3
Л 33

Рецензенты:
д-р биолог. наук О. С. КОРНЕЕВА
(Воронежский государственный университет инженерных технологий);

д-р хим. наук В. Ф. СЕЛЕМЕНЕВ
(Воронежский государственный университет)

Л 33 **Лецитины в технологиях продуктов питания** [Текст]: монография / И.М. Жаркова, О.Б. Рудаков, К.К. Полянский, Ю.Ф. Росляков – Воронеж: ВГУИТ, 2015. – 256 с.

ISBN 978-00032-133-1

В монографии рассмотрены теоретические и практические вопросы применения лецитинов в разных отраслях пищевой промышленности: кондитерской, хлебопекарной, молочной, масложировой, сахарной, а также при производстве биологически активных добавок; представлены методы и методики технохимического контроля фосфолипидов.

Монография будет полезной для инженерно-технических работников кондитерской, хлебопекарной, молочной, масложировой, сахарной промышленности, специалистов, работающих в области товароведения и менеджмента качества пищевой продукции, научных работников, докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов высших учебных заведений пищевого профиля.

УДК 665.37 : 612.397.7 : 664.3.014
ББК Л782.3

Л $\frac{\textbf{4001010000}}{\textbf{ОК2 (03) – 2015}}$ **Без объявл**

ISBN 978-00032-133-1

© Жаркова И.М., Рудаков О.Б., Полянский К.К., Росляков Ю.Ф., 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение..... 5
1. Лецитины – эмульгаторы пищевых систем..... 6
1.1. Химическое строение и свойства фосфолипидов, входящих в состав лецитинов 6
1.2. Разновидности лецитинов и источники их получения... ..25
2. Использование лецитинов в кондитерском производстве.... ..34
2.1. Технологии шоколада и конфет..... ..36
2.1.1. Способы снижения вязкости шоколадных масс.... ..36
2.1.2. Свойства тонких пленок какао-масла и поверхностно-активных веществ..... ..46
2.1.3. Повышение эффективности разжижающего действия поверхностно-активных веществ в шоколадных массах..... ..54
2.1.4. Лецитины в производстве конфет..... ..58
2.2. Технологии мучных кондитерских изделий..... ..62
2.2.1. Лецитины в вафельном тесте..... ..66
2.2.2. Лецитины в технологиях бисквитов и пряников..... ..75
2.2.3. Лецитины в технологии сахарного печенья..... ..83
2.2.4. Выбор эмульгатора для приготовления эмульсий ..88
2.2.5. Применение эмульгаторов в технологии безглютеновых кексов из амарантовой муки..... ..93
3. Использование лецитинов в хлебопекарном производстве. 100
3.1. Улучшенные виды маргарина для производства хлеба. 118
3.2. Гидролизованные лецитины в хлебобулочных изделиях..... 123
3.3. Фосфолипидная фракция подсолнечного масла в технологии булочных изделий..... 126
4. Использование лецитинов в производстве молочных продуктов..... 131
4.1. Мороженое и замороженные десерты..... 132
4.2. Комбинированные сливочно-растительные продукты..... 136

4.3. Продукты на молочной основе для энтерального и геродиетического питания..... 141
4.4. Десерт на молочной основе..... 145
4.5. Фосфолипиды в технологии сыров..... 147
4.6. Лецитин в технологии глазури для творожных сырков... 149
5. Использование лецитинов в производстве масложировой продукции..... 151
5.1. Производство майонезов..... 151
5.2. Кулинарные жиры, маргарины и шортенинги..... 158
5.3. Экстракт фосфолипидов – стабилизатор рыбьего жира. 168
6. Использование лецитинов в получении биологически активных добавок..... 173
7. Использование лецитинов в сахарной промышленности..... 187
8. Использование лецитинов в других отраслях пищевой промышленности..... 189
9. Качественная идентификация и количественное определение фосфолипидов в продуктах питания..... 190
9.1. Газожидкостная хроматография как достоверный метод определения жирнокислотного состава пищевых продуктов..... 191
9.2. Идентификация масложировой продукции по жирнокислотному составу..... 204
9.3. Жидкостная хроматография в контроле качества жиров. 208
9.4. Тонкослойная жидкостная хроматография фосфолипидов..... 218
9.5. Количественное определение фосфолипидов методом тонкослойной хроматографии 225
Заключение 227
Словарь терминов 228
Список использованной литературы 238
Обозначения и сокращения 255

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая монография подготовлена кандидатом технических наук доцентом Жарковой И.М., специалистом в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой и биологической ценности (ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий"), доктором химических наук профессором Рудаковым О.Б., специалистом в области инструментальных методов контроля качества пищевой продукции (ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный архитектурно-строительный университет"), доктором технических наук профессором Полянским К.К., специалистом в области пищевой химии и технологии молочной и жировой продукции (ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Воронежский филиал), доктором технических наук профессором Росляковым Ю.Ф., специалистом в технологиях хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий диетического, лечебно-профилактического и функционального назначения, вырабатываемых с использованием натуральных биологически активных добавок (ФГБОУ ВПО "Кубанский государственный технологический университет").

Для пищевой промышленности в настоящее время актуальны вопросы совершенствования технологий, повышения качества, биологической ценности и безопасности продуктов питания, расширения их ассортимента. Одним из важнейших натуральных ингредиентов, положительно влияющих на вкус, аромат, текстуру, срок годности, пищевую ценность и технологичность продуктов являются лецитины (пищевые растительные фосфолипиды), содержащиеся в нерафинированных растительных маслах и животных жирах. В монографии рассматривается химический состав, свойства фосфолипидов, методики определения содержания фосфолипидов в продуктах питания, методы их выделения из растительного и животного сырья, и самое главное, использование фосфолипидов в технологиях различных продуктов питания.

При подготовке монографии авторы опирались на труды ведущих ученых России в области химии и технологии фосфолипидов: Арутюняна Н.С., Корненой Е.П., Нечаева А.П., Пароняна В.Х., Селеменева В.Ф., Тутельяна В.А., Тютюнникова Б.Н. и других, на результаты исследований зарубежных ученых: Fong B., Ghorbel D., Montalvo G., Rahmati N.F., Spence A.J. и других, а также использовали собственные разработки в этой области.

1. ЛЕЦИТИНЫ – ЭМУЛЬГАТОРЫ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ

Лецитины представляют собой комплексную смесь ацетоннерастворимых фосфолипидов и сопутствующих им веществ: триацилглицеринов, углеводов, жирных кислот и др. (ГОСТ 32052).

Лецитины относят к группе пищевых добавок с индексом Е322[1].

Лецитин Е322 (i) – смесь веществ, нерастворимых в ацетоне (в основном фракций фосфатидилхолинов, фосфатидилэтаноламинов, фосфатидилинозитов, фосфатидных кислот) с сопутствующими веществами (гликолипидами, углеводами, триацилглицеринами, свободными жирными кислотами и др.), полученная из животных или растительных источников. *Лецитин Е322 (i)* может содержать фосфолипидные фракции и комбинированные с ними вещества в различных пропорциях и комбинациях. Выпускается в виде лецитина жидкого стандартного, лецитина обезжиренного, лецитина фракционированного (ГОСТ 32052).

Лецитин частично гидролизованный Е322 (ii) – лецитин, полученный с помощью ферментативного гидролиза фосфолипидов, с увеличенным содержанием лизофосфолипидов, и выпускаемый в виде лецитина гидролизованного и лецитина обезжиренного гидролизованного (ГОСТ 32052).

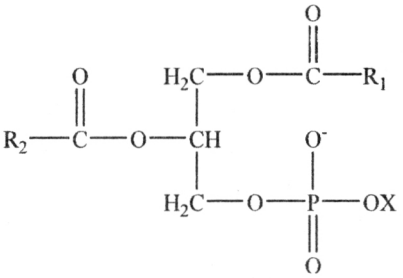
Так как технологические свойства лецитинов определяются, в первую очередь, свойствами входящих в них фосфолипидов, то далее в книге будут употребляться оба термина: лецитины и фосфолипиды.

1.1. Химическое строение и свойства фосфолипидов, входящих в состав лецитинов

Фосфолипиды – природные сложные липиды, содержащие в молекуле остаток фосфорной кислоты, связанной эфирной связью с производным многоатомного спирта. Фосфолипиды являются важной составной частью жиров, которые принимают активное участие в обмене веществ – входят в состав пограничного слоя клеток и являются одним из

[1] Каждой пищевой добавке присвоен цифровой трех- или четырехзначный номер (в Европе с предшествующей ему буквой Е). Букву Е отождествляют как со словом Европа, так и со словами Eβbar/Edible, что в переводе на русский соответственно с немецкого и английского означает "съедобный". Буква Е в сочетании с трехзначным номером является синонимом и частью сложного наименования конкретного химического вещества, являющегося пищевой добавкой.

регуляторов проницаемости их стенок. При их гидролизе наряду со спиртами (чаще всего глицерином) и высокомолекулярными жирными кислотами образуется фосфорная кислота, азотистые основания, аминокислоты и ряд других соединений. В зависимости от строения «центрального» структурного фрагмента – полиола, фосфолипиды могут быть разделены на несколько групп: глицерофосфолипиды, диольные фосфолипиды и сфинголипиды. В построении молекул первой группы соединений участвует глицерин, второй – диолы, третьей – сфингозин. Диольные и глицерофосфолипиды наиболее распространены, они играют особо важную роль в живых организмах. Сфингозин имеет специфическое строение, и его производные часто выделяют в самостоятельную группу сложных липидов. Глицерофосфолипиды имеют следующий вид:



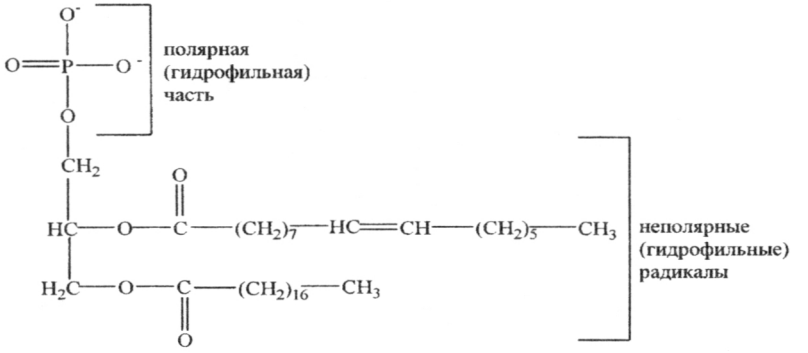
где R_1, R_2, – углеводородные радикалы;

X= –H; $–CH_2–CH_2N^+(CH_3)_3$; $–CH_2–CH_2N^+H_3$ и др.

Таким образом, заместители в молекуле фосфолипидов могут быть двух типов – гидрофильные (аминопроизводные) и гидрофобные (высокомолекулярные ацилы или алкилы). Большинство из жирных кислот фосфолипидов содержит четное число углеродных атомов, которые соединены в неразветвленную цепь. Необходимо отметить, что состав фосфолипидов растений отличается повышенным содержанием ненасыщенных кислот, животных – насыщенных. Значительно чаще в природе встречаются фосфолипиды, содержащие два ацильных радикала. К глицерофосфолипидам относятся фосфатидные кислоты, фосфатидилхолины (содержание в фосфолипидах масличных семян и животных достигает 30-50 %), фосфатидилэтаноламины, фосфатидилинозиты.

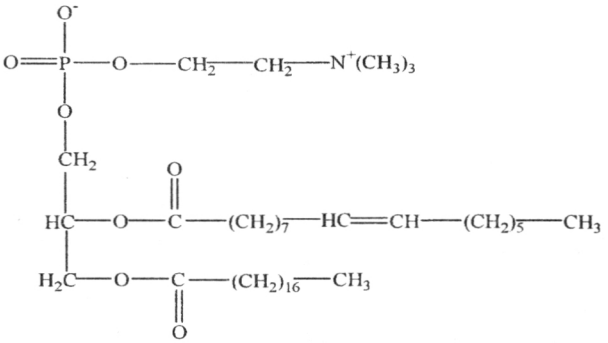
Природные фосфолипиды в положении $C_{1'}$ содержат насыщенную жирную кислоту, а в положении $C_{2'}$ – ненасыщенную жирную кислоту. Длина радикалов варьирует от 14 до 24 атомов углерода в цепи. Один из радикалов содержит, как правило, одну или более *цис*–двойных связей (ненасыщенный углеводородный фрагмент), тогда как у другого (насыщенный алкил) двойных связей нет. Каждая двойная связь вызывает появление изгиба в кислоте. Если один из радикалов отсутствует, то такой фосфолипид образует соответствующую ему лизоформу; при удалении обоих радикалов жирных кислот из фосфолипидов образуются соединения подгруппы глицерилфосфолипидов.

С химической точки зрения самой простой формой фосфолипидов является *фосфатидная кислота*, в которой молекула спирта отсутствует:

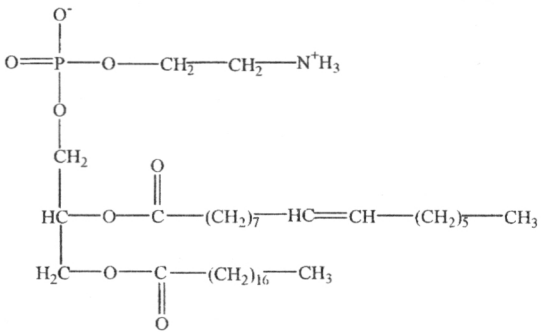


Молекулы фосфолипидов являются амфифильными, т.к. они состоят из двух частей, различных по своей растворимости в воде: полярной части, обладающей высоким сродством к воде, т.е. гидрофильной составляющей, и радикалов, образуемых неполярными углеводородными цепями жирных кислот. Эта часть молекулы обладает низким сродством к воде, т.е. гидрофобна.

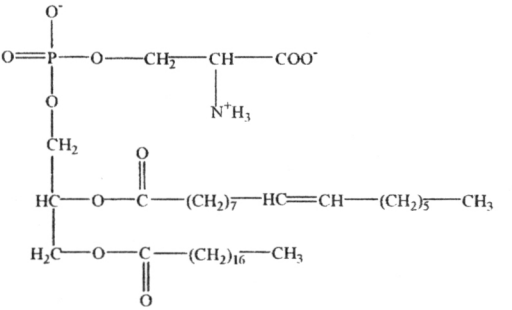
Фосфатидилхолин составляет около 50 % липидов клеточных мембран, входит в состав липопротеидов крови. Это один из наиболее важных питательных веществ для поддержания активного состояния печени, является универсальным строительным блоком для клеточных мембран.



Фосфатидилэтаноламин составляет около 30 % от общих липидов мембраны, содержится во всех тканях и клетках человеческого организма, в составе липопротеидов крови, метаболически тесно связан с фосфатидилхолином и в некоторых тканях животного организма может служить предшественником синтеза последнего. Полярная часть фосфатидилэтаноламина (ФЭА) содержит спирт этаноламин:



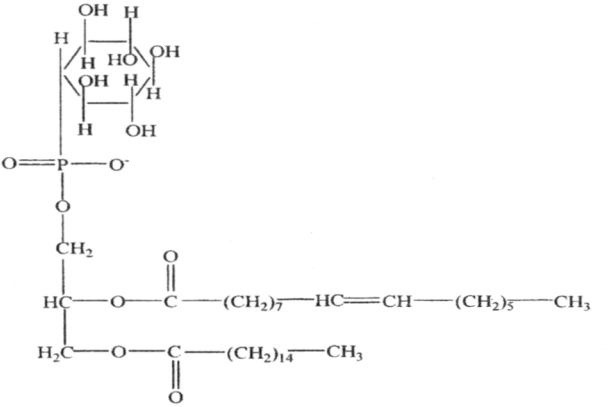
Фосфатидилсерин – кислый фосфолипид, в состав молекулы которого входят два кислотных остатка и один основный. Способен к ферментативному декарбоксилированию, в ходе которого образуется молекула фосфатидилэтаноламина. Его полярная часть содержит остаток гидроксиаминокислоты серина:



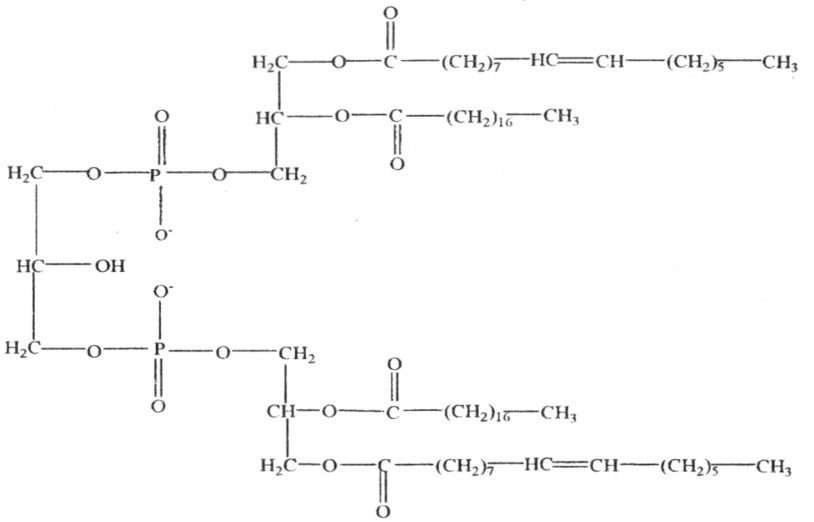
Фосфатидилсерин является обязательным компонентом в сложной смеси фосфолипидов, хотя его содержание в смеси невелико (около 5 %).

Фосфатидилинозитолы – фосфолипиды, содержащие остаток циклического полиола инозита, связанного с ацилглицерином через остаток фосфорной кислоты. Большое количество веществ этого класса содержится в нервных волокнах спинного мозга, так как эта разновидность фосфолипидов участвует в процессах передачи нервных импульсов.

Ниже приведено строение фосфатидилинозитолов:



Кардиолипин является уникальным фосфолипидом, состоящим из двух диэфирных фосфатных групп, соединенных молекулой глицерина:



Поверхностно-активные свойства фосфолипидов. Фосфолипиды применяют в пищевой индустрии в первую очередь в качестве эмульгаторов. В соответствии с существующей классификацией пищевых добавок [120] в функциональный класс 9 (эмульгаторы) входят вещества, которые, будучи добавленными к пищевому продукту, обеспечивают возможность образования и сохранения однородной дисперсии двух или более несмешивающихся веществ. Порядок применения эмульгаторов как пищевых добавок, рассматривается регламентом ЕС 1333/2008 о пищевых добавках [171]. Строго говоря, под термином "эмульгатор", или "эмульгирующий агент", подразумевают химическое вещество, способное при растворении (или диспергировании в жидкости) образовывать и стабилизировать эмульсию, что достигается благодаря его способности концентрироваться на поверхности раздела фаз и снижать межфазное поверхностное натяжение. Такая способность связана с поверхностно-активными свойствами, поэтому применительно к данной группе пищевых добавок термины "эмульгатор", "эмульгирующий агент" и "поверхностно-активное вещество" (ПАВ) могут рассматриваться как синонимы. Хотя основными функциями эмульгаторов являются образование и поддержание в однородном состоянии смеси несмешиваемых фаз, таких, как масло и вода, в отдельных пищевых системах применение этих добавок

может быть связано не столько с эмульгированием, сколько с их взаимодействием с другими пищевыми ингредиентами, например с белками или крахмалом. В качестве первых пищевых эмульгаторов использовали натуральные вещества, в частности камеди, сапонины, лецитин и др. И хотя некоторые из них сохранили свою популярность, в последнее время в пищевой промышленности активно используются искусственные (продукты химической модификации природных веществ) или синтетические эмульгаторы, массовое производство которых начало развиваться в XX столетии.

По химической природе молекулы классических эмульгаторов, являющихся ПАВ, имеют дифильное строение, т.е. содержат полярные гидрофильные и неполярные гидрофобные группы атомов, которые, будучи связанными через соединительное звено (основание), отделены друг от друга и располагаются на противоположных концах молекулы. Первые (гидрофильные) обеспечивают сродство к воде, вторые (гидрофобные, липофильные) – к неполярным растворителям (рис. 1.1). Дифильное строение молекул эмульгаторов обусловливает их склонность к формированию в объемной фазе растворителя ассоциатов, которые называются *мицеллами.* В зависимости от особенностей строения молекулы эмульгатора, которые будут проявляться в соотношении между гидрофильными свойствами полярной группы и липофильными свойствами неполярной части молекулы ПАВ, могут образовываться как классические мицеллы в воде, так и обращенные мицеллы в неполярных растворителях (маслах и жирах), что схематично изображено на рис. 1.2.

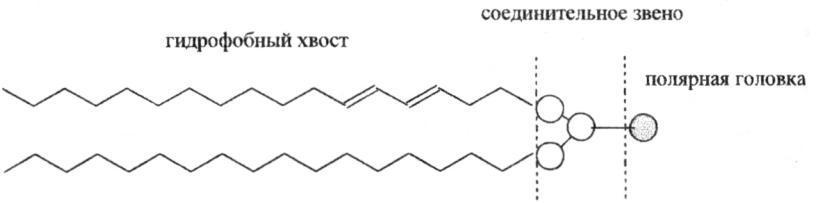


Рис. 1.1. Дифильная структура молекул ПАВ

Склонность к формированию ассоциатов мицеллярного типа, равно как и другие проявления поверхностно-активных свойств, зависит от химического строения молекул ПАВ, и прежде всего от соотношения размеров полярной и неполярной частей молекулы, которое выражается в по-

казателе гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ): чем выше гидрофильность, тем больше величина ГЛБ и тем ярче проявляется способность молекул ПАВ к образованию классических мицелл и стабилизации прямых эмульсий [120]:

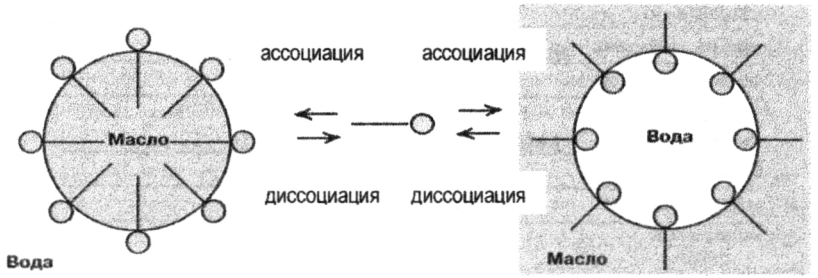


Рис. 1.2. Схема образования мицелл

Доля гидрофильных групп, %	10	20	30	40	50	60	70
ГЛБ	2	4	6	8	10	12	14
Тип эмульсии	Вода/масло		→				Масло/вода

Показатель ГЛБ определен для системы *вода/масло*, в то время как состав реальных пищевых систем более сложный. Тем не менее, величина ГЛБ эмульгатора может использоваться для выявления области его возможного применения. Характеристика некоторых эмульгаторов по величине ГЛБ приведена на схеме (рис. 1.3) [159]. Аббревиатуры MDG, ACETEM и др. относятся к фирменным названиям эмульгаторов.

Известно несколько способов классификации эмульгаторов по различным классификационным признакам (табл. 1.1) [120].

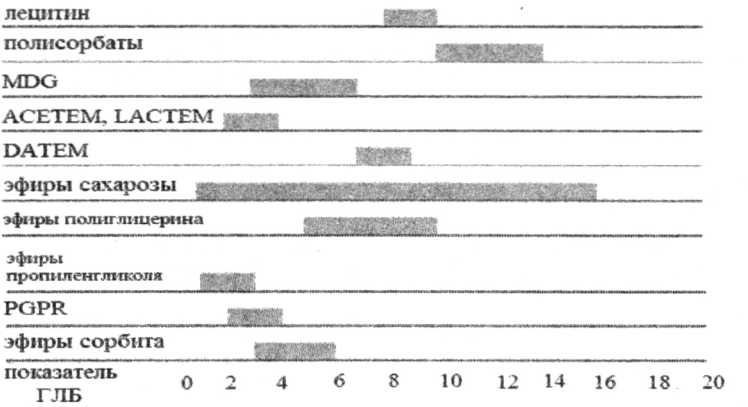


Рис. 1.3. Диапазоны ГЛБ, характерные для пищевых эмульгаторов [159]

Таблица 1.1. Классификация эмульгаторов

Классификационный признак	Основные подклассы
Заряд поверхностно-активной части:	
отрицательный	Анионные
положительный	Катионные
нейтральный	Неионогенные
положительный или отрицательный в зависимости от pH	Амфотерные
положительный и отрицательный (оба)	Цвиттер-ионные
Гидрофильно-липофильный баланс:	
4-6	Эмульгаторы для систем вода/масло
7-9	Смачивающие агенты
8-18	Эмульгаторы для систем масло/вода
Растворимость:	
в воде	Водорастворимые (гидрофильные, липофобные)
в масле	Маслорастворимые (липофильные, гидрофобные)
Функциональные группы:	
– COOH	Кислоты
– OH	Спирты
	Сложные эфиры

В анионных (анионактивных) эмульгаторах гидрофильными группами могут быть ионные формы карбоксильных и сульфонильных групп, в катионактивных – ионные формы соединений аммония с третичным или четвертичным атомом азота (третичные или четвертичные аммониевые основания и соли), неионогенных эмульгаторах – гидроксильные и кетонные группы, эфирные группировки и др. В цвиттер-ионных эмульгаторах роль гидрофильных групп выполняют ионные группировки, имеющие одновременно и положительный, и отрицательный заряды. Например, в молекуле лецитина гидрофильная группировка состоит из отрицательно заряженного остатка фосфорной кислоты и катионной группы четвертичного аммониевого основания холина. Основные виды пищевых эмульгаторов являются неионогенными ПАВ. Исключение составляет цвиттерионный лецитин. По химической природе они относятся к производным одноатомных и многоатомных спиртов, моно- и дисахаридов, структурными компонентами которых являются остатки кислот различного строения. Применяемые в пищевой промышленности ПАВ – это не индивидуальные вещества, а многокомпонентные смеси. Химическое название препарата при этом соответствует лишь основной части продукта. В зависимости от особенностей химической природы эмульгатора, а также специфики пищевой системы, в которую он вводится, некоторые из представителей этого функционального класса пищевых добавок могут иметь смежные технологические функции, например функции стабилизаторов или антиоксидантов. Перечень эмульгаторов, разрешенных к применению при производстве пищевых продуктов в России, приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2. Пищевые эмульгаторы, разрешенные к применению при производстве пищевых продуктов в Российской Федерации

Е-номер	Эмульгатор	Технологические функции
Е 322	Лецитины, фосфатиды	Антиокислитель, эмульгатор
Е 430	Полиоксиэтилен (8) стеарат	Эмульгатор
Е 431	Полиоксиэтилен (40) стеарат	»
Е 432	Полиоксиэтиленсорбитан монолаурат (Полисорбат 20,Твин-20)	»
Е 433	Полиоксиэтиленсорбитан моноолеат (Полисорбат 80, Твин-80)	»

Продолжение табл. 1.2

Е-номер	Эмульгатор	Технологические функции
Е 434	Полиоксиэтиленсорбитан монопальмитат (Полисорбат 40, Твин-40)	»
Е 435	Полиоксиэтиленсорбитан моностеарат (Полисорбат 60, Твин-60)	»
Е 436	Полиоксиэтиленсорбитан тристеарат (Полисорбат 65, Твин-65)	»
Е 442	Аммонийные соли фосфатидиловой кислоты	»
Е 444	Сахарозы ацетат-изобутират	Стабилизатор
Е 445	Эфиры глицерина и смоляных кислот	»
Е 446	Сукцистеарин	Эмульгатор
Е 460	Целлюлоза	Добавка, препятствующая слеживанию и комкованию, текстуратор
(i)	Целлюлоза микрокристаллическая	
(ii)	Целлюлоза в порошке	
Е 467	Этилгидроксиэтилцеллюлоза	Стабилизатор, загуститель
Е 471	Моно- и диглицериды жирных кислот	Стабилизатор
Е 472a	Эфиры глицерина, уксусной и жирных кислот	Стабилизатор, комплексообразователь
Е 472b	Эфиры глицерина, молочной и жирных кислот	»
Е 472c	Эфиры лимонной кислоты и моно- и диглицеридов жирных кислот	»
Е 472d	Эфиры моно- и диглицеридов, винной и жирных кислот	»
Е 472e	Эфиры глицерина и диацетилвинной и жирных кислот	»
Е 472f	Смешанные эфиры глицерина, винной, уксусной и жирных кислот	»
Е 472g	Эфиры моноглицеридов и янтарной кислоты	»
Е 473	Эфиры сахарозы и жирных кислот	Эмульгатор
Е 474	Сахароглицериды	»
Е 475	Эфиры полиглицерина и жирных кислот	»
Е 476	Эфиры полиглицерина и взаимоэтерифицированных рициноловых кислот	»

Окончание табл. 1.2

Е-номер	Эмульгатор	Технологические функции
Е 477	Эфиры пропиленгликоля и жирных кислот	»
Е 478	Эфиры лактилированных жирных кислот глицерина и пропиленгликоля	»
Е 479	Термически окисленное соевое масло с моно- и диглицеридами жирных кислот	»
Е 480	Диоктилсульфосукцинат натрия	Увлажняющий агент
Е 481	Лактилаты натрия	Стабилизатор, эмульгатор
(i)	Стеароиллактилат натрия	
(ii)	Олеиллактилат натрия	
Е 482	Лактилаты кальция	Стабилизатор
Е 484	Стеароилцитрат	Комплексообразователь
Е 491	Сорбитанмоностеарат, СПЭН 60	Эмульгатор
Е 492	Сорбитантристеарат	»
Е 493	Сорбитанмонолаурат, СПЭН 20	»
Е 494	Сорбитанмоноолеат, СПЭН 80	»
Е 495	Сорбитанмонопальмитат, СПЭН 40	»
Е 496	Сорбитантриолеат, СПЭН 85	Стабилизатор, эмульгатор

Некоторые характеристики и общие свойства основных пищевых эмульгаторов представлены в табл. 1.3. Общим свойством, объединяющим эмульгаторы и отличающим их от пищевых добавок других классов, является поверхностная активность, характерная для органических молекул дифильного строения с выраженными гидрофильной и гидрофобной частями.

Эмульгаторы в пищевых системах выполняют следующие основные технологические функции:

- диспергирование, в частности эмульгирование и пенообразование;
- солюбилизация;
- комплексообразование с крахмалом;
- взаимодействие с белками;
- изменение вязкости;
- модификация кристаллов;
- смачивание и смазывание.

Таблица 1.3. Некоторые характеристики пищевых эмульгаторов

Е-номер	Эмульгатор	ГЛБ*	Растворимость		Мицелло-образование
			в масле	в воде	
Е 322	Лецитин	3-4	+	д*	Обратные мицеллы
	Модифицированный лецитин	7-12	+	д	Мицеллы
Е 471	Моно- и диглицериды	3-4	+	д	»
Е 472а	Ацетилированные моноглицериды	2-3	+	–	Обратные мицеллы
Е 472b	Лактилированные моно- и диглицериды	3-4	+	–	»
Е 472е	Эфиры диацетилвинной кислоты с моно- и диглице-ридами	8-10	+	д	Мицеллы
Е 473	Эфиры сахарозы	3-16	д	д	Мицеллы, обратные мицеллы
			–	+	
Е 481	Стеароиллактилат натрия	10-12	+	д	»
Е 482	Стеароиллактилат кальция	5-6	+	д	Обратные мицеллы
Е 491	Сорбитан моностеарат	3-6	+	д	»
Е 435	Полисорбат 60	14-15	+	д	Мицеллы
Е 436	Полисорбат 65	10-11	+	д	»
Е 433	Полисорбат 80	14-15	+	+	»

д – диспергируем.

Из табл. 1.3 видно, что молекулы основных эмульгаторов пищевого назначения имеют одинаковую гидрофобную (липофильную) часть, представленную остатками высших жирных кислот, и отличаются химическим строением гидрофильной части молекул.

Липофильная часть дифильных молекул всех перечисленных в табл. 1.3 добавок имеет одинаковую химическую природу и сформирована остатками высших жирных кислот. Основные структурные отличия, обусловливающие различия поверхностно-активных свойств, связаны с

особенностями химического строения гидрофильной (липофобной) части молекул, представленных ПАВ, которые отражаются в значениях гидрофильно-липофильного баланса.

Наиболее популярными в группе фосфатидов (Е322, Е442) являются природные лецитины (Е322), имеющие синтетический аналог под названием "аммониевые фосфатиды" (Е442) [120].

В соответствии с Директивой Европейского Союза *лецитины* (Е322) представляют собой смесь фракций фосфатидов, полученную из животных или растительных объектов физическими методами, включающими использование ферментов. Содержание в этой смеси веществ, нерастворимых в ацетоне (собственно фосфолипидов), составляет не менее 56-60 %.

Коммерческие лецитины включают следующие основные фракции: фосфатидилхолины, т.е. собственно лецитины (до 25 %), фосфатидилэтаноламины (до 25 %), фосфатидилсерины (до 15 %), фосфатидилинозиты и фосфатидные кислоты (5-10 %).

Лецитин может быть слегка отбелен в водной среде посредством пероксида водорода. Такое окисление не должно химически модифицировать фосфатиды лецитинов.

Благодаря своей фосфорилированной природе лецитин обладает уникальными свойствами для смазки и пластификации.

Существует несколько типов лецитинов: очищенный, обезжиренный, гидролизованный, фракционированный. Кроме того, возможны комбинации различных процессов для получения, например, гидролизованного обезжиренного или фракционированного обезжиренного лецитина.

В странах Европы, США и Японии лецитины имеют статус *GRAS* (общепринято, безвредно) – их применение в пищевых продуктах не лимитируется; аммониевые фосфатиды такового не имеют, и их применение регламентируется соответствующими директивами.

Аммониевые фосфатиды – продукт взаимодействия ортофосфорной кислоты с одним, двумя или тремя остатками ацетилглицеринов.

В соответствии с Директивой ФАО–ВОЗ для синтетических аналогов содержание связанного фосфора регламентируется в пределах 3,0–3,4 %, а содержание азота – 1,2-1,5 %.

Фосфатидилхолин превосходен в качестве эмульгатора, однако холин не может быть синтезирован человеческим организмом и его необходимо добавлять к пище. Фосфатидилэтаноламин менее функционален как эмульгатор, более чувствителен к кальцию в жесткой воде и ответствен за поко-

ричневение лецитинов при длительном нагреве. Третий важнейший компонент – это фосфатидилинозитол. Фосфатидная кислота является просто фосфорилированным диглицеридом без боковой цепи в фосфатной группе. Дополнительная функциональность этих боковых цепей важна, поскольку объектом многих стадий переработки лецитина является изменение относительного содержания данных компонентов.

Применение фосфолипидов обусловлено их технологическими функциями – эмульгирующие с антиоксидантным эффектом.

Основным источником промышленного получения лецитинов для пищевой промышленности служат масличные культуры (главным образом соя, реже – подсолнечник), из которых их выделяют гидратацией масел. Концентрированным источником фосфолипидов животного происхождения является яичный желток. Фракционный состав фосфолипидов сои и яичного желтка представлен в табл. 1.4.

На базе растительных фосфолипидов сои и яичного желтка получают продукты различного состава и свойств, которые делят на три группы: 1) стандартизованные и модифицированные лецитины в масляном состоянии; 2) обезжиренные лецитины в порошкообразном и гранулированном виде; 3) фосфолипидные фракции в масляном и порошкообразном виде.

Специфические критерии чистоты кроме содержания фосфолипидов включают ряд показателей, перечень которых и их регламентируемые значения представлены в табл. 1.5.

Таблица 1.4. Фракционный состав (%) фосфолипидов сои и яичного желтка

Основные фракции фосфолипидов	Соя	Яичный желток
Фосфатидилхолин (лецитин)	31,7	78,8
Фосфатидилэтаноламин	20,8	17,1
Фосфатидилсерин	3,0	Следы
Фосфатидилинозит	17,5	0,6
Фосфатидная кислота	2	Следы
Плазмологен	–	1
Сфингомиелин	–	2,5
Другие фосфолипиды	10,2	–
Фитогликолипиды	14,8	–

Таблица 1.5. Критерии качества лецитинов

Внешний вид	Коричневая вязкая жидкость или порошок		
Содержание веществ, нерастворимых:		Влажность, %, не более	2
в ацетоне, %, не менее	56*-60	Перекисное число, ммоль ½ акт. О/кг, не более	10
в толуоле, % не более	0,3	Кислотное число, мг КОН/г, не более	35-45*

*Значения для гидроксилированного лецитина.

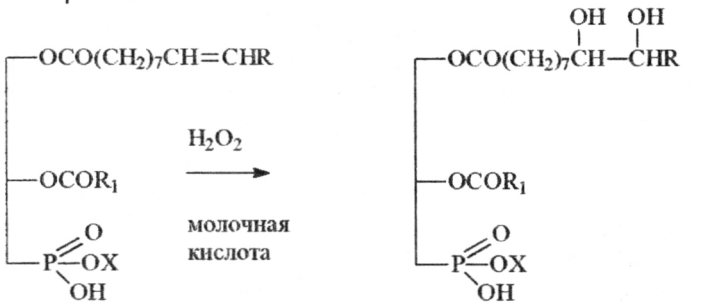
Модификация фосфолипидов. Принципиально возможны два способа модификации стандартных фосфолипидов: ферментативный и химический.

Продукты ферментативной модификации фосфолипидов могут быть различны. В зависимости от природы используемой *фосфолипазы А* происходит направленное отщепление ацила высших жирных кислот из первого или второго положения с образованием соответствующих лизоформ: лизофосфатидилхолина, лизофосфатидилэтаноламина и т. д. Под действием *фосфолипазы В* деэтерификация идет и в первом, и во втором положении, а *фосфолипазы С* и *В*, не затрагивая ацилов высших жирных кислот, осуществляют гидролиз в фосфорнокислой группе и приводят к образованию диацилглицеринов (фосфолипаза С) или фосфатидных кислот (Фосфолипаза D).

Во всех случаях конечный продукт ферментативной модификации не должен проявлять ферментативной активности.

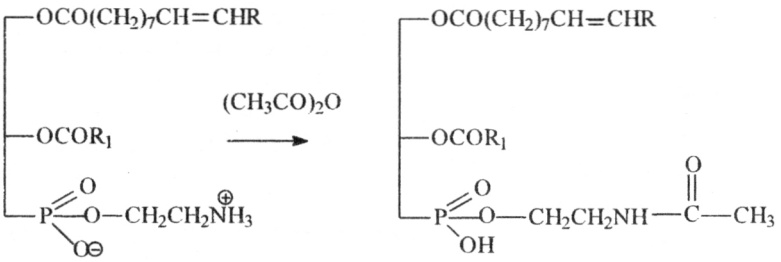
Химическая модификация может протекать по двум направлениям:

1) обработка пероксидом водорода с образованием гидроксилированного лецитина:



Стандартный лецитин — Гидроксилированный лецитин

2) получение ацетилированных производных:



Стандартный лецитин

Ацетилированный лецитин

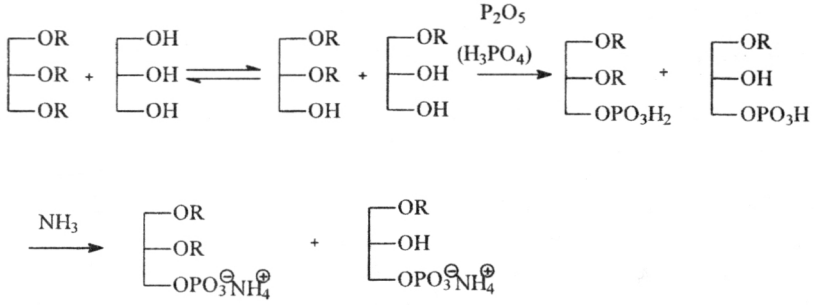
Все приемы модификации фосфолипидов приводят к изменению ГЛБ, следовательно, и к изменению поверхностной активности, определяющей технологические функции фосфолипидов в различных пищевых системах. Значения ГЛБ для различных модификаций лецитинов приведены ниже.

Вид лецитина	*ГЛБ*	*Вид лецитина*	*ГЛБ*
Стандартный	4	Гидролизованный	8
Ацетилированный	6	Гидроксилированный	10

Запатентован способ получения модифицированных лецитинов, заключающийся в экстракции фосфатидных концентратов этиловым спиртом с образованием спирторастворимой и спиртонерастворимой фракций фосфолипидов и их разделении. В качестве компонентов используют спиртовую мисцеллу, полученную путем добавления к фосфатидным концентратам этилового спирта, взятого в количестве 20-70 % к массе фосфатидных концентратов, с фоследующим фильтрованием при температуре 40-78 °С, а экстракцию проводят при соотношении "фосфатидные концентраты – этиловый спирт" (1:4) : (1:15) к массе исходных фосфатидных концентратов при температуре 40-78 °С. После отделения обе фракции высушивают при температуре 60-80 °С и остаточном давлении до 0,005 МПа до влажности не более 1 %. При этом спирторастворимую фракцию предварительно охлаждают до температуры –10 - +15 °С и выдерживают в течение 6-24 ч [71]. Изобретение позволяет повысить содержание физиологически и технологически функциональных групп фос-

фолипидов в получаемых модифицированных лецитинах. Полученные лецитины удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 53970.

В основе получения синтетических аналогов лежит глицеролиз растительных масел и жиров с последующим фосфорилированием образовавшихся неполных ацилглицеринов фосфорным ангидридом и нейтрализацией кислотных форм газообразным аммиаком:



где R ——ацилы кислот

Коммерческие препараты природных и синтетических фосфолипидов, как и других эмульгаторов, выпускаются под различными фирменными названиями (рис. 1.3, табл. 1.2). Использование пищевых добавок этой группы связано с их технологическими функциями – функциями эмульгаторов, обладающих антиоксидантным эффектом. Особенности эмульгирующих свойств фосфолипидов обусловлены способностью образовывать и поддерживать в однородном состоянии как прямые, так и обратные эмульсии, что расширяет возможности их использования: от майонезов и различных соусов для салатов (прямые эмульсии) до аналогов сливочного масла и маргаринов различного жирнокислотного состава (обратные эмульсии).

Другой особенностью фосфолипидов, отличающей их от большинства пищевых эмульгаторов, является способность образовывать *липосомы:* липидные *везикулы* ("пузырьки"), представляющие собой частицы, образованные концентрическими замкнутыми липидными бислоями с внутренним водным слоем, изолированным от внешней среды и содержащим в зависимости от назначения липосом различные включения, например пептиды или белки. Использование липосомных систем в пище-

вых продуктах связано с *функциями защиты* отдельных пищевых компонентов от внешнего воздействия (защита дрожжевых клеток от охлаждения в замороженных мучных полуфабрикатах и пицце), *сохранением* влаги (мороженое) или органических, например вкусовых, веществ (хлеб и бисквиты), *снижением* точки замерзания продуктов, готовых к употреблению [120]. Антиоксидантное действие фосфолипидов, как и большинства других пищевых антиокислителей, связано с подавлением реакций автоокисления непредельных органических соединений, прежде всего ненасыщенных жирных кислот, в составе липидов.

Антиоксидантные свойства фосфолипидов проявляются в трех случаях:

1. При инактивации α-метиленовых групп в жирных кислотах за счет комплексного взаимодействия с кислотной фосфатной группой, образующейся при расщеплении фосфолипидов;

2. При инактивации гидропероксидов в результате комплексного взаимодействия с образованием меланофосфолипидов;

3. При ингибировании реакций расщепления α-токоферола в конкурирующей реакции фосфолипидов с пероксидными соединениями или радикалами.

Являясь эффективными антиоксидантами, фосфолипиды могут выступать и в качестве синергистов других антиокислителей. Эффективно, например, совместное использование фосфолипидов с эфирами аскорбиновой кислоты – аскорбилпальмитатом (Е304) и аскорбилстеаратом (Е305); и производными галловой кислоты – пропилгаллатом (Е310) и октилгаллатом (Е311).

Эффекты антиоксидантного и синергического действий фосфолипидов неодинаковы и связаны с особенностями химического строения отдельных соединений. Например, в исследованиях синергического эффекта препаратов различных фосфолипидов и α-токоферола, применяемого для замедления процессов автоокисления в жирах, установлено, что чистые фосфатидная кислота и фосфатидилэтаноламин гораздо более эффективны, чем фосфатидилхолин и фосфатидилсерин, а фосфатидилинозитол практически не проявляет синергического эффекта [162].

Максимальная антиоксидантная эфективность может быть достигнута путем создания композиций фосфолипидов определенного состава. Поверхностная активность фосфолипидов на различных межфазных границах (твердое вещество – жидкость; жидкость – газ и т.д.) обусловлива-

ет эффективность их действия в многокомпонентных дисперсных системах, включая структурированные, в которых функции этих добавок сводятся к изменению реологических свойств. Величина технологического эффекта, связанная с химической природой отдельных фосфолипидов, для конкретной пищевой системы будет зависеть от фракционного состава фосфолипидной добавки.

Биологическая ценность фосфолипидов. Фосфолипиды принимают участие в формировании клеточных и внутриклеточных мембран, определяют их степень проницаемости, участвуют в процессе свертывания крови, способствуют утилизации белка и жира в тканях, предупреждают жировую инфильтрацию печени. Из фосфолипидов наиболее распространены лецитины (соотношение фосфора и азота 1:1). Благодаря содержанию фосфора и холина лецитин является биологическим антагонистом холестерина, кроме того, он стимулирует развитие растущего организма, благоприятно влияет на деятельность нервной системы, печени, стимулирует кроветворение, повышает сопротивляемость организма токсическим веществам, улучшает усвоение жиров, препятствует развитию атеросклероза. Лецитины преобладают в животных маслах. Они являются поверхностно-активными веществами и применяются в масложировой, кондитерской, хлебопекарной и других отраслях в качестве эмульгаторов. Наибольшее количество фосфолипидов содержится в яйце – 3,4 %, несколько ниже в зернобобовых – 0,3-0,9 %, в нерафинированных растительных маслах – 1-2 %, сливочном масле – 0,3-0,4 %, рыбе – 0,3-2,4 %, птице – 0,5-2,5 %. Норма потребления фосфолипидов составляет 5 г в сутки [118, 127, 134, 141, 154, 155].

1.2. Разновидности лецитинов и источники их получения

В настоящее время для промышленно выпускаемых партий пищевых растительных фосфолипидов применяют термин "лецитин" (от греческого слова *λέκιθος* – желток). На рис. 1.4 приведен современный ассортимент лецитинов, применяемых в пищевой промышленности. Исторически термин "лецитин" использовался для фосфолипидов, выделенных из яичного желтка. Позднее, этот термин использовали только для 1,2-диацил-глицеро-3-фосфохолинов (спирторастворимая фракция фос-

фолипидов). Другая спиртонерастворимая фракция называлась кефалиновой (от греческого слова "сердце"). В промышленном и коммерческом понимании термин "лецитин" применяется для сложной смеси нейтральных липидов (преимущественно триглицеридов с небольшим количеством свободных жирных кислот и стеролов), полярных липидов (фосфо- и гликолипидов), и углеводов (табл. 1.6).

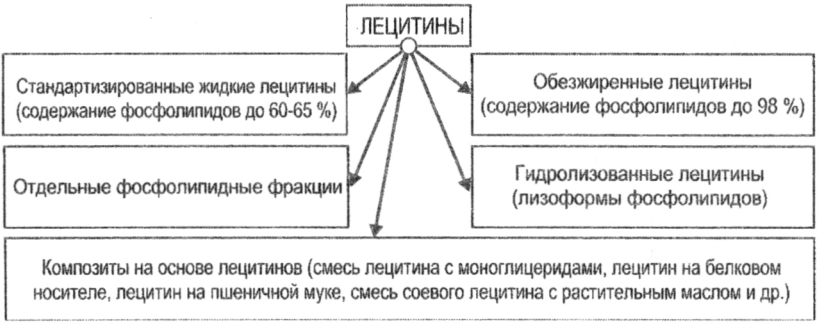


Рис. 1.4. Современный ассортимент лецитинов

Таблица 1.6. Химический состав лецитинов [159]

<table>
<tr><td colspan="6">100 %
фосфолипидный концентрат (лецитин)</td></tr>
<tr><td colspan="4">60 %
ацетоннерастворимые вещества</td><td colspan="1">39 % ацетонраство-римые вещества</td><td>1 % влага</td></tr>
<tr><td colspan="3">53,5 %
полярные липиды</td><td>6,5 % углеводы</td><td>30 % нейтральные липиды</td><td>1 % влага</td></tr>
<tr><td colspan="2">49 %
фосфолипиды</td><td>4,5 % гли-колипи-ды</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>12-18 % холин</td><td>10-15 % этано-ламин</td><td>8-11 % инозитол</td><td>3-8 % фос-фатидные кислоты</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Технологические и физиологические свойства лецитина определяются прежде всего типом и соотношением различных фосфолипидов (1,2-диацилглицеро-3-фосфохолинов, серинов, этаноламинов, инозитолов и др.). Лецитин – это смесь фракций фосфолипидов, полученных физическими методами из животных или растительных пищевых веществ; они также включают продукты ферментативного гидролиза.

Стандартный лецитин – получен методом гидратации из растительного масла; жидкий. Обладает стандартным содержанием фосфолипидов и вязкостью. *Гидролизованный лецитин* (*лизолецитин*) – лецитин, полученный методом гидролиза в присутствии фосфолипазы А. Пищевые ферменты используются для селективного гидролиза жирных кислот, связанных со средним атомом углерода в глицерине (находящимся в позиции "2"). Степень гидролиза определяется как отношение содержания гидролизованного фосфатидилэтаноламина к общему содержанию фосфатидилэтаноламина. Гидролизованный лецитин имеет ряд преимуществ – это большая гидрофильность, зависящая от степени гидролиза, способность образовывать комплексы со спиралью крахмала.

Обезжиренный лецитин – имеет несколько преимуществ: порошок удобен в использовании, имеет нейтральный вкус, более гидрофилен, чем стандартный лецитин.

Фракционированные лецитины – получение основано на различной растворимости отдельных фракций в органических растворителях (например, этаноле).

Традиционно лецитины получают из растительных масел. Технология затратна с экономических позиций, т.к. для получения сырья необходимо использовать плодородные почвы, а скорость роста культивируемых растений относительно низкая. Устранить указанные недостатки возможно за счет производства лецитинов из биомассы микроводорослей – цианобактерий, культивируемых на доступных источниках углерода [79, 121, 122].

В связи с тем, что происходит увеличение объемов производства рапсового масла и продуктов его переработки, авторами [86, 128] проведено сравнение образцов рапсовых и подсолнечных лецитинов, выработанных на предприятиях РФ. В табл. 1.7 приведены средние данные по групповому составу рапсовых и подсолнечных лецитинов [86, 128].

Анализ табл. 1.7 показывает, что в подсолнечных лецитинах выше содержание фосфатидилинозитолов при равном содержании дифосфатидилглицеринов. Однако рапсовые лецитины содержат больше фосфа-

Таблица 1.7. Групповой состав рапсовых и подсолнечных лецитинов

Наименование группы	Содержание индивидуальной группы, % от общей суммы фосфолипидов		
	рапсовый лецитин [86]	подсолнечный лецитин [86]	рапсовый лецитин [128]
Фосфатидилхолины	23,9	20,2	21,7
Лизофосфатидилхолины	4,1	3,2	Нет данных
Фосфатидилэтаноламины	20,5	17,1	21,7
Фосфатидилинозитолы	16,3	20,6	12,4
Фосфатидилсерины	9,2	5,3	26,4
Дифосфатидилглицерины	12,7	12,9	Нет данных
Фосфатидные кислоты	6,4	8,4	17,8
Полифосфатидные кислоты	6,9	12,3	

тидилхолинов, фосфатидилэтаноламинов и фосфатидилсеринов по сравнению с подсолнечными, что делает их более перспективным сырьем для получения модифицированных продуктов.

Биологическая ценность лецитинов определяется составом жирных кислот. Средние данные по жирнокислотному составу рапсовых и подсолнечных лецитинов представлены в табл. 1.8.

Таблица 1.8. Жирнокислотный состав рапсовых и подсолнечных лецитинов [86]

Жирная кислота	Содержание жирной кислоты, % от суммы	
	рапсовый лецитин	подсолнечный лецитин
Пальмитиновая	7,1	11,2
Стеариновая	1,2	4,2
Итого	8,3	15,4
Олеиновая	55,8	17,8
Линолевая	24,9	62,5
Линоленовая	6,3	0,7
Итого	87,0	81,0
Другие	4,7	3,6

Из данных табл. 1.8 следует, что количество ненасыщенных жирных кислот в рапсовом и подсолнечном лецитине практически одинаково, однако их соотношение в рапсовом лецитине более сбалансировано. Преобладающей кислотой в рапсовом лецитине является олеиновая, а в подсолнечном – линолевая при минимальном содержании линоленовой кислоты. Кроме того, рапсовые лецитины содержат вдвое меньшее количество насыщенных кислот по сравнению с подсолнечными, что также увеличивает их физиологическую ценность.

В лецитинах присутствуют и другие БАВ, например, в рапсовых лецитинах присутствуют витамины и минеральные вещества [128]:

Токоферолы(витамин Е), мг/100 г, в том числе:		57,80
α-токоферолы		15,03
β+γ-токоферолы		42,73
β-ситостеролы (провитамин D), мг/100 г		0,293
Макроэлементы, мг/100 г, в том числе:	калий	548
	кальций	693
	магний	474
	фосфор	2478
Микроэлементы, мкг/100г:	железо	10735

Поскольку лецитин – это натуральный эмульгатор, позволяющий получать устойчивые эмульсии в системах масло/вода, он находит широкое применение в различных областях пищевой промышленности – в производстве маргаринов, майонезов, шоколада и шоколадных глазурей, выпечке хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, а также в смазывании форм для выпечки [73].

Кроме коммерческих препаратов лецитинов в производстве пищевых продуктов могут применяться отельные виды сырья, богатые фосфолипидами. Так, например, лецитин и фитостерин присутствуют в моркови; липиды капусты (0,1-1,7 %) представлены глицеридами, стеринами, восками, углеводородами, свободными жирными кислотами и фосфатидами, лецитином и другими [115].

Высокое содержание фосфолипидов обуславливает ценность кукурузного сырья как источника получения препарата фосфатидов, используемых в производстве различных пищевых продуктов. По сравнению с пшеничной в кукурузной муке содержится больше липидов, сахаров, гемицеллюлозы. Она богата макро- и микроэлементами, витаминами Е, B_6, биотином и др. В составе жирных кислот кукурузной муки преобладают

полиненасыщенные (линолевая и линоленовая) кислоты. Этот вид муки богат фосфолипидами (0,8-1,2 %), основными фракциями которых является лизофосфатидилхолины, фосфатидилхолины, фосфатидилэтаноламины, фосфатидилинозиты, фосфатидные кислоты [115].

Источниками фосфолипидов могут служить также масла из рисовых отрубей и тыквенных семечек [114, 167].

Благодаря тому, что масло тыквенных семечек получают методом холодного прессования, без использования рафинации, в нем содержатся фосфолипиды и хлорофилл, обусловливающий темно-зеленую окраску масла. Количество токоферолов в масле тыквенных семечек в 2 раза превышает их количество в масле из рисовых отрубей, при этом во фракционном составе токоферолов масла тыквенных семечек также преобладает σ-токоферол, но его количество на 13,3 % выше, чем в масле из рисовых отрубей. Вместе с тем, по массовой доле стероидных компонентов масло тыквенных семечек уступает маслу из рисовых отрубей, что, вероятно, связано с присутствием в масле из рисовых отрубей высокого содержания компонентов γ-оризанола [114].

Отдельной группой лецитиновых продуктов являются те, которые предназначены для производства детского питания.

Известно, что материнское молоко содержит от 97 до 99 % жирных кислот в форме триглицеридов и от 0,5 до 2 % жирных кислот в фосфолипидной форме от общего количества липидов, и от 90 до 95 % длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот в форме триглицеридов и от 5 до 10 % в форме фосфолипидов.

Растительные масла и молочные жиры жвачных животных не содержат длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот в фосфолипидной форме. По этой причине, когда производитель молочной смеси для детей хочет достичь естественных количеств, как в материнском молоке, он должен использовать длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты из фосфолипидов животного происхождения или триглицериды, полученные путем ферментации одноклеточных организмов [58].

Яичный лецитин является смесью холестерина, триглицеридов и фосфолипидов, который включает, среди прочего, фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин и фосфатидилинозит.

Известно применение лецитинового продукта из яичного желтка в детском питании в соответствии с патентом US 4670285, в котором описано применение ω6-длинноцепочечных полиненасыщенных жирных

кислот в количестве от 5 до 100 мг/100 мл детской питательной смеси и ω3-длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот от 0,5 до 60 мг на 100 $см^3$ смеси.

Преимущество применения липидов из яичного желтка, как источника жирных кислот, состоит в том, что полиненасыщенные жирные кислоты в этом случае получены из натурального жира. Более того, продукт пищевого жира по изобретению [58] оказывает благоприятное влияние на синтез тканей мозга и на абсорбцию кальция, и всасывается в кишечнике с высокой скоростью. Поэтому данный жировой продукт особенно подходит для включения в детские смеси, в частности адаптированные для полностью искусственного вскармливания грудных детей.

Наиболее широко в пищевой промышленности в настоящее время применяют соевые лецитины, максимальное количество которых поступает в Россию из-за рубежа, что приводит к зависимости отечественной промышленности от импортных поставок. К тому же значительный объем сои, выращиваемый в настоящее время в мире, является продуктом генной модификации, что вызывает необходимость поиска новых источников лецитинов.

Возможным решением данной проблемы является применение лецитинов, полученных из других видов масличного сырья, в частности подсолнечника, наиболее широко культивируемого в нашей стране. Ассортимент подсолнечных лецитинов, выпускаемых отечественной промышленностью, ограничен, что вызывает необходимость его расширения. Перспективным является получение нового вида лецитинов (фосфолипидов) из подсолнечных масел олеинового типа, которые имеют ряд отличительных характеристик по сравнению с лецитинами подсолнечных масел, выработанных из традиционных сортов и гибридов семян подсолнечника [105].

Подсолнечные лецитины олеинового ряда, полученные по инновационной технологии [105] характеризуются более низкими значениями кислотного и перкисного чисел, более высоким содержанием целевого продукта – фосфолипидов, в частности, фосфатидилэтаноламинов и фосфатидилсеринов, обладающих выраженной антиоксидантной активностью. В значительных количествах в них содержатся витамины Е и В, β-каротин.

В ряде случаев используют не отдельные эмульгаторы, а их смеси. В работе [165] приведены результаты исследования структуры и фазового равновесия системы соевый лецитин – PEG40 моностеарат – вода. PEG-стеараты широко используются в качестве эмульгаторов во многих составах на основе липидов. Тем не менее, механизм взаимодействия

липидных ПАВ с полимерными соединениями до сих пор плохо изучены. Фазовое поведение таких смешанных эмульгаторов является сложным. Наблюдается наличие расширенных областей сосуществования фаз (гексагональной, кубической и пластинчатой жидкокристаллической), что может быть следствием низкой смешиваемости компонентов системы и разделением фосфолипидных полидисперсных гидрофобных цепей.

В работе [153] дана сравнительная оценка химического состава, органолептических и физико-химических показателей отечественных фракционированных фосфолипидных продуктов "ФЭИС" и "Холин", полученных из подсолнечных активированных фосфолипидов путем их фракционирования этиловым спиртом, с импортными аналогами – фракционированными фосфолипидными продуктами: "Натин 130" и "Натин F-5", полученными из соевых фосфатидных концентратов.

Автором [153] установлено, что по содержанию целевого ингредиента – фосфолипидов отечественные фосфолипидные продукты превосходят импортные аналоги (табл. 1.9).

Таблица 1.9. Показатели качества фракционированных фосфолипидных продуктов [153]

Наименование показателя	Значение показателя для фракционированного фосфолипидного продукта			
	отечественного		импортного	
	Холин	ФЭИС	Натин-130	Натин 5-F
Массовая доля, %:				
фосфолипидов, в том числе:	73,50	57,00	65,50	55,00
фосфатидилхолинов	38,00	7,50	32,00	6,00
фосфатидилэтаноламинов	10,00	17,00	6,00	13,00
фосфатидилсеринов	5,50	13,00	7,00	13,00
фосфатидилинозитолов	18,00	12,00	15,00	10,00
фосфатидных кислот	2,00	7,50	5,50	13,00
масла	25,20	42,75	32,60	44,25
влаги и летучих кислот	1,30	0,25	1,90	0,75
Кислотное число (все титруемые венщества), мгКОН/г	6,00	12,50	15,07	21,50
Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг	1,95	1,20	4,58	3,75

Из данных табл. 1.9 видно, что фосфолипидный продукт "Холин" превосходит другие проанализированные препараты по содержанию фосфолипидов в 1,20-1,34 раза, в том числе фосфатидилхолинов 1,19-6,33 раза, фосфатидилинозитолов – в 1,2-1,8 раза при меньшем количестве фосфатидных кислот (в 2,75-6,50 раз) и масла(в 0,14-1,76 раз).

Кислотное и перекисное числа отечественных фосфолипидных продуктов значительно ниже, чем у импортных аналогов: кислотное число у фосфолипидного продукта "Холин" ниже в 0,18-3,58 раз, а у "ФЭИС" – в 1,21-1,72; перекисное число меньше соответственно в 1,92-2,35 и 3,13-3,82 раз.

Благодаря наибольшему содержанию фосфатидилхолинов фосфолипидный продукт "Холин" проявляет более высокие поверхностно-активные свойства на границе неполярной и полярной фаз по сравнению с фосфолипидным продуктом "ФЭИС" и импортными аналогами [154].

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕЦИТИНОВ В КОНДИТЕРСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Производство кондитерских изделий – одна из динамично развивающихся отраслей отечественной пищевой промышленности. Она отличается высоким технологическим уровнем производства, широким внедрением новых технологий. Рынок кондитерских изделий характеризуется высокой конкуренцией, которая заставляет производителей искать пути снижения себестоимости. При этом повышаются требования к качеству продукции и его стабильности. В то же время качество сырья может колебаться в больших пределах. В таких условиях производителям приходится постоянно искать новые технологические решения. Часто получить необходимые результаты помогает применение пищевых поверхностно-активных веществ, в частности эмульгаторов [92].

В кондитерском производстве эмульгаторы, в частности фосфатидные концентраты, лецитины применяют в основном для двух целей – как разжижители шоколадных масс и в производстве мучных изделий для улучшения качества теста и получения стойких эмульсий [94, 112].

Кондитерские изделия содержат широкий спектр ингредиентов, выполняющих различные функции. Не все они влияют положительно на здоровье человека и при этом оказываются незаменимыми в производстве качественных кондитерских изделий. Одними из функциональных, высокотехнологичных и полезных ингредиентов являются лецитины. Сегодня они находят широкое применение при изготовлении бисквитов, вафель и др. кондитерских изделий [106].

Как известно, жиры выполняют в продуктах питания массу разнообразных задач. Их уникальный характер придает богатый мягкий, сочный вкус, являющийся отличительной чертой многих продуктов. Жиры также поглощают и смешивают вкусы и ароматы компонентов продукта, тем самым порождая индивидуальный вкус конечного продукта. В выпечке жиры обеспечивают хорошую, пышную текстуру. При взбивании сахара с маслом – весьма частой при приготовлении выпечки процедуре – жиры связывают крошечные пузырьки воздуха, чем помогают тесту взбиваться. Наконец, они обволакивают протеины муки, обеспечивая конечному продукту нежность и рассыпчатость. В этом случае роль лецитинов заключается в ускорении дисперсии жирных и водных компонентов теста [106].

Необходимый уровень содержания лецитина очень низок – для производства выпечки он составляет 0,2 % от объема муки в случае менее 8 % содержания жира, если же уровень жира выше, количество лецитина может доходить до 1-2 % [106].

В бисквитах, вафлях и пирогах 1-3 % лецитина обеспечивают распределение жиров, облегчают смешивание. При производстве бисквитов и кондитерских изделий эта экономия времени важна, поскольку в свою очередь ускоряется процесс развития теста, что делает печенье, крекеры и пироги более нежными. Лецитины также помогают при создании однородного цвета корочки и уменьшают опасность разрывов, так как жир более равномерно распределен [106].

Использование 1-2 % лецитина при изготовлении мучных кондитерских изделий придает тесту более свободную текучесть, более однородный цвет, более гладкую структуру, более однородную текстуру, способность к более длительному хранению и большую стабильность аромата [106, 162].

Лецитин легко смешивается с тестом и помогает контролировать его консистенцию. Благодаря эмульгирующему действию, лецитины заставляют сладкое, сдобное тесто казаться более сухим и упрощают его машинную обработку. В этом случае процент бракованных изделий, особенно на ротационных участках, заметно уменьшается.

Наконец, лецитины могут служить заменителями яиц. Правильно подобранный тип лецитина улучшает слоистость и структуру теста [106].

Лецитины применяют также при производстве изделий специального назначения, например, для людей, страдающих непереносимостью пшеничного белка. Немецкие и итальянские фирмы вырабатывают изделия, предназначенные для лиц с непереносимостью глютена (больных целиакией) и ряда типичных пищевых аллергенов (коровьего молока, яиц, сои). В качестве эмульгатора соевый лецитин введен в рецептуру таких изделий. Это хлебцы вафельные кукурузные, вафли кукурузные, крендельки-Брецельки, печенье кукурузное бисквитное с абрикосами, печенье кукурузное бисквитное, батончик в шоколаде с орехами, вафельный рожок для мороженого, сэндвич с ванильной начинкой, двойной шоколадный сэндвич, шоколадный батончик "Большая перемена", хрустящее карамельное печенье. Так, для приготовления изделия "Крендельки-Брецельки с семенами кунжута" применяют лецитин из сурепицы, шоколадного батончика со вкусом апельсина и шоколадного батончика "Пере-

мена" – рапсовый лецитин. Лецитины используют в качестве эмульгаторов при производстве вафель с какао без глютена, вафель ванильных без глютена и др.

Безглютеновые лецитиновые гранулы под торговой маркой Augason Farms изготавливают из соевой муки, жидкого лецитина и доломита [172]. Они предназначены для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

2.1. Технология шоколада и конфет

Неизменно высоким спросом у населения всех возрастных групп пользуются кондитерсие изделия, в частности, шоколад и карамель. Большой вклад в развитие научных основ производства кондитерских изделий, в том числе перечисленных групп, внес А.В. Зубченко – заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор Воронежской государственной технологической академии (ныне Воронежский государственный университет инженерных технологий). Поэтому при подготовке данного раздела авторы опирались на опубликованные работы, в первую очередь, А.В. Зубченко [101,102,109].

2.1.1. Способы снижения вязкости шоколадных масс

Важными технологическими показателями шоколадных масс являются дисперсность и вязкость [101, 102]. Последняя зависит от температуры, влажности, дисперсности шоколадной массы, содержания в ней жира и прочности коагуляционных структурных образований из твердых частиц.

Шоколадные массы проявляют аномалию вязкости в широком интервале температур от 30 до 80 °С и выше. Даже в процессе конширования, когда масса подвергается интенсивной тепловой и механической обработке, она сохраняет достаточно высокую вязкость (11-14 Па·с).

При прекращении механического перемешивания происходит быстрое тиксотропное восстановление разрушенных коагуляционных структур, что ведет к резкому повышению вязкости шоколадной массы.

Такой характер изменения вязкости можно объяснить разной энергией связи частиц в коагуляционных контактах, которая зависит от приро-

ды вещества дисперсной фазы и дисперсионной среды, энергетических условий коагуляции. На силу сцепления контактов существенное влияние оказывает жидкая пленка, ее толщина и полярность. Дисперсионной средой шоколадных масс является какао-масло. Оно относится к неполярным, гидрофобным веществам, не смачивает поверхность кристаллов сахара, поэтому не способно образовывать жидкие пленки между микрочастицами сахара, покрытыми гидратными оболочками. Поэтому для эффективного снижения вязкости шоколадных масс при минимально допустимом количестве какао-масла необходимо вводить вещества слаборастворимые в воде, обладающими определенным ГЛБ. Как раз, для снижения вязкости шоколадных масс широкое применение нашли растительные фосфатидные концентраты, получаемые при переработке масличных семян, которые представляют собой сложную смесь веществ, состоящую из лецитиново-кефалиновой фракции и фосфоглицероинозитилов и других фосфатидов, находящихся в комплексе с углеводами, белками, витаминами, пигментами и другими веществами. К ним относятся соевый и подсолнечный фосфатидные концентраты. Основным требованием к концентратам является содержание не менее 60 % фосфатидов. Однако в подсолнечном концентрате их не более 55 %. Его использование в качестве разжижителя шоколадных масс нежелательно и по другой причине: он обладает резким, специфическим запахом и вкусом подсолнечника, что отрицательно сказывается на аромате шоколада.

Химический состав фосфатидных концентратов представлен в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Состав фосфатидных концентратов, % на сухое вещество

Фосфатидный концетрат	Лецитины	Кефалины и фосфосерины	Фосфоглицероинозитиды	Триглицериды	Токоферолы, каротиноиды, стеарины	Сахара (свободные)
Соевые	21	19	30	30-35	2	5
Подсолнечные	19	30	-	30-35	2	4

ПАВ обладают высокой поверхностной активностью, адсорбируются на поверхности раздела фаз и понижают поверхностное натяжение. На поверхности твердых частиц образуются моно- или полимолекулярный слой молекул ПАВ, через который происходит сцепление частиц при об-

разовании коагуляционных структур. В результате уменьшается сила сцепления в отдельных контактах, а, следовательно, и прочность структур. Это обуславливает снижение вязкости шоколадных масс.

В зависимости от природы твердых частиц, их гидрофильных свойств ПАВ могут по-разному ориентироваться в поверхностном слое – полярной группой или неполярным углеводородным радикалом. В первом случае образуется монослой, во втором случае – полимолекулярный слой, что влияет на разжижающее действие ПАВ.

Роль ПАВ в понижении вязкости шоколадных масс, влияние ПАВ на реологические свойства модельных двухкомпонентных систем, состоящих из сахарной пудры и какао масло исследована Зубченко А.В. с соавторами [102]. Установлено, что введение лецитина или синтетического фосфоглицерида (СФГ) приводит к резкому уменьшению эффективной вязкости систем и структурной прочности (рис. 2.1).

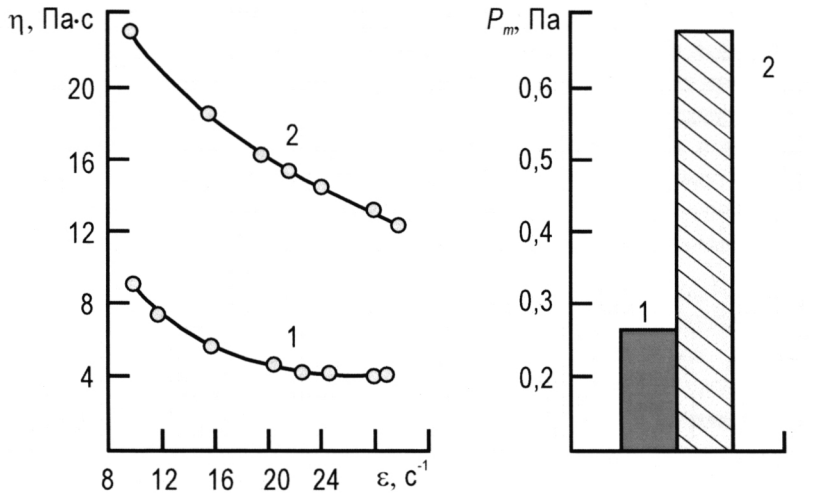


Рис. 2.1. Реологические кривые вязкости (*а*) и структурная прочность (*б*) дисперсных систем сахарная пудра + какао масло в присутствии 0,4 % СФГ (1) и без ПАВ (2)

Наблюдаемый эффект является следствием сорбционного взаимодействия ПАВ с гидрофильными частицами сахара. В результате такого взаимодействия происходит гидрофобизация поверхности кристалликов сахара, которая ослабляет силы сцепления между ними, уменьшает прочность структуры, что приводит к снижению вязкости.

При введении ПАВ в систему частички какао + какао-масло ожидаемого эффекта изменения реологических свойств не обнаружено. Объяснение полученных данных, очевидно, следует искать в природе твердых частиц какао тертого. Гидрофильные в своей основе, они в значительной степени гидрофобизированы содержащимся в них какао-маслом, в связи с чем молекулы ПАВ адсорбируются на них преимущественно гидрофобными участками. При такой сорбции ПАВ не оказывают влияния на вязкость системы. Сорбционное взаимодействие ПАВ с кристаллами сахара обусловлено не только их гидрофильной природой, но прежде всего тем, что при приготовлении сахарной пудры обычным способом в атмосфере воздуха, а затем в период хранения ее частички, адсорбируя молекулы водяного пара, покрываются тончайшими водными пленками. Водные пленки на поверхности кристалликов сахарной пудры способствуют их агрегированию. Этот процесс также усиливается разностью полярностей частиц сахара на границе с воздухом, полярность которого практически равна нулю. Конденсированные фазы на границе с воздухом имеют высокое поверхностное натяжение, что усиливает процесс агрегирования. Образовавшиеся конгломераты из частичек сахарной пудры снижают действие ПАВ в шоколадных массах. Для повышения эффективности разжижающего действия ПАВ было предложено (А.с. 959742 СССР, МКИ А 23 G 1/00) предварительно получать сахаро-жировой полуфабрикат, который представляет собою измельченные в среде какао-масла и небольшого количества ПАВ кристаллики сахара размером не более 30 мкм. При таком измельчении действует эффект Ребиндера: ПАВ проникают в микротрещины кристаллов и облегчают их диспергирование.

При изготовлении сахаро-жирового полуфабриката измельченные частицы сахара взаимодействуют с гидрофильными участками молекул ПАВ и покрываются мономолекулярным слоем, который снижает поверхностную энергию частиц, ослабляет связи в коагуляционной структуре.

Присутствующее при диспергировании сахара какао-масло создает дисперсионную среду, в которой распределяются частички сахара. В таком полуфабрикате каждая образовавшаяся при измельчении сахара

частица (а не конгламераты) покрывается мономолекулярным слоем ПАВ, происходит наиболее полная гидрофобизация их поверхности, что несомненно должно привести к максимальному снижению вязкости шоколадных масс (рис. 2.2).

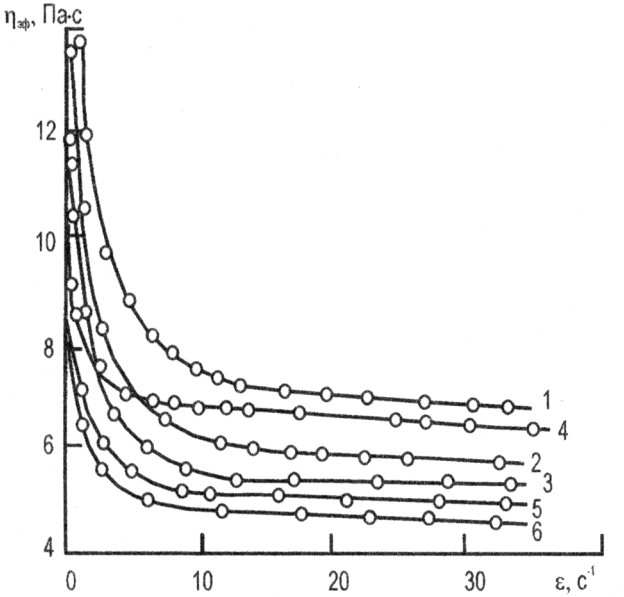


Рис. 2.2. Зависимость эффективной вязкости от градиента скорости для шоколадных масс, приготовленных на сахарной пудре:
1 – без ПАВ, 2 – с соевым фосфатидным концентратом,
3 – на сахаро-жировом полуфабрикате , 4 – без ПАВ ,
5 – с соевым фосфатидным концентратом, 6 – с СФГ

В 80-90-х годах XX века на Каунасской кондитерской фабрике была принята технология, в соответствии с которой рецептурную смесь из сахара-песка, какао тертого, части какао-масла и разжижителя измельчали в шариковой мельнице и направляли в шоколадоотделочную машину, куда на последней стадии конширования добавляли оставшееся количество какао-масла и разжижителя. Сравнительный анализ вязкости шоколадных масс, приготовленных разными способами (по обычной технологии на сахарной пудре, на основе сахаро-жирового полуфабриката, по

технологии Каунасской кондитерской фабрики), показан на рис. 2.3, из которого следует, что наименьшей эффективной вязкостью обладает шоколадная масса, приготовленная на сахаро-жировом полуфабрикате [102].

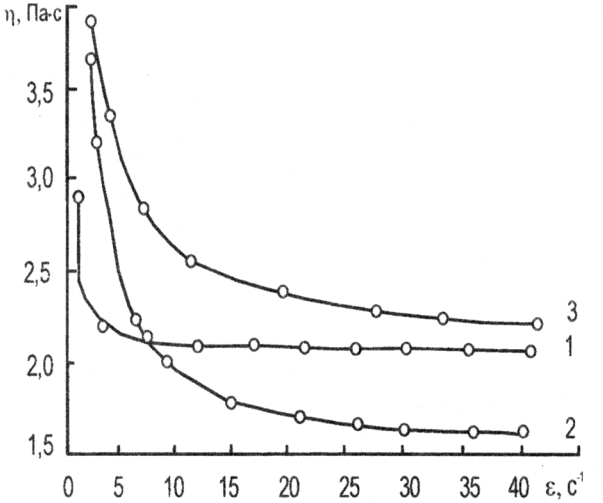


Рис. 2.3. Зависимость эффективной вязкости шоколадных масс от градиента скорости, полученных:
1 – по технологии Каунасской фабрики;
2 – на сахаро-жировом полуфабрикате; 3 – на сахарной пудре

Исследуя влияние соевого фосфатидного концентрата на снижение вязкости шоколадных масс в период разводки, Клешко Г.М., Ермакова Т.П. (1976, 1980) установили, что для максимального снижения вязкости необходимо вводить ПАВ в массу с предварительно разрушенной структурой при содержании жира около 30 %. Это можно объяснить следующим образом. В неразрушенной структуре из микрокристалликов сахара, соединенных между собой тонкими пленками воды, находящейся под избыточным расклинивающим давлением, ПАВ не могут адсорбироваться на границе раздела фаз твердое тело – вода. После разрушения структуры при энергичном перемешивании шоколадной массы микрокристаллы сахарозы, покрытые гидратными оболочками, свободно перемещаются в дисперсионной среде – какао-масле.

Молекулам ПАВ открыт свободный доступ к гидрофильной поверхности частиц сахара; происходит адсорбция ПАВ на гидратных оболочках, снижаются поверхностное натяжение, вероятность структурообразования, увеличивается жировая прослойка между частицами, что в итоге приводит к снижению вязкости шоколадной массы.

Эффективность действия фосфатидов и синтетических ПАВ при производстве шоколада принято характеризовать по их разжижающей способности и определять по количеству какао-масла, вызывающему понижение вязкости шоколадной массы до такой величины, которая достигается при добавлении 0,4 % ПАВ. Сравнительные данные разжижающей способности некоторых пищевых фосфатидов и синтетических ПАВ приведены ниже (данные Ермаковой Т.П., Грачева О.С., Бернштейна Т.С. и др., 1980).

ПАВ	Разжижающая способность, %
Соевый фосфатный концентрат	4,2-4,5
Подсолнечный фосфатидный концентрат	3,3-3,5
Рапсовый фосфатидный концентрат	4,3-4,6
Дистиллированные моноглицериды подсолнечного масла	0,7
Эфиры моноглицеридов с диацетиловой кислотой	2,4
Эфиры моноглицеридов с лимонной кислотой	2,2
Сукцинированные моноглицериды	0,7

Из приведенного перечня ПАВ видно, что синтетические ПАВ уступают по разжижающей способности пищевым фосфатидам и не могут быть рекомендованы для использования в шоколадном производстве.

При выборе того или другого ПАВ, кроме основного требования – допустимости использования в пищевых продуктах, необходимо обращать внимание на длину углеводородного радикала, от которой сильно зависит поверхностная активность молекулы. Согласно правилу Дюкло-Траубе, поверхностная активность ПАВ на границе раствор – воздух возрастает в 3,2 раза на каждую группу CH_2, углеводородного радикала при температуре 20 °С. Причина заключается в том, что с увеличением длины углеводородной цепи уменьшается растворимость жирной кислоты, тем самым увеличивая стремление ее молекул перейти из объема в поверхностный слой (Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии, 1975).

Кроме того, при выборе ПАВ необходимо учитывать температуру и pH среды, присутствие в шоколадной массе полярного (вода) и неполярного (какао-масло) растворителей, так как с увеличением длины углеводородной цепи молекулы ПАВ растворимость ее в воде уменьшается, а в какао-масле будет увеличиваться, что приведет к снижению поверхностной активности. Влияние температуры и pH среды может проявляться в разной величине адсорбции молекул ПАВ в поверхностном слое, изменении их растворимости, скорости диффузии и, наконец, изменении положения молекул ПАВ (вертикальное, наклонное, горизонтальное).

Для повышения эффективности разжижающего действия ПАВ в шоколадных массах их рекомендуется вносить в шоколадную массу при разводке после вальцевания или в конце конширования [102].

Для снижения вязкости шоколадных масс кроме лецитинов (Е322) применяют полирицинолеат полиглицерина (Е476). Сочетание лецитина и полирицинолеата полиглицерина позволяет сократить расход какао-масла для достижения оптимальной вязкости и текучести шоколадной массы [159].

Исследована возможность применения фракционированного фосфолипидного продукта "Холин", полученного путем фракционирования подсолнечных активированных фосфолипидов, в качестве эффективного разжижителя шоколадных масс [153]. Проведены исследования по изучению влияния данного продукта на реологические свойства шоколадной массы с массовой долей жира 30 %.

Фосфолипидные продукты в количестве от 0,1 до 0,7 % вводили в шоколадную массу после предварительного растворения в какао-масле при температуре 40 °С и соотношении "фосфолипидный продукт – какао-масло", равном 1 : 1. Реологические характеристики полученных масс определяли после перемешивания в течение 10 мин.

На рис. 2.4 приведены данные по влиянию массовой доли фосфолипидных продуктов на изменение эффективной вязкости шоколадных масс при градиенте скорости 45 $с^{-1}$ [153].

Приведенные зависимости подтверждают более высокую эффективность действия фосфолипидного продукта "Холин" по сравнению с импортным аналогом. Следует отметить, что массовая доля фосфолипидного продукта "Холин", необходимая для достижения минимальной эффективной вязкости, составляет 0,4 % к шоколадной массе.

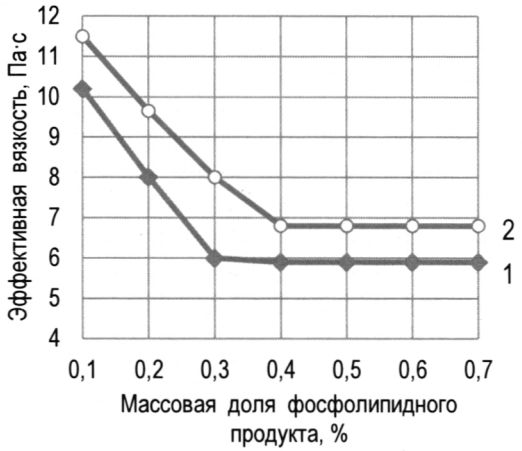


Рис. 2.4. Зависимость эффективной вязкости шоколадной массы (при градиенте скорости 45 $с^{-1}$) от массовой доли фосфолипидного продукта:
1 – Холин;
2 – Натин 130

На рис. 2.5 приведены зависимости изменения эффективной вязкости шоколадных масс от градиента скорости при введении 0,4 % фосфолипидных продуктов. Указанные зависимости характеризуют особенности деформационного поведения структурированных дисперсных систем [153].

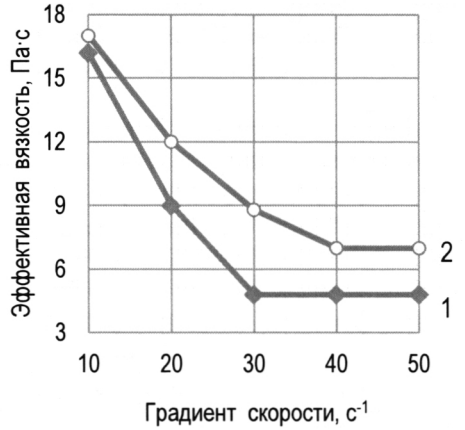


Рис. 2.5. Зависимость эффективной вязкости шоколадной массы от градиента скорости при введении 0,4 % фосфолипидного продукта (температура 40 °С):
1 – Холин;
2 – Натин 130

Сравнительный анализ реологических кривых показал, что характер деформационного поведения шоколадной массы с введением фосфолипидного продукта "Холин" отличается от характера деформационного

поведения шоколадной массы с введением фосфолипидного продукта "Натин 130", так как минимальная эффективная вязкость шоколадной массы с введением фосфолипидного продукта "Холин" достигается при меньшем значении градиента скорости. Таким образом, фосфолипидный продукт "Холин" оказывает более эффективное влияние на реологические свойства шоколадных масс по сравнению с импортным аналогом и может быть рекомендован в качестве разжижителя при производстве шоколадных масс.

По данным ряда исследователей, фосфатиды за счет снижения вязкости шоколадных масс позволяют уменьшить количество вводимого какао-масла на 4-8 % к массе шоколадной массы и задерживают на некоторый срок его седение, т.е. появление видимых кристаллов жира на поверхности шоколада при его хранении [102, 159].

Благодаря более высокой эффективности действия при применении фосфолипидного продукта "Холин" экономия какао масла может достигать 5,6 %, тогда как применение соевого фосфатидного концентрата позволит сэкономить 4,2 % какао-масла, а "Натин 130" – 4,7 % [153].

На основании проведенных исследований разработан способ производства шоколадных масс, являющихся основой в производстве шоколадной глазури и шоколада. Способ получения шоколадных масс включает дозирование компонентов (какао тертого, фосфолипидов, сахарной пудры, какао-масла или его заменителей и ароматизаторов), их смешивание и измельчение полученной массы. В качестве фосфолипидов предусмотрено использование масложирового фосфолипидного продукта, полученного путем экстракции этиловым спиртом фосфолипидных концентратов при соотношении фосфолипидные концентраты – этиловый спирт (1:3)÷(1:7) и температуре 40-60 °С с образованием спирторастворимой и спиртонерастворимой фракций фосфолипидов, отделения спирторастворимой фракции фосфолипидов от спиртонерастворимой фракции фосфолипидов и последующего удаления из спирторастворимой фракции этилового спирта под вакуумом с получением масложирового фосфолипидного продукта, а вводят его в количестве 0,4-0,5 % к массе шоколадной массы. При этом обеспечивается повышение качества шоколадных масс за счет достижения их оптимальной вязкости и сокращается расход масла какао или его заменителей [30].

Способом производства шоколадной массы [7] в качестве компонента, снижающего вязкость, предусмотрено внесение смеси из двух компо-

нентов, одним из которых является лецитин, а другим – эфиры полиглицерина и взаимоэтерифицированные рициноловые кислоты, взятые в количестве 0,1-1,0 % от общей массы.

Реологические свойства жидкого шоколада могут быть спрогнозированы путем изменения соотношения лецитина и жира на основе планирования эксперимента, например, методом *Central composite experimental design* [161]. Мониторинг реологических свойств расплавленного молочного шоколада дает возможность производителям кондитерских изделий оптимизировать их рецептуры и технологические параметры, а также минимизировать производственные затраты. Эмульгаторы, такие как соевый лецитин и полиглицерола полирицинолеат дают производителям возможность контролировать свойства текучести расплава шоколада.

2.1.2. Свойства тонких пленок какао-масла и поверхностно-активных веществ

Данный подраздел подготовлен по материалам А.В. Зубченко [101, 102].

Реологические свойства шоколадных полуфабрикатов зависят от соотношения какао-масла и высокодисперсных твердых частиц, их природы, процессов химического взаимодействия между твердыми частицами, какао-маслом и ПАВ, а также от характера течения массы. В процессе обработки шоколадных масс какао-масло часто распределяется между твердыми частицами в виде тонких пленок. Вязкость и пластическая прочность таких масс предопределяются силами взаимодействия между твердыми частицами и свойствами тонких пленок какао-масла, покрывающих эти частицы.

Кроме того, кристаллики сахара при измельчении, транспортировании и хранении перед смешиванием с какао-маслом покрываются тонким адсорбционным слоем воды, которая препятствует смачиванию их какао-маслом. Гидратные пленки могут присутствовать и на поверхности частиц какао. Тонкие пленки воды на поверхности твердых частиц способствуют их взаимопритяжению, увеличивают силы трения, затрудняют их движение, повышая тем самым вязкость и пластическую прочность шоколадных масс.

Для снижения вязкости шоколадных масс, как отмечалось выше, используют ПАВ, которые благодаря своему строению и свойствам по-

разному сорбируются на гидрофильных и гидрофобных участках твердых частиц, образуя адсорбционные слои неодинаковой силы взаимодействия.

Таким образом, реологические свойства шоколадных масс во многом предопределяются физическими свойствами тонких пленок какао-масла и ПАВ. Изучение свойств какао-масла и ПАВ на макроповерхностях в виде монослоев нерастворимых веществ является основой механизма их поведения и действия, связанного со строением молекул и способностью их растекаться и ориентироваться, что характерно доя шоколадных масс при их обработке.

С целью приближения к реальным системам Зубченко А.В. с соавторами [102] исследовал поведение тонких слоев какао-масла и некоторых ПАВ (СФК, СФГ, ПФК, МГ-ДВ) на различных жидких поверхностях. Изучение проводили методом монослоев. С помощью весов Лэнгмюра определяли поверхностное давление и поверхностную вязкость монослоев.

Поверхностное давление π представляет собой разность поверхностных натяжений чистого растворителя и растворителя с нанесенной на него пленкой. Между величиной π и обычным давлением в трех измерениях существует определенное соотношение. Хотя величина π имеет размерность силы на единицу длины, в действительности давление распределяется по толщине пленки h , тогда сила

$$F=\pi/h. \qquad (2.1)$$

Для монослоев h имеет значение порядка 10А; если π = 1дин/см, то $F=10^7$ дин/см^2, т.е., умножая π на 10, получаем эквивалентное давление в атмосферах. Так, например максимальное поверхностное давление, создаваемое пленками какао-масла и ПАВ, в условиях эксперимента равно $16\cdot10^{-3}$ Н/м^2 (16 мПа) при скорости сжатия $1{,}6\text{-}3{,}3\cdot10^{-4}$ м/с.

Вторым важным свойством монослоев является вязкость. Изучить поверхностную вязкость – значит изучить свойства монослоя. Исследование этих вопросов впервые было проведено Д. Талмудом и С. Бреслером, которые предлагают использовать щелевой вискозиметр [109]. Принцип измерения щелевого вискозиметра заключается в пропускании монослоя через щель (двухмерный капилляр).

Вязкость монослоя какао-масла или ПАВ вычисляли по уравнению

$$\eta_S = \frac{\Delta P\cdot b^3}{12F_n} - \frac{b\dot{\eta}_0}{3.14} \qquad (2.2)$$

где ΔP – градиент давления пленки; b – ширина прямоугольной щели; F_n – сечение потока; $\acute{\eta}_0$ – вязкость подложки.

Поверхностная вязкость характеризует подвижность молекул в пленке. Зависимость поверхностной вязкости от поверхностного давления связана с фазовым состоянием монослоя. В пленках с ньютоновской вязкостью величина $\acute{\eta}_s$ с увеличением давления линейно и монотонно возрастает. Такие пленки находятся в жидко-конденсированном состоянии. Поверхностную вязкость принято выражать в поверхностных пуазах.

Изучение поведения пленок какао-масла проводилось на различных подложках, которые представляли собой буферные водные растворы. Полученные Копенкиной И.Н. с соавторами результаты [109] показывают, что с повышением pH подложки изотерма η-s сдвигается вправо (рис. 2.6), т.е. поверхностное давление возрастает, пленка растягивается и стремится к растеканию. Главная причина, вызывающая изменение поведения монослоев какао-масла, заключается в их ионизации при изменении pH. Растворимость ионизированных пленок увеличивается, они становятся более растянутыми. Растяжение пленок на щелочной подложке происходит, вероятно, вследствие сил отталкивания, действующих между ионизированными молекулами. В реальной системе – шоколадной массе, в качестве подложек служат поверхности твердых частиц, покрытые адсорбционными водными пленкам по которым распространяются какао-масло или ПАВ. Поверхность этих части может содержать различные ионы, иметь электрический заряд, что оказывает влияние на поведение тонких пленок какао-масла и ПАВ, изменяет их состояние и способность к распространению по поверхности.

Это влияние будет сказываться на вязкости шоколадной массы, так как она представляет собой внутреннее трение, возникающее при движении твердых частиц в жидкой среде, при наложении определенной нагрузки. Следовательно, факторы, способствующие растеканию пленок какао-масла на жидких подложках, должны приводить к понижению вязкости шоколадных масс.

Зубченко А.В. с соавторами в [109] исследовал влияние на поверхностное давление пленок какао-масла и ПАВ различных катионов, присутствующих в подложке. Выбор электролитов основывался главным образом на тех реагентах, которые применяются при щелочной обработке какао-продукта. Полученные изотермы представлены на рис. 2.7.

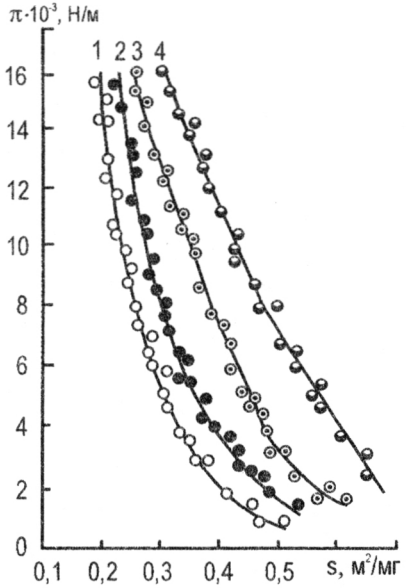


Рис. 2.6. Изотермы поверхностного давления пленок какао – масла при температуре 25°С на различных подложках:
1 – вода; 2 – буферный раствор с pH 4,01 ; 3 – буферный раствор с pH 6,66; 4 – буферный раствор с pH 9,18

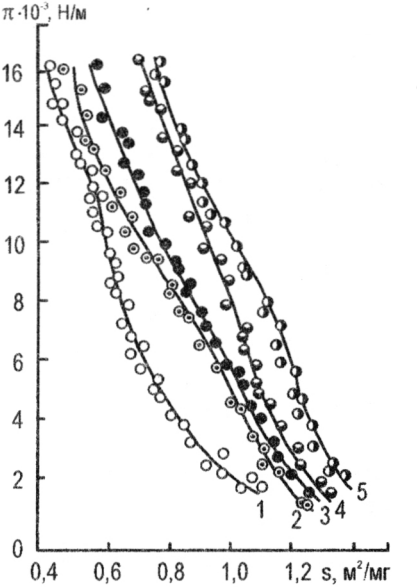


Рис. 2.7. Изотермы поверхностного давления пленок какао – масла при содержании в подложке различных катионов:
1 – воды; 2 – Ca^{+2};
3 – NH_4^+; 4 – K^+ ; 5 – Na^+

Исследуемые катионы по величине производимого эффекта можно расположить в ряд: $Ca^{++}<NH_4^+<K^+<Na^+$, причем эта зависимость сохраняется в интервале температур 20-50 °С. Влияние различных катионов обяснается дегидратацией полярных групп молекул ПАВ в поверхностном слое, что уменьшает их внутреннее сцепление, изменяет состояние адсорбционного слоя и в итоге повышает поверхностное давление.

Пленки какао-масла и ПАВ легче растекаются на поверхности, содержащей катионы Na^+ и K^+. Наименьший эффект, который оказывает

катион Ca^{++}, вероятно, связан с тем, что ионы двух- и трехвалентных металлов способствуют уменьшению растворимости пленок, конденсируя их и увеличивая вязкость.

Растяжению пленок какао-масла способствует не только pH подложки и присутствие в ней катионов, но и их концентрация, с повышением которой изотермы π–s также сдвигаются вправо. При повышении температуры пленка может "плавиться" и превращаться в жидкую, что также растягивает ее (рис. 2.8).

Введение ПАВ в пленки какао-масла усиливает все процессы, описанные выше, так как в них наиболее выражены полярности молекул, в результате чего растекание пленки какао-масла на воде значительно облегчается (рис. 2.9). Изменение величины pH и присутствие различных катионов в подложке оказывает более сильное действие, которое обусловлено взаимодействием молекул в поверхностном слое. Влияние растворенных в подложке веществ сводится к тому, что состояние пленки становится ближе к газовому, уменьшаются силы сцепления и возникают силы отталкивания. С другой стороны, растворенное вещество может влиять только на взаимодействие полярных групп молекул адсорбционного слоя, так как неполярная часть не погружена в водную подложку, а находится в воздухе или какао-масле.

Межмолекулярные силы в адсорбционной пленке ПАВ складываются из взаимодействия полярных групп и неполярных цепей, которое обусловлено силами притяжения. Взаимодействие параллельно ориентированных диполей приводит к возникновению сил отталкивания. Отталкивание диполей характерно для состояния молекул в адсорбционном слое. Гидратация полярных групп, несомненно, уменьшает их отталкивание, тогда как дегидратация полярных груди растворенными в подложке электролитами нарушает ориентацию молекул воды в поверхностном слое и тем самым освобождает силы отталкивания, что и приводит в результате к повышению поверхностного давления. Способность к растеканию по поверхности воды зависит также от природы ПАВ (рис. 2.10). СФГ и СФК создают наибольшее поверхностное давление и наиболее плотные и устойчивые слои по сравнению с другими исследованными поверхностно-активными веществами. Это, вероятно, связано с меньшей гидрофильностью полярных групп ПАВ.

Большой интерес представляет вопрос о подвижности молекул в поверхностном слое.

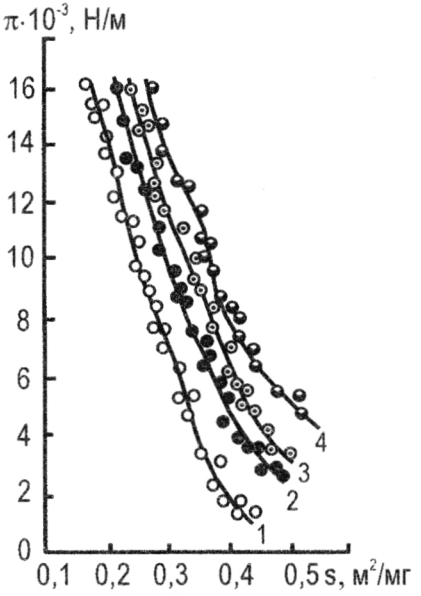


Рис. 2.8. Изотермы поверхностного давления пленок какао-масла на воде при температурах:
1 – 20; 2 – 30; 3 – 40; 4 – 50 °С

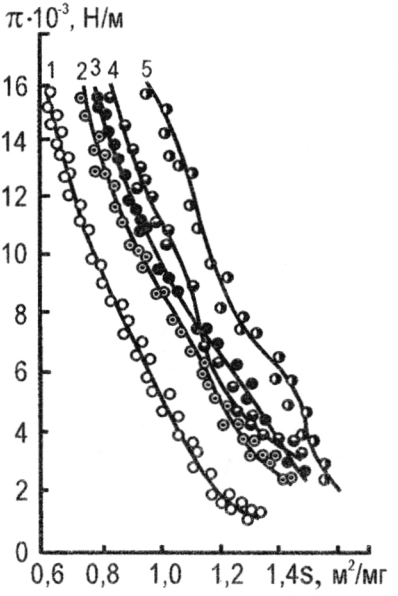


Рис. 2.9. Изотермы поверхностного давления пленок какао-масла и ПАВ (СФК) при содержании различных катионов в подложке:
1 – воды; 2 – Ca^{+2}; 3 – NH_4^+;
4 – K^+; 5 – Na^+

Изучение поверхностной вязкости с помощью щелевого вискозиметра позволило косвенно судить о подвижности молекул какао-масла и ПАВ в поверхностном слое. В качестве подложек были использованы водные вытяжки из какао тертого, обработанного щелочными солями до разного значения pH. При этом установлено, что с повышением температуры поверхностная вязкость пленок какао-масла и ПАВ резко падает (рис. 2.11), что, вероятно, связано с процессом плавления и переходом из твердого состояния в жидкое.

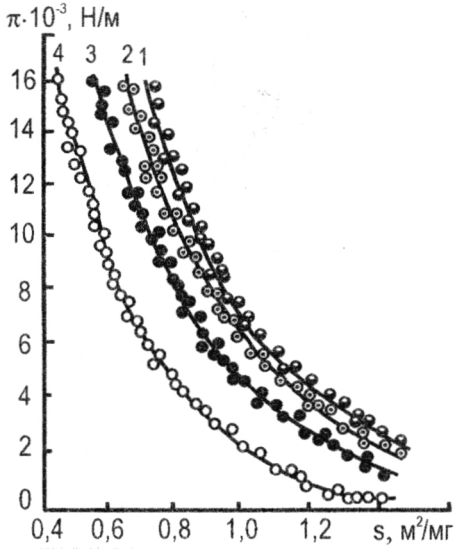


Рис. 2.10. Изотермы поверхностного давления пленок различных ПАВ на воде:

1 – СФГ; 2 – СФК; 3 – ПФК; 4 – МГ-ДВ

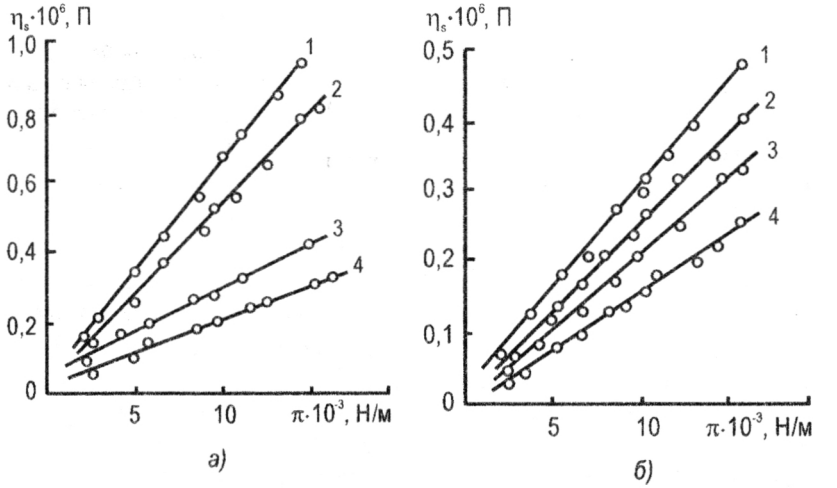


Рис. 2.11. Поверхностная вязкость пленок какао-масла (*а*) и ПАВ (*б*) на подложках с pH 7,57 при температурах (в °С):
1 – 30; 2 – 40; 3 – 50; 4 – 50

При повышении поверхностного давления вязкость пленок возрастает, причем с повышением температуры степень ее роста уменьшается. С увеличением pH подложки поверхностная вязкость пленок какао-масла и ПАВ резко снижается (рис. 2.12), что, вероятно, связано с ионизацией и дегидратацией молекул в пленках, которые изменяют их подвижность.

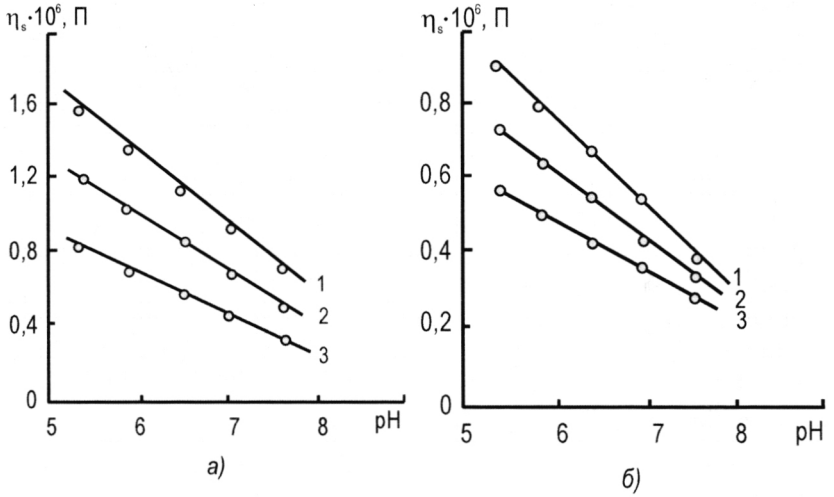


Рис. 2.12. Поверхностная вязкость пленок какао-масла (*а*) и СФК (*б*) на подложках с различным pH при температурах (в °С):
1 – 30; 2 – 40; 3 – 50 (π=15·10^{-3} Н/м)

Таким образом, исследование свойств тонких слоев какао-масла и некоторых ПАВ на жидких поверхностях показало, что ПАВ значительно повышают способность к распространению пленок какао-масла по поверхности воды. С увеличением pH подложки растекаемость пленок какао-масла и ПАВ повышается, чему также способствует введение в подложку различных катионов, особенно K^+ и Na^+.

Полученные результаты имеют важное практическое значение, так как исследованные явления наблюдаются в реальных системах: какао тертом, шоколадной массе.

2.1.3. Повышение эффективности разжижающего действия поверхностно-активных веществ в шоколадных массах

Приведенные выше результаты исследований свойств тонких пленок какао-масла и ПАВ, а также выявление различного сорбционного взаимодействия ПАВ на твердых частицах сахара и какао позволяют наметить пути повышения их разжижающего действия в шоколадных массах.

Как установил Зубченко А.В. с соавторами [109], факторы, способствующие растеканию пленок какао-масла и ПАВ по жидкой поверхности, приводят в итоге к снижению вязкости шоколадных масс. Щелочная обработка какао тертого влияет на реологические свойства шоколадных масс при добавлений ПАВ, молекулы которых ведут себя по-разному на обработанных и необработанных частицах. Большое значение при этом имеет природа катиона и его концентрация. Из рис. 2.13 следует, что эффективная вязкость шоколадных масс, полученных из какао тертого, обработанного различными химическими реагентами, снижается. Наиболее эффективно снижается вязкость шоколадной массы, в которой какао тертое обработано K_2CO_3 при концентрации 1,5 %.

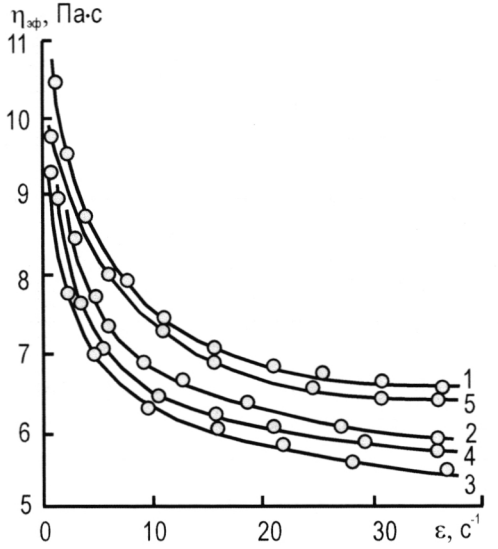


Рис. 2.13. Зависимость эффективной вязкости от градиента скорости шоколадных масс, приготовленных на основе какао тертого:
1 – не обработанного щелочами;
2 – обработанного 1 % K_2CO_3;
3 – 1,5 % K_2CO_3;
4 – 1 % $NaHCO_3$;
5 – 1 % $(NH_4)_2CO_3$

Такое различие в вязкости шоколадных масс, приготовленных на основе обработанного щелочами какао тертого, объясняется поведением тонких пленок какао-масла на твердых частицах, присутствие катионов на которых способствует лучшему растеканию какао-масла, снижению его поверхностной вязкости, уменьшению трения между частицами и, следовательно, снижению вязкости шоколадных масс.

По силе разжижающего действия катионы можно расположить в следующий ряд: $NH^{4+}<Na^{+}<K^{+}$. Полученные результаты совпадают с результатами изучения влияния катионов на поведение тонких пленок какао-масла на водных подложках.

Использование обработанного щелочами какао тертого для приготовления шоколадных масс повышает эффективность разжижающего действия таких ПАВ, как СФК и СФГ. Причем для СФК наибольший разжижающий эффект наблюдается в присутствии на частицах какао катиона K^{+} а для СФГ – в присутствии NH^{4+}, что можно объяснить различным химическим строением молекул СФК и СФГ.

Эффективность разжижающего действия ПАВ в присутствии различных катионов показана в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Эффективность снижения вязкости шоколадных масс при добавлении ПАВ (Копенкина И.Н., 1983)

ПАВ	Снижение вязкости шоколадных масс (в %) на основе какао-тертого				
	необработанного	обработанного			
		1 % K_2CO_3	1,5 % K_2CO_3	1 % $NaHCO_3$	1 % $(NH_4)_2CO_3$
СФК	31,2	34,0	35,0	33,3	32,6
СФГ	37,2	41,1	43,2	42,0	45,0

Снижение вязкости шоколадных масс на обработанном какао тертом по сравнению с необработанным особенно заметно при низкой температуре (ниже 32 °С), что оказывает положительное влияние на процесс темперирования и отливки шоколадных масс.

Кроме частиц какао дисперсная фаза шоколадных масс состоит также из кристалликов сахара, поверхность которых может содержать катионы и другие вещества, попадающие в него при кристаллизации и влияющие на свойства адсорбционного слоя молекул ПАВ и пленок какао-масла. Величина pH сахара-песка колеблется в довольно широких пределах: от 6,2 до 8,2.

Копенкиной И.Н. [109] исследовано влияние pH сахарной пудры на вязкость суспензий сахарной пудры в какао-масле и шоколадных массах. С повышением pH сахара-песка вязкость исследуемых систем уменьшается. Эта закономерность сохраняется и при введении ПАВ в количестве 0,4 %. Полученные закономерности в большей степени проявляются при низких температурах (32-40 °С).

Полученные результаты еще раз подтверждают влияние pH среды на распространение тонких пленок какао-масла и ПАВ, что способствует уменьшению трения между твердыми частицами и снижению вязкости шоколадных масс. Одним из факторов, способствующих повышению эффективности разжижающего действия ПАВ в шоколадных массах, является использование комбинаций различных ПАВ.

Было установлено, при изучении разжижающего действия в шоколадных массах смеси природного (СФК) и различных синтетических ПАВ (СФГ, СФ, МГ-ДВ), синтезированных на основе моноглицеридов в Московском филиале ВНИИЖ, что при совместном добавлении природного и синтетического ПАВ достигается более заметный разжижающий эффект в шоколадных массах, чем при раздельном их внесении. С увеличением доли природного ПАВ в смеси вязкость шоколадных масс возрастает, а увеличение дозировки смеси двух ПАВ в большей степени снижает вязкость. Оптимальной установлена смесь природных и синтетических ПАВ в соотношении 1:2, а оптимальной дозировкой – 0,3-0,4 % этой смеси.

Таким образом, рассмотренные исследования основных закономерностей поведения тонких слоев какао-масла и некоторых ПАВ на жидких подложках указали пути возможного повышения эффективности разжижающего действия ПАВ в шоколадных массах. В первую очередь эффект достигается за счет использования при приготовлении шоколадных масс какао тертого, обработанного щелочными солями, сахара-песка с повышенным pH среды, а также смеси природных и синтетических ПАВ.

Получение хорошего результата снижения вязкости шоколадной массы при уменьшении расхода фосфолипидного продукта до 0,2-0,3 % к массе шоколадной массы может быть достигнуто за счет осуществления дополнительной операции: фосфолипидный продукт разбавляют какао-маслом или его заменителем в соотношении (1:5)÷(1:10) и обрабатывают при температуре 40-45 °С в зоне вращающегося переменного электромагнитного поля с магнитной индукцией 0,4-0,6 Тл и частотой поля 50 $с^{-1}$ [31].

При производстве шоколадных масс и шоколадных глазурей эффек-

тивно совместное внесение лецитина и полиглицерол полирицинолеата (PGPR). Так, при дозировке лецитина и PGPR соответственно 0,1 и 0,15 % к шоколадной массе возможна экономия до 70 кг какао-масла на 1 т полуфабриката. Эмульгаторы вносят последовательно за 1 ч до конширования. При этом лецитин снижает пластическую вязкость шоколадной массы, а PGPR – снижает предел текучести. В результате происходит максимальное снижение вязкости и улучшение текучести шоколадных масс [124].

Запатентован способ производства молочной шоколадной глазури [67], в соответствии с которым предусмотрено приготовление смеси из сахарной пудры, молока сухого цельного и молока сухого обезжиренного, введение масла какао, или жира – эквивалента масла какао, или улучшителя масла какао SOS-типа[2] в количестве 70-75 мас. % от предусмотренного рецептурой, введение жидкого соевого лецитина с разжижающей способностью[3] не менее 6,0 % в количестве 50,0 мас. % от предусмотренного рецептурой, последующее измельчение массы в первой шариковой мельнице до достижения гранулометрического состава частиц твердой фазы размером 10-30 мкм в количестве не менее 50 % от ее общей массы, введение какао тертого и измельчение полученной массы во второй шариковой мельнице до достижения гранулометрического состава частиц твердой фазы размером 10-30 мкм, в количестве не менее 70 % от ее общей массы, гомогенизацию измельченной массы в конш-машине, введение оставшегося количества жидкого соевого лецитина с разжижающей способностью не менее 6,0 %, разведение оставшимся количеством масла какао, или жира – эквивалента масла какао, или улучшителя масла какао SOS-типа, при следующем выборе соотношения между компонентами (масс. частях): сахарная пудра – 440-460; какао тертое – 160-180; масло какао, или жир – эквивалент масла какао, или улучшитель

---

[2] *К улучшителям масла какао SOS-типа* (SOS указывает на наличие в продукте 2-олеодистеарина) относят продукты с массовой долей жира не менее 99%, обладающие высокой совместимостью с маслом какао в любых соотношениях, нуждающиеся в темперировании, основным компонентом которых является 2-олеодистеарин (до 70 %), содержащие не более 1 мас. % лауриновой кислоты, не более 2 мас. % трансизомеров жирных кислот. Изготавливают их: 1) из индивидуального натурального или фракционированного масла или жира, подвергнутого гидрогенизации или переэтерификации; 2) из смеси натуральных и (или) фракционированных масел тропического происхождения и (или) модифицированных растительных масел с добавлением или без добавления пищевых добавок и других ингредиентов.

[3] В соответствии с приложением 3 к ТУ 9146-203-00334534-97 «Концентраты фосфатидные. Технические условия» под *разжижающей способностью* (эффективностью действия) лецитина понимают разность процентного содержания масла какао (жира) в шоколадной массе с маслом какао и шоколадной массе с лецитином.

масла какао SOS-типа – 210-230; молоко сухое цельное – 100-120; молоко сухое обезжиренное – 40-50; жидкий соевый лецитин – 3-5. В результате достигается повышение качества молочной шоколадной глазури за счет обеспечения определенного гранулометрического состава частиц твердой фазы, пластической вязкости (по Кассону) 1-3 Па·с, предела текучести (по Кассону) 4-9 Па при снижении массовой доли жира на 3-4 %.

2.1.4. Лецитины в производстве конфет

Лецитины находят применение и в технологии конфет, в том числе пралиновых, карамели, ириса и др.

Известен способ получения мягкой карамели, предусматривающий предварительное приготовление сиропа из сахара-песка, воды и патоки, в который затем добавляют компоненты в виде эмульсии из набухшего желатина и жирового продукта. Набухание желатина осуществляют в яблочном пюре, взятых в соотношении 1 : 8. В качестве жирового продукта используют кокосовое масло с температурой плавления 22-29 °С. Затем смесь с содержанием сухих веществ 80-81 % перемешивают до однородного состояния, добавляют в нее фосфатиды и уваривают до карамельной массы [26]. Добавление в эмульсию фосфатидов в дозировке 0,21-0,29 % от общей массы рецептурных компонентов позволяет получить тонкодисперсную систему, повышает пищевую ценность и качество карамельной массы, способствуя увеличению ее пластичности.

Запатентован состав для производства карамельной массы "мягкая карамель", состоящей из патоки мальтозной, воды, жира растительного, сорбитола, кислоты, мальтодекстринов, ароматизаторов, лецитина, красителей, сахарной пудры и сахара-песка. Причем в качестве фосфатидов применяют лецитин в дозировке 0,11-0,14 % от общей массы рецептурных компонентов [38].

Известен состав для производства карамельной массы, вкусовые свойства которой характеризуются как "мягкая", включающий сахар-песок (49,5-59,1 мас.%), патоку (35,0-42,6 мас.%), жировой продукт (4,7-6,0 мас.%), желатин (0,2-0,6 мас.%), лимонную кислоту (0,5-1,6 мас.%), ароматизатор (0,1 мас.%) и фосфатиды (0,2-0,4 мас.%) [6]. Данный состав карамельной массы позволяет расширить ассортимент изделий данной группы, обладающих улучшенными вкусовыми и качественными

характеристиками при пониженном содержании редуцирующих веществ. Так как данная карамельная масса обладает вязкопластичными свойствами, то ее можно использовать в качестве оболочки при производстве карамели с начинкой [14].

Согласно способу производства карамельной массы [25], в рецептуру которой входит плодово-ягодный компонент в дозировке 2,00-2,04 % от массы целевого продукта по содержанию сухих веществ, предусмотрено одновременное введение пластификатора (сливочное или кокосовое масло) и эмульгатора (фосфолипиды или полиненасыщенные высшие жирные кислоты).

При производстве ириса с начинкой авторами [46] предложено вносить лецитин в начинку при следующем соотношении компонентов:

Компонент	Карамельная начинка	Желейная начинка	Шоколадная начинка
молоко сгущенное	29,5-36,0	21,0-24,0	-
патока	27,0-33,0	19,0-22,0	-
инвертный сироп	15,5-22,2	9,0-11,0	-
жир молочный обезвоженный	10,5-12,0	-	-
жир растительный	9,5-10,5	16,5-19,5	38,0-40,0
лецитин	0,5-0,7	0,6-0,7	0,40-0,65
ароматизатор	0,1-0,4	0,35-0,60	0,12-0,20
соль	0,1-0,4	-	-
сахар	-	20,0-23,0	35,0-37,0
глицерин	-	4,0-6,0	-
соковая основа	-	2,4-2,8	-
кислота лимонная	-	1,5-1,7	-
краситель	-	0,08-0,10	-
какао-порошок	-	-	15,0-16,0
молоко сухое обезжиренное	-	-	8,0-9,0

Рецептурную смесь карамельной или желейной начинок уваривают до температуры 110-115 °С и влажности 6-7 %; при производстве шоколадной начинки предусмотрено измельчние часитиц рецептурной смеси до размера не более 20 мкм. Такие параметры приготовления позволяют получить начинки с вязкостью, равной вязкости корпуса ириса. Это пре-

дотвращает смешивание различных цветов корпуса и начинки при одновременной отливке, а также способствует однородному распределению начинки в корпусе ириса в требуемом количестве [46].

В соответствии со способом производства конфеты [48], состоящей из покрытого глазурью корпуса, выполненного из материала на основе помады корем-брюле с начинкой, изготовленной из сиропообразной конфетной массы предусотрено внесение 0,35-0,37 мас.% фосфолипидов в начинку. Приготовление начинки заключается в уваривании рецептурных компонентов (сахара-песка, патоки, жирового компонента, соли пищевой) при температуре 114-116 °С, последующем охлаждении и смешивании при 79-81 °С со спиртом этиловым ректификованным, коньяком, фосфолипидами и ароматизатором. Влажность начинки составляет 13,28-15,28 %. В результате осуществления данного способа становится возможным создание корпусов конфет «начинка в помаде» с увеличенным до 6 месяцев сроком хранения конфет.

Запатентованы способы производства конфет с желейным корпусом с начинкой, которыми предусмотрено внесение лецитина на стадии приготовления начинки [59, 60]. Начинка, представляющая собой мягкую карамель, готовится из следующих компонентов (масс.%): патока – 31,0-35,00; сорбит или фруктоза – 0,05-0,15; жировой компонент – 6,0-8,0; молоко сгущенное цельное – 38,0-42,0; лецитин – 0,5-0,8; соль пищевая – 0,3-0,5; желеобразователь – 0,2-0,5; сахаристые вещества (сахар или патока, или глюкоза, или фруктоза, или сиропы перечисленных сахаров или их смеси) – 16,0-18,0; ароматизатор – 0,1-0,5. Рецептурную смесь уваривают до температуры 111-114 °С. Влажность готовой карамельной начинки должна быть в интервале 14,0-16,0 %.

Лецитин находит применение и в производстве пралиновых конфет. Так, запатентован состав для производства пралиновых конфет, предназначенных для профилактического питания [37]. Данный состав содержит (в мас.%): сахарную пудру – 13,12-15,21, жир кондитерский – 10,65-12,24, сыворотку сухую молочную – 3,98-5,64, крошку крекера – 8,64-10,68, какао-порошок – 1,02-1,46, вафельные листы – 11,68-13,76, ароматизатор – ванилин – 0,01, халву – 22,06-25,24, лецитин – 0,08-0,1 и шоколадную глазурь – остальное. Введение в рецептуру халвы с вафельными листами и крекерной крошки позволяет получить массу пралине без орехов, с новым оригинальным вкусом. Содержание в составе пралине сухой молочной сыворотки, халвы и крекерной крошки придают готовому изделию

своеобразный, приятный вкус и высокую пищевую ценность, а именно содержание растительных белков и жиров, углеводов, минеральных веществ. При этом конфетная масса обладает пластичностью, гомогенностью и однородностью.

Разработан состав кокосовой массы, которая может быть использована в качестве начинки. Кокосовая масса содержит измельченную кокосовую стружку (91,0-93,8 мас.%), растительные масла (6-10 мас.%) и дополнительно лецитин (0,2-0,5 мас.%). Масса обладает консистенцией, позволяющей ее применять в качестве начинки для сахаристых изделий [72]. В данном случае лецитин выступает в качестве компонента, улучшающего эмульгирующую способность и консистенцию продукта, а, кроме того, повышает его пищевую ценность.

Запатентован способ производства жевательной конфеты, имеющей влажность от 5 до 12 %, плотность 0,9-1,5 г/см^3, содержащей следующие ингредиенты (мас.%): жир 3-25, эмульгатор (лецитин) 0,1-5,0; белковое вещество (желатин) 0,4-3,0; сладкий компонент (патока, сахар) – остальное. Способ получения жевательной конфеты включает уваривание в присутствии воды 70,0-96,9 мас.% сладкого компонента, 3-25 мас.% пищевого жира с температурой плавления 30-40 °С, 0,1-5,0 мас.% эмульгатора до получения конфетной массы с влажностью 5-12 %, взбивание конфетной массы до плотности 0,90-1,50 г/см^3, в которую вводят белковое вещество в количестве 0,4-3,0 мас.%, последующее охлаждение полученной конфетной массы и формование из нее целевого продукта. При этом обеспечивается создание жевательной конфеты со стабильной структурой, обладающей мягкой, эластичной консистенцией [11].

Для улучшения потребительских характеристик жевательных конфет и создания изделий с корпусом из молочной массы с шоколадной начинкой разработан способ производства [45], включающий приготовление корпуса конфеты из сахара-песка, растительного жира, патоки, молока сгущенного цельного, ароматизатора и воды, а также начинки из сахара-песка, эквивалента какао-масла, лецитина, какао-порошка, какао тертого, ароматизатора. При этом лецитин вносится в количестве 0,025-0,026 мас.%. Начинка представляет собой шоколадную массу достаточно твердой и плотной консистенции, напоминающую маленький кусочек шоколада, размещенный в корусе конфеты. Влажность начинки составляет 0,6-1,3 %.

Особое место среди кондитерских изделий занимают восточные сладости типа мягких конфет. В соответствии с ГОСТ 30058 к ним относят нугу, лукум сбивной, рахат-лукум, кос-халву и другие. Запатентован состав и способ производства конфет на основе сбивных масс типа нуги [39], при котором готовят соединительную смесь смешиванием и взбиванием предварительно уваренного сахаро-паточного сиропа с приготовленным сбивным агентом, включающим яичный белок, после чего изготавливают конфетную массу путем смешивания соединительной смеси со вкусовыми веществами, формуют конфеты и глазируют их. Отличительной особенностью данного способа является то, что перед уариванием сахаро-паточного сиропа в него вводят сорбитол, соль пищевую и осуществляют уваривание смеси до температуры 123-127 °С и содержания сухих веществ 92-94 %, при приготовлении сбивного агента в него дополнительно вводят ванилин, воду и патоку, получение соединительной смеси осуществляют в турбомиксе, подогреваемом водой температурой 85-90 °С путем смешивания и одновременного сбивания полученных сахаро-паточного сиропа и сбивного агента, приготовление конфетной массы осуществляют смешением полученной соединительной смеси со вкусовыми веществами, в качестве которых используют предварительно подготовленный полуфабрикат массы пралине. При этом полуфабрикат массы пралине содержит лецитин (0,83-1,02 мас.%), жир растительный (40,12-43,05 мас.%), экстракт солодовый (2,46-4,67 мас.%), молоко сухое обезжиренное (11,12-14,55 мас.%), лактозу (2,78-4,48 мас.%), сыворотку молочную (11,12-14,55 мас.%), ароматизатор (0,12 мас.%) и сахарную пудру – остальное. Один из технических результатов изобретения заключается в улучшении качества готового изделия путем придания более мягкой однородно-пластичной структуры.

2.2. Технологии мучных кондитерских изделий

Мучные кондитерские изделия представляют собой сложные многокомпонентные системы, в которых одновременно протекают физические, химические и микробиологические процессы [93].

Важную роль в образовании теста для мучных кондитерских изделий играют жиры. При этом имеет значение не только химический состав жира, но и его физическое состояние. Жиры должны быть пластичными.

В этом случае они образуют в тесте тончайшие пленки, обволакивающие и смазывающие частицы муки.

Пластичный жир представляет собой смесь твердой и жидкой фаз в определенном соотношении. Для производства мучных кондитерских изделий рекомендуется применять жир, полученный направленной гидрогенизацией хлопкового масла с температурой плавления 36-37 °С. Такой жир сохраняет пластичность в интервале температур 22-35 °С [146].

При производстве мучных кондитерских изделий в тесто вводят от 5 до 25 % жира к массе муки (в зависимости от сорта изделий). Значительная часть этого жира, если он находится в тесте в расплавленном состоянии, связывается клейковиной и крахмалом. Механизм взаимодействия липидов и вносимых жиров с компонентами теста в значительной мере зависит от химического состава и свойств используемого жира и муки. Важную роль при этом играют входящие в состав жира триглицериды насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Чем больше содержание в жире триглицеридов ненасыщенных жирных кислот, тем он больше сорбируется белками.

В зависимости от состава и свойств жиров они изменяют структуру белковых частиц путем прямого взаимодействия с различными химическими группами, входящими в состав макромолекул белка, либо косвенного воздействия на структуру белковой молекулы, адсорбируясь на ее поверхности.

Жиры изменяют свойства пшеничного крахмала при замесе теста в результате образования ими комплексов с амилозной фракцией [146].

Жиры или твердые фракции жирового продукта с температурой плавления выше температуры теста остаются в нем в виде твердых частиц.

Адсорбируясь на поверхности белковых мицелл и крахмальных зерен, жир препятствует набуханию коллоидов муки и увеличивает содержание жидкой фазы теста. Вследствие этого ослабляется связь между компонентами твердой фазы теста, что делает его более пластичным.

Жиры лучше вводить в тесто в виде тонко диспергированной эмульсии. В таком состоянии частицы жира при замесе теста лучше распределяются в виде тончайших пленок между частицами муки, а при выпечке тестовых заготовок способствуют образованию слоистой структуры изделий. Чем тоньше пленки жира и чем больше их в тесте, тем более пористую и хрупкую структуру имеют готовые изделия. Жиры, вводимые в тес-

то в виде эмульсий, более стойки к окислительным процессам, что способствует длительному сохранению качеств печенья.

Частичная замена в рецептуре 0,25-1,0 % жира фосфатидными концентратами способствует образованию при той же влажности и температуре более пластичного теста [146].

ПАВ замедляют гидратацию и ограничивают набухаемость крахмальных суспензий, снижают количество растворимых фракций крахмала, ослабляют связи между набухшими гранулами крахмала.

Полагают, что между ПАВ, клейковиной и крахмалом в тесте образуются различные типы химических взаимодействий. Молекулы ПАВ могут вступать с белком клейковины в гидрофобное взаимодействие, причем глиадин является гидрофильной частью, а глютенин – липофильной. Возможна водородная либо ионная связь белка с ПАВ. Установлено также, что неионогенные и амфолитные ПАВ ослабляют клейковину, а анионактивные ПАВ, наоборот, укрепляют, повышают ее упругость и эластичность, уменьшают гидратацию.

ПАВ влияют на активность ферментов муки теста. Добавление ПАВ приводит к различному изменению амилолитических и протеолитических ферментов муки. ПАВ повышают активность амилазы, но подавляют действие протеиназ [146].

В.В. Румянцевой и Д.А. Ореховой было исследовано влияние замены различных дозировок инвертного сиропа биомодифицированных продуктов (БМП) "Сахарок" из зерна овса и "Кристаллик" из зерна ячменя на устойчивость и плотность эмульсии, на качественные показатели крекеров. Данные продукты обладают высокой пищевой ценностью: богаты легкоусвояемыми углеводами 52,18 – 54,36 г/100 СВ; в том числе глюкозой 30,35 – 31,61 г/100 СВ, мальтозой 5,44 – 5,67 г/100 СВ, ксилозой – 0,39/100 СВ; витаминами (в частности, токоферолом – 2,07 г/100 СВ) и минеральными веществами. Продукты содержат следующие пищевые волокна: клетчатку 4,0-7,5 г/100 СВ, β-глюкан 1,2-2,4 г/100 СВ, геммицеллюлозу 6,5-10,5 г/100 СВ, пектин 2,07-2,8 г/100 СВ [115].

Устойчивость эмульсий в [115] определяли по отслоившейся жировой фазе через 2 и 24 ч. Было установлено, что с увеличением дозировки БМП устойчивость эмульсии повышается на 29,8-31,5 % а плотность снижается на 24,7-30,9 %, по сравнению с контрольным образцом. Это можно объяснить несколькими факторами. Во-первых, тем, что в состав биомодифицированных продуктов входят декстрины, пентозаны, слизи,

пектин, β-глюкан, целлюлоза, гемицеллюлоза и водорастворимые белки, которые обладают высокой водопоглотительной способностью и при введении в эмульсию связывают воду, увеличивая тем самым количество прочносвязанной влаги и, как следствие, вязкость водной фазы эмульсии, а в высоковязкой дисперсионной среде капелькам жира трудно приблизиться друг к другу, они как бы замурованы в непрерывной фазе и вероятность их столкновения низка. Декстрины, входящие в состав БМП "Кристаллик", также способствуют эмульгированию и повышают вязкость дисперсионной фазы. Во-вторых, увеличению устойчивости эмульсий, приготовленных с добавлением БМП "Сахарок" и "Кристаллик", способствуют фосфолипиды, которые входят в их состав и выступают в роли ПАВ и эмульгаторов. Молекулы фосфолипидов гидрофильными группами связывают молекулы воды, а гидрофобные – молекулы жира, что приводит к снижению поверхностного натяжения на границе раздела фаз и тем самым к увеличению устойчивости и уменьшению плотности эмульсии. Кроме того, они способствуют уменьшению объема нерасслоившейся части эмульсии, обусловливая снижение ее плотности.

Влияние БМП "Сахарок" и "Кристаллик" на структурно-механические показатели крекера исследовали по намокаемости и прочности. Чем выше намокаемость, тем лучше потребительские свойства крекера и его усвояемость. Результаты исследований показали, что при замене инвертного сиропа на БМП "Сахарок" и "Кристаллик" происходит увеличение намокаемости на 24,43-25,13 % и уменьшение прочности в среднем на 3,15 %, по сравнению с контролем. Это можно объяснить тем, что при введении БМП "Сахарок" и "Кристаллик" снижается плотность и повышается устойчивость эмульсии, в результате чего она наиболее равномерно распределяется при замесе теста. Происходит увеличение пористости и рассыпчатости, а, следовательно, и хрупкости изделий, что приводит к уменьшению силы, необходимой для разрушения структуры готовых изделий [115].

Запатентован состав для производства крекера [5], включающий (вес.%): сахар-песок 3,30-4,12; масло соевое 17,34-21,35; кислоту лимонную 0,20-0,35; соду пищевую 0,40-0,60; экстракт солодовый 0,51-0,72; соль пищевую 0,50-0,68; муку пшеничную 62,91-64,40; дрожжи 0,31-0,40; меланж 5,0-5,92; молоко сухое обезжиренное 0,41-0,55; мед натуральный 0,40-0,47; аммоний углекислый 1,25-1,55; метабисульфит или пиросульфит

натрия 0,01-0,02; фосфатиды 0,03-0,05; орех 2,82-3,12. Данный состав обеспечивает получение изделий с улучшенными показателями качества.

Исследована возможность применения эмульгаторов (дистиллированного глицеролмоностеарата, лецитина и сорбитанмоностеарата) в технологии пирожных, содержащих соевое молоко, но из рецептуры которых исключены яйца [166].

2.2.1. Лецитины в вафельном тесте

Значительную долю рынка мучных кондитерских изделий (около 18 %) заполняют вафли, которые представляют собой тонкие хрустящие изделия, выпеченные между горячими металлическими пластинами из жидкого взбитого теста [75].

В рецептуры многих вафельных изделий входят естественные эмульгаторы (яичные продукты), но их, зачастую, бывает недостаточно, чтобы получить изделия высокого качества. Эмульгаторы важны для вафельного теста еще и тем, что позволяют снизить вязкость вафельного теста с сохранением хрустящих свойств и увеличением прочности листа [142].

Современный рынок диктует необходимость повышения качества, расширения ассортимента, снижения себестоимости продукции и др. Производители вынуждены использовать наиболее эффективные ингредиенты, к которым относятся комплексные пищевые добавки направленного действия. Для уменьшения вязкости вафельного теста в рецептуру вводят пищевые добавки: протеолитические ферменты, поверхностно-активные вещества (лецитин). Ассортимент лецитинов широк и разнообразен – это жидкие стандартные и обезжиренные порошковые лецитины, а также композиты. Композиты на основе лецитинов имеют более широкий спектр функциональных свойств, чем стандартный лецитин. Они обладают высокой эмульгирующей способностью, значительно снижают вязкость теста, улучшают вкус продукта.

Для мучных кондитерских изделий созданы композиты на основе лецитина Штернмулс М545 и Лецифло 60. Эти лецитины изготовляют по специальной технологии, которая предусматривает нанесение лецитинового эмульгатора на компоненты сухого молока. Основные данные химического состава лецитинов приведены в табл. 2.3 [110].

Композиты на основе лецитина близки по химическому составу. По технологическим свойствам они имеют незначительные различия. Поэтому в дальнейшем испытывали лецитин Лецифло 60 [110].

Таблица 2.3. Химический состав некоторых лецитинов

Показатели	Лецифло 60	Штернмулс М545
Содержание, %		
ацетоннерастворимых веществ (фосфолипиды)	38,0	28,0
белка	11,0	13,5
углеводов	22,0	32,0
жиров	21,0	17,0
Влажность, %	4,0	2,0

Леонтьевой Н.А. с соавт. [110] определено влияние лецитина Лецифло 60 на показатели качества вафельных листов. Содержание лецитина варьировало от 0,2 до 1,0 % (интервал 0,2 %), количество яйцепродуктов составляло 6,5 % к массе муки. Контролем служили вафли, которые изготовляли по утвержденной рецептуре, включающей яйцепродукты. Качество изделий оценивали по органолептическим показателям, величине прогиба и хрупкости вафельных листов. Хрупкость и величину прогиба вафельных листов устанавливали при помощи специального устройства. Принцип его действия основан на измерении величины нагрузки, при которой происходит видимое разрушение листа. Зная величину нагрузки, при которой происходит излом образца, можно рассчитать разрывное напряжение (D) по формуле

$$D=F/S, \qquad (2.3)$$

где F – нагрузка, при которой происходит видимый излом образца, кг, S –площадь поверхности образца, м^2

Вместе с тем вафли должны быть достаточно упругими, чтобы выдерживать нагрузку при намазывании начинки. Поэтому измеряли величину прогиба вафельных листов при последовательном увеличении нагрузки до излома образца. Полученные данные позволили рассчитать

величину, характеризующую упругость вафельного образца – модуль упругости Юнга, который определяли по формуле

$$E=FL^3/4BD^3Y, \qquad (2.4)$$

где F – нагрузка, кг; L – длина образца, мм; B – толщина образца, мм; D – ширина образца, мм; Y – значение стрелы прогиба, мм.

Данные о влиянии лецитинового композита на показатель хрупкости вафельных листов, содержащих яйцепродукты, представлены на рис. 2.14.

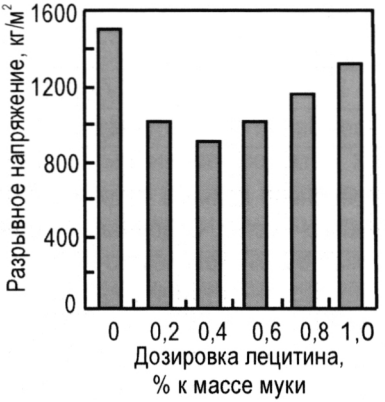


Рис. 2.14. Диаграмма влияния количества лецитина Лецифло 60 на показатель хрупкости вафельных листов, содержащих яйцепродукты

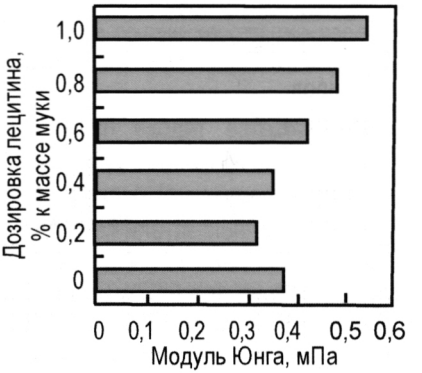


Рис. 2.15. Диаграмма влияния количества лецитина Лецифло 60 на показатель упругости (модуль Юнга) вафельных листов, содержащих яйцепродукты

При дозировке лецитина от 0,2 до 0,4 % вафельные листы наиболее хрупки. Контрольный образец имел самые высокие значения разрывного напряжения по сравнению с опытными образцами.

Результаты исследований зависимости упругости вафельных листов от содержания лецитина представлены на рис. 2.15. Модуль Юнга – величина, обратная коэффициенту упругости. Чем выше значение модуля Юнга, тем мене упругий вафельный лист. С увеличением дозировок лецитина возрастает модуль Юнга, а, следовательно, уменьшается упру-

гость вафель. Наиболее упругими являются образцы с наименьшим содержанием лецитина – 0,2 %. При дозировке лецитина 0,4 % значение модуля Юнга наиболее близко аналогичному показателю контрольного образца (0,371 и 0,365 мПа соответственно). Наилучшие потребительские свойства имеют вафли с лецитином в дозировке 0,4 % к массе муки. Благодаря композитам на основе лецитина обеспечивается смазывающий (разделительный) эффект. Поверхность вафельных листов обладает в большей степени гидрофильными свойствами, чем липофильными. Когда вафельное тесто соприкасается с противнем, жир, содержащийся в тесте, имеет тенденцию концентрироваться в середине слоя и не выполняет функцию смазки. При использовании лецитиновых композитов гидрофильная часть молекул этих эмульгаторов ориентирована в направлении этих границ поверхностей тесто/воздух и тесто/противень. Липофильная часть биполярных молекул способствует устойчивому распределению жира на поверхности раздела фаз, и жир действует как эффективный разделяющий агент, т.е. смазка. В результате количество лома при выпечке и нарезке вафельных листов уменьшается.

С целью снижения себестоимости продукции по сырью определяли возможность исключения яйцепродуктов из рецептуры вафельных листов. В эксперименте использовали 0,2-1,0 % лецитина Лецифло 60 к массе муки. Наиболее хрупкими при наименьшем разрывном напряжении были образцы, содержащие 0,8 % лецитина. При этом разрывное напряжение в 2 раза ниже, чем данный показатель контрольного образца. Дальнейшее увеличение дозировок лецитина нецелесообразно, так как способствует снижению хрупкости вафельных листов. Изучено влияние лецитинового композита на показатель упругости вафельных листов, изготовленных без яйцепродуктов. Показатели упругости изделий, содержащих 0,8 и 0,6 % лецитина, наиболее приближены к значениям модуля Юнга контрольного образца.

Установлена оптимальная дозировка Лецифло 60 при производстве вафель без яйцепродуктов – 0,8 %. Яйцепродукты можно исключить из рецептуры, если увеличить содержание лецитинового композита. При этом изделия имеют более высокий показатель хрупкости, чем контрольный образец.

Лецитин Лецифло 60 испытывали в производственных условиях ООО "Пекарь". Изделия выпускали по рецептурам и технологии изготовителя. Качество их получило высокую оценку дегустационной комиссии.

Лецитиновые композиты Лецифло 60 и Штернмулс М545 нашли применение в производстве жировых начинок. Последние должны содержать необходимое количество воздуха, иметь легкотающую, маслянистую, нежную, пышную консистенцию и высокие пластичные свойства. Частично кристаллизованный жир способствует насыщению жира воздухом, а вводимый в рецептуру лецитин повышает пластичность начинки. При добавлении лецитина в жировую начинку гидрофильные группы его молекул связываются с молекулами воды, которые находятся на поверхности частиц рецептурной смеси (сахарной пудры, какао-порошка, возвратных отходов – обрезков). В результате этого уменьшается сила трения между частицами, увеличивается их подвижность, снижается вязкость и повышается пластичность начинки.

Применение композита, который по существу является и эмульгатором » стабилизатором, и вкусовой добавкой, позволяет уменьшить дозировку сухого молока и жировых продуктов в рецептуре или исключить полностью. Кроме того, лецитиновые композиты, содержащие сухое молоко, препятствуют миграции жира из начинки, и вафельный лист дольше сохраняет свои хрустящие свойства. Сравнительно невысокая цена этого продукта дает возможность снизить стоимость изделий по сырью.

Таким образом, композиты на основе лецитина позволяют экономно расходовать дорогостоящее сырье и могут быть рекомендованы для производства вафельных листов и жировых начинок [110].

Разработан состав вафельных листов из муки нута или смеси муки нута и пшеничной муки, желтков, бикарбоната натрия, фосфатидов, соли и воды при следующих соотношениях компонентов (кг) на 100 кг используемой муки: мука пшеничная – 80,0-0,0, мука из нута – 20,0-100,0, желтки – 15,8-16,1, соль – 0,5, бикарбонат натрия – 0,5, фосфатиды – 0,6-0,9 и вода по расчету [33]. Выпеченные изделия обладают улучшенными показателями качества, повышенной пищевой ценностью.

Запатентован состав для приготовления мучного кондитерского изделия в виде вафель с начинкой, которым предусмотрена рецептура вафельных листов, состоящая из муки пшеничной, меланжа, масла растительного, питьевой соды, соли пищевой, лецитина.

Для приготовления теста в тестомесильную машину согласно рецептуре последовательно засыпают: 0,09 % (10 г) питьевой соды; 0,16 % (17,3 г) пищевой соли; воду 5-10 % от общего количества, идущего на замес теста; 1,25 % (136,3 г) меланжа; 0,42 % (45,60 г) растительного

масла и 0,17 % (18,4 г) лецитина [52]. Рекомендуется применять воду температурой 8-10 °С. После этого загружают половинное количество 16,715 % (1819,45 г) муки и перемешивают около 3 мин, затем остальную муку 16,715 % (1819,45 г) и замес ведут до готовности теста 10–15 мин, начиная с момента загрузки всей муки.

Лецитин может входить не только в состав рецептуры вафельных листов, но и в состав начинки.

Так, например, запатентовано вафельное изделие, содержащее вафельные слои, выполненные из мучного полуфабриката, и расположенный между ними, по крайней мере, один слой, выполненный из кремовой кондитерской массы, содержащей сахарную пудру, жировой компонент, лецитин, вкусовые и ароматические добавки, и, по крайней мере, один слой, выполненный из твердой пористой кондитерской массы на основе заменителя какао-масла, содержащей сахар-песок, эмульгатор, вкусовые и ароматические добавки.

В результате получено изделие с новыми потребительскими свойствами за счет возможности сочетания слоев и улучшить органолептические свойства изделий [47].

Запатентован состав для приготовления мучного кондитерского изделия, состоящего из вафельных листов, содержащих муку пшеничную, меланж, масло растительное, питьевую соду, соль пищевую, лецитин и начинки, содержащей жир кондитерский, крошку вафельную, ароматизатор и вкусовой наполнитель, включающий сухое цельное молоко, лецитин и стевиозид в соотношении 80:2:1 [40].

Предложенный способ приготовления вафель позволяет получить изделие, не содержащее сахарозу, по органолептическим показателям адекватное аналоговому прототипу, по физико-химическим показателям практически от него не отличается. При этом энергетическая ценность снижается на 12 % в сравнении с прототипом.

В Кубанском государственном технологическом университете разработан способ приготовления SPA-вафель [62].

Рецептура вафельных листов включает следующие компоненты: полуфабрикат из растительного сырья, подслащивающий агент, сухое молоко, фосфолипидный продукт, меланж, пищевую соль и минеральную воду, а начинка – вкусовой наполнитель, сухую сыворотку и соевый лецитин. В качестве полуфабриката из растительного сырья используют смесь муки пшеничной и овсяных отрубей в соотношении 1 : 2.

В качестве подслащивающего агента используют стевиозид. В качестве вкусового наполнителя используют смесь стевиозида, ореха кола и растительного масла, взятых в соотношении по массе 1 : 25 : 70, предварительно обработанную перед смешиванием в роторно-валковом дезинтеграторе при 25 °С и давлении 10 МПа. В качестве фосфолипидного продукта используют "ФЭИС". При этом для приготовления вафельных листов фосфолипидный продукт вносят в дозировке 0,50-1,60 мас. %, а в начинку входит 13,15-15,25 мас. % лецитина.

Фосфолипидный продукт "ФЭИС" обладает антиоксидантными свойствами, адсорбционно взаимодействует с частицами твердой фазы смеси компонентов, образуя мономолекулярный слой, предохраняющий активные вещества от воздействия кислорода воздуха, и тем самым увеличивает срок хранения SPA-вафель и сохранение в них хрустящих свойств на протяжении всего процесса хранения.

Запатентован способ производств вафельных хлебцев [69], в рецептуру которых наряду с пшеничной мукой, яичным порошком, обезжиренным сухим молоком, растительным наполнителем (порошок листьев люцерны и семян эспарцета в соотношении 2 : 1), пищевой содой, солью и водой входит фосфолипидный продукт "Холин" в количестве 0,77-2,45 мас. %.

Фосфолипидный продукт "Холин" оказывает эффективное влияние на реологические свойства, что объясняется высоким содержанием в нем собственно фосфолипидов, а также максимальным содержанием фосфатидилхолинов.

Запатентован способ производства вафельных хлебцев, предусматривающий два варианта осуществления. В первом варианте в состав рецептуры введены лецитин растительный, премикс витаминно-минеральный Ровифарин 4D, а во втором варианте – лецитин растительный и солод ржаной, премикс витаминно-минеральный Ровифарин 4D (табл. 2.4) [65].

Причем при подготовке сырья растворяют лецитин в растительном масле, нагретом до температуры 30-35 °С, и охлаждают воду до температуры 13-14 °С, а при приготовлении теста заливают охлажденную воду в бак тестосмесителя, приступают к ее перемешиванию и последовательно засыпают в воду соль, соду и витаминно-минеральную добавку и после их растворения постепенно в течение 1,0-1,5 мин добавляют муку, после чего заливают растительное масло с растворенным в нем лецитином и продолжают перемешивание теста в течение 3-4 мин.

Таблица 2.4. Состав теста для вафельных хлебцов без учета воды, масс.% [65]

Компоненты	Вариант 1	Вариант 2
Масло растительное	1,20-1,728	1,20-1,728
Соль поваренная	0,97-1,40	0,97-1,40
Сода пищевая	0,08-0,30	0,08-0,30
Лецитин	0,17-0,20	0,17-0,20
Премикс витаминно-минеральный Ровифарин 4D	0,03-0,04	0,03-0,04
Мука пшеничная	остальное	остальное
Мука ржаная	-	2,90-4,51
Солод ржаной молотый	-	0,16-1,56

При приготовлении теста по первому варианту в него дополнительно вносят экстракт виноградных косточек и экстракт зеленого чая в дозировке соответственно 0,016-0,032 и 0,02-0,045 мас.% в составе всех компонентов хлебцев. Введение в рецептуру растительного лецитина в качестве эмульгатора позволяет получить более однородное по консистенции тесто и уменьшить время замеса, а также повысить пищевую ценность продукта [65].

Существенным недостатком вафель является низкое содержание в них важных биологически активных веществ – витаминов, минералов и пищевых волокон [75]. Положительное влияние пищевых волокон для вафель было отмечено в ряде работ [137]. В тоже время пищевые волокна способны снижать технологические (растекаемость) и реологические (вязкость) свойства жидкого теста [74, 77].

Предыдущие исследования показали, что при производстве вафельных листов целесообразно использовать пшеничную клетчатку «Витацель WF-600» в дозировке 10% к массе муки. Однако, при этом имеет место повышенная вязкость теста, плохая растекаемость теста по форме, что обуславливает плохое качество готового продукта [76].

Целью работы [75] являлось исследования влияние фосфолипидов и ферментного препарата "Альфамальт НСС" на стабилизацию реологических свойств теста и качество вафель, обогащенных пищевыми волокнами.

Обьектами исследования были: жидкий соевый лецитин марки "Леци Про С" ("Оризон Кемикалс Лимитед", Китай,), обезжиренный лецитиновый порошок "Леци Про-90" ("Unitechem Co., Ltd", Китай); обезжиренный лецитиновый порошок марки "Солек Ф" ("Solae", Германия), фер-

ментный препарат "Альфамальт НСС" (Muhltnchemie, Германия), образцы жидкого вафельного теста и выпеченные вафельных листов.

Определяли следующие показатели: структурно-механические свойства вафельного теста; органолептические показатели (цвет, вкус, запах), массовую долю влаги, намокаемость и реологические свойства (предельное усилие нагружения, момент сопротивления свободного падения , предел прочности) вафельных листов.

Лецитины вносили в вафельное тесто в дозировке 3 %, ферментный препарат "Альфамальт НСС" в дозировке 0,1 % к массе муки. Состав опытных образцов с пищевыми добавками приведен ниже:

образец №1: 10 % WF-600 при степени гидратации клетчатка-вода 1:4;
№2: 10 % WF-600 + фермент гемицеллюлаза;
№3: 10 %WF-600 + лецитин "Солек Ф";
№4: 10 %WF-600 + лецитин "ЛециПро 90";
№5: 10 %WF-600 + лецитин "ЛециПро С".

Используемые добавки по-разному влияют на прочностные свойства вафельных листов. Повышают прочностные свойства вафельных листов по сравнению с контролем следующие образцы: образец №1: 10 % WF-600 при степени гидратации клетчатка-вода 1:4 и образец №2: 10 % WF-600 + фермент (в 1,5 и 1,1 раза соответственно). При использовании образцов №3 – 10 %WF-600+ лецитин "Солек Ф", №4 – 10 %WF-600+ лецитин "ЛециПро 90", №5 – 10 %WF-600+ лецитин "ЛециПро С" прочностные свойства вафельных листов снижались по сравнению с контролем в 0,75; 0,6 и 0,8 раза соответственно.

Сравнение образцов вафель с лецитинами (№3, №4, №5) между собой, показало, что образец №5 наиболее прочный – предельное усилие (1,5 Н) , предел прочности (1,3 МПа), а образец №4 наименее прочный – предельное усилие (1,07 Н), предел прочности (0,9 МПа). Это связано с различным содержанием фосфолипидов в лецитинах.

Таким образом, образцы с клетчаткой и ферментным препаратом обладают более прочной структурой (контроль выдерживает нагрузку 1,81 кг, вафельный лист с клетчаткой – 2,76 кг, вафельный лист с клетчаткой и ферментным препаратом – 2,0 кг); использование лецитинов снижает прочность вафельного листа (вафельные листы выдерживают нагрузку от 1,07 кг до 1,5 кг).

В работе [75] установлено, что внесение фосфолипидов в вафельное тесто с высоким содержанием клетчатки способствует снижению его

вязкости η; вязкость теста с лецитинами выше по сравнению контрольным образцом на: 7 % для "Солек Ф", на 9 % для "ЛециПро С", на 26 % для "ЛециПро 90"; ферментный препарат "Альфамальт НСС" снижает вязкость вафельного теста с высоким содержанием клетчатки (10 % к массе муки) и повышает прочность вафельных листов по сравнению с контрольным образцом на 12,5 %.

2.2.2. Лецитины в технологиях бисквитов и пряников

В последние годы большое внимание уделяется вопросам, связанным с улучшением качества мучных кондитерских изделий и увеличением срока их годности. Согласно ТР ТС 021/2011, срок годности пищевой продукции определяется как период времени, в течение которого пищевая продукция должна полностью соответствовать предъявляемым к ней требованиям безопасности, а также сохранять свои потребительские свойства, заявленные в маркировке, и по истечении которого пищевая продукция не пригодна для использования по назначению. Также регламент определяет, что сроки годности и условия хранения пищевой продукции устанавливаются ее изготовителем.

Таким образом, кроме соответствия показателям безопасности, пищевая продукция на протяжении всего срока годности должна сохранять свои физико-химические и органолептические свойства. И если в течение долгого времени научные работы по увеличению сроков годности пищевых продуктов фокусировались, главным образом, на сохранении их микробиологической чистоты и безопасности, то снижение потребительских свойств воспринималось как неизбежность [93].

В настоящее время ситуация изменилась и вопросам продления сроков сохранения мягкости и эластичности продукции уделяется большое внимание. В Санкт-Петербургском филиале ГосНИИХП исследована возможность применения лецитинов, представленных ООО "Протеин плюс" (Санкт-Петербург), при производстве бисквитов и пряников [116].

Испытания проводили при приготовлении бисквитных коржей, рецептура которых была разработана в СПбФ ГосНИИХП. Новая рецептура отличалась от утвержденной рецептуры для рулета сортом муки, уменьшенным содержанием яйцепродуктов, введением крахмала, химических разрыхлителей, эмульгатора, влагоудерживающей добавки, консерванта [116].

Известно, что при уменьшении доли яйцепродуктов необходимо увеличивать дозировку эмульгатора. Это приводит к получению «пышного», но вязкого теста, что затрудняет дозирование и равномерность распределения его в форме.

С целью увеличения текучести теста в рецептуру вводили лецитины – жидкий стандартный рафинированный Штернцитин Ф-10 в дозировке 0,5-1,7 % к массе муки; и порошковые Лецифло 60, обезжиренный Центролекс Ф, обезжиренный гидролизованный Пресепт 8160 в дозировке 0,3-0,5 %.

Тесто готовили традиционным двухфазным способом. На первой стадии сбивали яйца с сахаром, инвертным сиропом, сорбитом, пастой для сбивания, после увеличения объема в 2-3 раза вносили растворенные разрыхлители.

Жидкий лецитин дозировали вместе с инвертным сиропом в яично-сахарную смесь, порошковые вносили как в яично-сахарную смесь, так и вместе с мукой при смешивании последней со взбитой яичной массой. Результаты исследований представлены в табл. 2.5.

Таблица 2.5. Влияние лецитина на технологические характеристики бисквитного теста [116]

Показатели	Дозировка лецитина, % к массе муки							
	Штернцитин Ф-10		Лецифло-60		Центролекс Ф		Пресепт 8160	
	0,5	1,7	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5
Изменение плотности, % к контролю	49,0	2,0	45,0	49,0	7,0	39,6	10,0	80,0
Изменение расплываемости, %	9,0	0	5,0	0	4,0	4,0	4,0	5,0

Как видно из представленных данных, 0,5 % жидкого лецитина Штернцитин Ф-10 в наибольшей степени расслабляет бисквитное тесто, его текучесть увеличивается на 9 % по сравнению с контролем, при этом плотность теста повышается на 49 %. Увеличение дозировки Штернцитина Ф-10 до 1,7 % к массе муки не влияет на текучесть и плотность теста. Порошковые, обезжиренные лецитины в дозировке 0,3-0,5 % в одинаковой степени расслабляют тесто, при этом увеличивается его текучесть на 4-5 % по сравнению с контролем без лецитина. Однако при этом несколь-

ко повышается плотность теста. Значительное увеличение этого показателя наблюдается при содержании лецитина в количестве 0,5 % к массе муки. Лецитин марки Пресепт 8160 оказывает большее влияние на повышение плотности теста, чем Центролекс Ф. Плотность теста можно снизить путем увеличения длительности сбивания. Поэтому далее исследовали влияние продолжительности сбивания яичносахарной смеси с лецитином Центролекс Ф на плотность теста. Установлено, что плотность теста становится практически одинаковой в контрольном и опытном вариантах при увеличении длительности сбивания в 1,5 раза. Экспериментально установлено, что лецитины улучшают распределение муки при смешивании ее со взбитой яичной массой, при этом за более короткое время достигается оптимальная однородность теста и не происходит «затягивания» теста.

Испытания по введению порошковых лецитинов вместе с мукой показали, что данный способ внесения лецитинов не оказывает влияния на плотность и растекаемость теста. Наилучшие результаты по сумме показателей были получены при использовании порошкового лецитина Центролекс Ф в дозировке 0,3 % к массе муки и способе введения его непосредственно в яично-сахарную смесь.

Таким образом, проведенные исследования показали, что для приготовления бисквитного теста лучше использовать лецитин марки Центролекс Ф. Применение лецитина в бисквитном тесте дает ряд преимуществ: повышает текучесть; улучшает однородность; позволяет уменьшать количество яйцепродуктов в рецептурах [116].

В ходе исследования [111] бисквит готовили по рецептурам, разработанным Нижегородским заводом ПАВ, в которых в качестве эмульгатора (пенообразователя) используется паста для сбивания. Дозировка пасты составляла 10 % к массе муки, содержание сахара уменьшено на 4 %, а меланжа на 50 % по сравнению с утвержденной рецептурой. С целью увеличения текучести теста лецитин в составе Штернмулс М545 вводили в сформированную яично-сахарную массу.

Установлено, что введение в рецептуру Штернмулс М545 в количестве 0,75 % и 1,5 % к массе теста способствует снижению вязкости теста и облегчает его формовку при заполнении формы. Готовые образцы с лецитином лучше отходили от форм, чем контрольные. Несмотря на то, что несколько увеличивалась плотность яичной массы и теста, изделия имели более равномерную тонкостенную пористость, сжимаемость уве-

личивалась на 4-17 %. Далее уменьшали расход яйцепродуктов в рецептуре бисквита на 10 % и подбирали оптимальную дозировку лецитина. Уставлено, что при дозировке 0,5 % показатели качества опытного образца наиболее близки к контрольному образцу.

Исследована возможность уменьшения сахара в рецептуре на 10 % и 15 %. При этом дозировка лецитина составляла 0,5 % и 0,75 % к массе теста. При дозировке лецитина 0,5 % и уменьшении расхода сахара на 15 % влажность изделий увеличивалась на 13 %, а плотность на 6 %. При дозировке лецитина 0,75 % и снижении расхода сахара на 10 % показатели плотности яичной массы и теста были близки к контролю. А органолептические показатели изделий были выше контрольных.

Определена возможность уменьшения дозировки яиц на 10 % и сахара на 10 % при введении в рецептуру лецитина Штернмулс М545. Результаты исследований представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6. Влияние Штернмулс М545 на показатели качества бисквитного теста и готовых изделий

Показатели	Контроль	Дозировка лецитина, % к массе муки	
		0,75	1,5
Плотность яичной массы, г/см^3	0,24	0,25	0,25
Плотность теста, г/см^3	0,39	0,40	0,45
Готовые изделия Влажность, %	18,2	18,3	18,7
Плотность, г/см^3	0,32	0,29	0,30
Сжимаемость, ед.прибора	59,8	56,6	52,6
Внешний вид	Верхняя корка с белыми вкраплениями, плотная	Верхняя корка светло-коричневого цвета, без белых вкраплений	
Вид в изломе	Пористость мелкая, равномерная		
Вкус, запах	Без постороннего вкуса и запаха		

Использование лецитина в количестве 0,75 % к массе теста позволяет сократить расход сахара и яиц на 10 % без ухудшения потребительских свойств изделий. Увеличение содержания лецитина до 1,5 % приводит к снижению сжимаемости изделий на 12 %.

Штернмулс М545 нашел применение в жировых начинках. Для увеличения пластичности в рецептуры начинок обычно вводят стандартный жидкий или обезжиренный порошковый лецитин. Сухое молоко используют для улучшения вкуса начинки. Применение композита, который по существу является "три в одном" (эмульгатор, стабилизатор и вкусовая добавка) позволяет сокращать или исключать из рецептур сухое молоко без ухудшения качества изделий. Сравнительно невысокая цена этого продукта способствует снижению стоимости изделий по сырью.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- использование композитов на основе лецитина способствует снижению вязкости теста и позволяет сокращать расход сахара и яйцепродуктов в рецептурах бисквитного полуфабриката;
- оптимальная дозировка лецитина для стандартной рецептуры составляет 0,14 % к массе теста. Это позволяет сокращать расход яйцепродуктов на 20 %.
- в рецептурах с использованием "Пасты для сбивания" и уменьшенным содержанием яйцепродуктов на 10 % и сахара на 10 % оптимальная дозировка лецитина 0,75 % к массе теста;
- лецитин следует вводить в сформированную яично-сахарную смесь;
- введение композитов в рецептуру жировых начинок улучшает вкус и пластичность этих полуфабрикатов [111].

Запатентован способ получения бисквита без сахара, предусматривающий сбивание яиц, сорбита и "Пасты для сбивания", предварительно разведенной в молочной сыворотке температурой 25-30 °С. Затем вводят лецитин и массу сбивают 30 с, в течение которых в 2-3 приема вводят муку. полученное тесто разливают в формы и выпекают при температуре 160-170 °С в течение 20-30 мин [68]. Данное изобретение позволяет получить бисквит, обладающий диабетическими, профилактическими и диетическими свойствами, при этом достигается увеличение объема бисквита, снижение его плотности и наилучшее удержание влаги, а также снижается энергетическая ценность продукта на 40 % и количество хлебных единиц на 34 %.

Исследована возможность продления сроков хранения пряников за счет использования лецитинов. Для этого были отобраны следующие лецитины: жидкий стандартный Штернцитин Ф-10 и порошковый обезжиренный гидролизованный Пресепт 8160 [116].

Пряники готовили по рецептуре пряников "Северных" заварным способом, лецитины вносили и дозировке от 0,5 до 1,0 % к массе муки. Температура сахаро-паточного сиропа для заваривания муки составляла 44±1 °С, содержание сухих веществ – 72-73 %. Жидкий лецитин вносили вместе с растопленным маргарином, порошковый – вместе с мукой. Заглазированные пряники упаковывали в полипропиленовую пленку и закладывали на хранение в провоцирующих условиях при температуре 38 °С. В пряниках определяли плотность, контролировали изменения влажности и сжимаемости мякиша в процессе хранения. Результаты исследований представлены в табл. 2.7.

Таблица 2.7. Влияние лецитинов на показатели качества пряников в процессе хранения [116]

Показатели	Дозировка лецитина, % к массе муки				
	Контроль	Штернцитин Ф-10		Пресепт 8160	
	0	0,5	1,0	0,5	1,0
Потеря влаги, % к начальной влажности, через:					
7 сут.	8,0	-	-	-	-
14 сут.	15,7	2,0	4,7	0,5	-
21 сут.	27,3	12,0	11,8	11,5	12,5
28 сут.	37,9	21,6	20,5	20,0	23,3
Уменьшение сжимаемости, % к начальному значению, через:					
7 сут.	61,0	50,0	35,0	22,0	50,0
14 сут.	76,0	52,0	35,0	29,0	-
21 сут.	83,0	52,0	48,0	52,0	67,5
28 сут.	94,0	74,0	76,5	71,0	80,0
Плотность, г/см^3	0,59	0,42	0,43	0,58	0,58

Испытания показали, что жидкий стандартный лецитин Штернцитин Ф-10 по сравнению с порошковым Пресепт 8160 в большей степени пластифицирует тесто, уменьшает плотность готовых изделий. Пряники с лецитином в 1,6-1,9 раза лучше удерживают влагу, чем пряники без лецитина, при этом порошковый гидролизованный лецитин Пресепт 8160 в

дозировке 0,5 % более эффективно влияет на сохранение свежести изделий, чем стандартный жидкий Штернцитин Ф-10.

Результаты исследований подтвердили, что лецитины, образуя комплексы с крахмалом, замедляют процесс черствения исследуемых изделий. Так, в течение 28 сут. хранения пряники, приготовленные с 0,5 % Штернцитина Ф-10, сохранили 26 % сжимаемости от начальной, при добавлении 0,5 % Пресепт 8160 – 29 %. В контрольном образце без лецитина при тех же условиях сохранилось только 16 % сжимаемости от начальной.

Таким образом, лецитин, являясь натуральной пищевой добавкой, может быть использован для улучшения показателей качества и продления сроков годности пряников [116].

Запатентован способ производства диетического пряника из муки пшеничной, сахаросодержащего сиропа, маргарина, мучного компонента, соды питьевой, углеаммонийной соли, ароматизатораотличительной особенностью которого является то, что в его состав дополнительно входят поверхностно-активные вещества – фосфолипиды, в качестве сахаросодержащего сиропа инвертный сироп, а в качестве мучного компонента отруби пшеничные с размерами частиц не более 0,4-5,0 мм, при следующем соотношении компонентов смеси для приготовления теста, % к общей массе: сахар-песок 25,00-46,00; маргарин 2,00-6,00; сода питьевая 0,015-0,05; углеаммонийная соль 0,30-0,51; ароматизатор 0,10-0,15; инвертный сироп 3,50-15,00; отруби пшеничные 10,00-20,00; ПАВ – пищевые растительные фосфолипиды 0,5-0,10; мука пшеничная – остальное [29].

ПАВ, введенные в состав пряников, обволакивая раздробленные в воде частицы (например, жира), препятствуют их слипанию и таким образом улучшают структуру теста. Поэтому ПАВ являются хорошими эмульгаторами водно-жировых эмульсий. В хлебопекарном производстве могут применяться ПАВ как природного происхождения, так и синтетические. ПАВ природного происхождения вырабатываются из подсолнечных или соевых растительных масел. Основная характеристика фосфолипидов – повышенная поверхностная активность, составляющая 850-1600 (Н/м)/(моль/л), которая обеспечивает высокие разжижающую способность и эмульгирующие свойства, улучшает качество кондитерских изделий за счет своих биологически активных свойств, способствует более длительному хранению изделия при сохранности свежего вкуса и вида изделия.

Пищевые растительные фосфолипиды подсолнечных растительных масел первого и высшего сорта представляют собой комплекс фосфолипидов, нейтральных липидов (масло), токоферолов (витамин Е), каротиноидов и др. биологически ценных веществ. Фосфолипиды подсолнечника по сравнению с соевыми обладают большей степенью гепатопротекторного действия [29].

ГНУ НИИ кондитерской промышленности совместно с ОАО Кондитерский комбинат "Кубань" запатентован способ производства заварного пряника [16], предусматривающий приготовление теста в две стадии, на первой из которых вначале готовят инвертный сироп путем кислотной обработки сахарозного сиропа до достижения pH 3,5-4,0, при нагревании до температуры 106-109 °С и сразу же после приготовления сиропа его перемешивают с мукой, которую берут с содержанием клейковины 24-28 %, в количестве 75-94 мас.ч. от общей массы муки, предусмотренной рецептурой, затем в смесь последовательно вводят разведенные в воде углеаммонийную соль и бикарбонат натрия, с обеспечением pH теста 7,5-8,5, сахарную пудру, безводный жир, предварительно смешанный с эмульсией, состоящей из поверхностно-активного вещества, в качестве которого используют лецитин или фосфатид, и части используемого жира, взятых в соотношении 1 : 1, при этом количество поверхностно-активного вещества для приготовления эмульсии берут в количестве от 1 до 1,5 мас. % от общей массы жира.

Патентом [17] предусмотрено введение в рецептуру заварного пряника жирового продукта в виде растительного жира или маргарина, предварительно пластифицированного и смешанного с поверхностно-активным веществом в виде лецитина или фосфатида в количестве 1,0-1,5 мас.% от общей массы жирового компонента.

Разработана и запатентована композиция и способ производства овсяных пряников с использованием профилактической добавки – арабиногалактана [54]. Данная композиция включает муку, сахар-песок, маргарин, изюм, соль пищевую, лецитин, ванилин, корицу, углеаммонийную соль, соду питьевую и профилактическую добавку. В качестве муки используют смесь пшеничной и овсяной муки, в качестве профилактической добавки – порошок арабиногалактана из древесины. Лецитин вносят в дозировке 0,082-0,083 % от общей массы теста.

2.2.3. *Лецитины в технологии сахарного печенья*

При производстве печенья и тесто вводят от 5 до 25 % жира к массе муки (к зависимости от сорта изделий). Значительная часть этого жира, если он находится в тесте в расплавленном состоянии, связывается клейковиной и крахмалом. Механизм взаимодействия липидов муки и вносимых жиров с компонентами теста в значительной мере зависит от химического состава и свойств используемого жира и муки. Важную роль при этом играют входящие в состав жиров триглицериды насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Чем больше содержание в жире триглицеридов ненасыщенных жирных кислот, тем больше он сорбируется белками.

Жиры, в зависимости от состава и свойств, изменяют структуру белковых частиц либо путем прямого взаимодействия их с различными химическими группами, входящими в состав макромолекулы белка, либо путем косвенного воздействия на ее структуру, адсорбируясь на поверхности белковой молекулы. Жиры или твердые фракции жирового продукта с температурой плавления выше температуры теста остаются в нем в виде твердых частиц.

Адсорбируясь па поверхности белковых мицелл, жир препятствует набуханию коллоидов муки и увеличивает содержание жидкой фазы теста. Вследствие этого ослабляется связь между компонентами твердой фазы теста, что делает его более пластичным.

Целесообразнее вводить в тесто жиры в виде тонко диспергированной эмульсии. В таком состоянии частицы жира при замесе теста лучше распределяются в виде тончайших пленок между частицами муки, а при выпечке тестовых заготовок способствуют образованию слоистой структуры изделий. Чем тоньше пленки жира и чем больше их в тесте, тем более пористую и хрупкую структуру имеют готовые изделия.

Жиры, вводимые в тесто в виде эмульсии, устойчивее к окислительным процессам, что способствует более длительному сохранению высокого качества печенья.

Добавление поверхностно-активных веществ до 5 % к массе жира значительно повышает качество эмульсии для печенья. С помощью ПАВ можно также регулировать свойства муки, ослабляя или укрепляя клейковину. Частичная замена в рецептуре (0,25–6,0 %) жира фосфатидными концентратами способствует образованию при той же влажности и температуре более пластичного теста [113].

Внесение ПАВ дает возможность в рецептурах на сахарное печенье сокращать количество меланжа до 20 %, сахара до 5 %, не ухудшая качества теста и готовых изделий [113].

Поверхностно-активные вещества замедляют гидратацию и ограничивают набухаемость крахмальных суспензий, снижают количество растворимых фракции крахмала, ослабляют связи между набухшими гранулами крахмала. Молекулы ПАВ могут вступать с белком клейковины в гидрофобное взаимодействие.

Влияние состава эмульсии на структурно-механические свойства печенья. Среди факторов, определяющих качество печенья, особая роль принадлежит эмульсии, так как она во многом обуславливает характер технологического процесса приготовления изделий. Правильный выбор компонентов рецептуры, порядок их внесения и технологические особенности приготовления, позволяют обеспечить изделиям высокие потребительские свойства.

Эмульсия – это дисперсная система, состоящая из двух несмешивающихся жидкостей (сахарный раствор и жир), из которых одна распределена в другой в виде капель. Сырье, входящее в состав эмульсин, оказывает определенное влияние на процесс диспергирования, вязкость и устойчивость эмульсии.

В рецептуру сахарного теста используется мало воды и много сахара. Применение для получения эмульсии даже таких устройств как гидродинамический преобразователь или вихревой диспергатор не обеспечивает полного растворения кристаллов сахара.

Лимитирующей и определяющей стадией приготовления эмульсии является процесс растворения сахара. В сравнительно небольшом количестве воды не может раствориться все предусмотренное рецептурой количество сахара. Нерастворенные в эмульсии крупные кристаллы сахара, вводимые в рецептуру теста, отрицательно влияют на качество готового продукта.

Сахар повышает вязкость и поверхностное натяжение водных растворов, следовательно, замедляет процесс эмульгирования. В то же время в высоковязкой дисперсионной среде капелькам жира трудно приблизиться друг к другу и вероятность их столкновения у низка.

При добавлении минеральных веществ (электролитов) на поверхности раздела фаз возникает электрический заряд. Электролиты могут повышать или понижать устойчивость эмульсии.

Важными технологическими показателями эмульсий является температура и влажность, так как от температуры и влажности эмульсии зависят ее вязкость и устойчивость. Известно, что с повышением температуры и влажности вязкость эмульсии уменьшается [113].

Известно, что при температуре 35 °С и уменьшении влажности эмульсии с 23 до 20 % вязкость повышается от 1,0 до 1,7 Па·с. Для получения устойчивых эмульсий вязкостью менее 1,0 Па·с используют эмульгаторы [113]. При их выборе следует учитывать физико-химические свойства всей системы и область применения эмульсии.

Для приготовления сахарного теста используют эмульсию с массовой долей сухих веществ 70,5–71,0 %. Эмульсия с такой влажностью (29,0–29,5 %) имеет небольшую вязкость и устойчивость. Следовательно, необходим поиск стабилизатора, обеспечивающего хорошие качественные показатели эмульсии и готовых изделий. Введение фосфатидов в эмульсии для печенья в позволяем получать стойкие эмульсии с высокой степенью дисперсности жировых шариков, что улучшает структуру и внешний вид печенья. В последнее время в качестве эмульгатора нашел широкое применение Штернцитин Ф-10. Это стандартизированный, жидкий стабилизатор и эмульгатор для пищевой промышленности. Штернцитин Ф-10 получают путем экстракции из специально выведенных, отмытых и очищенных от шелухи соевых бобов. Использование Штернцитина способствует достижению большей однородности в системе, упрощает обработку и формование теста.

Об эффективности применения эмульгатора можно судить по изменению вязкости эмульсии и намокаемости печенья в зависимости от массовой доли штернцитина. Исследования проводили при постоянной температуре эмульсии 36 °С влажности 29,5 % (рис. 2.16) [113].

Сравнительный анализ вязкости эмульсии с различным содержанием штернцитина показал, что наименьшей эффективной вязкостью (η = 0,7 Па·с) обладает эмульсия для сахарного печенья, приготовленная по обычной технологии без добавления Штернцитина (рис. 2.16). Такая эмульсия представляет собой неустойчивую систему. Вязкость эмульсии зависит от природы и концентрации эмульгатора. Чрезмерная концентрация эмульгаторов повышает вязкость дисперсионной среды, в которой они растворены и будут ассоциироваться, образуя мицеллы. Последние лишают подвижности жидкость непрерывной фазы, поэтому увеличивается вязкость всей эмульсии.

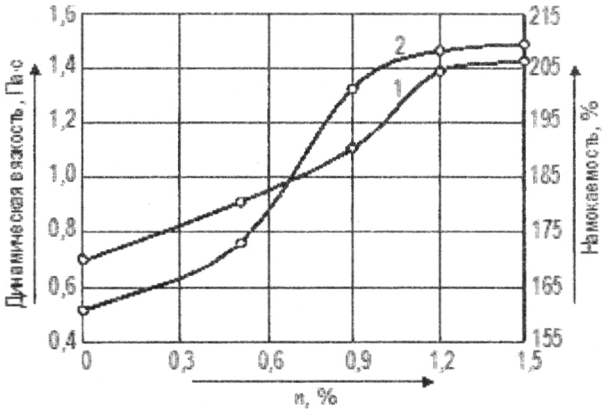


Рис 2.16 Влияние массовой доли штернцитина на вязкость эмульсии (1) и намокаемость печенья (2) [113]

При увеличении массовой доли штернцитина (до 1,2 % к массе теста) вязкость эмульсии увеличивается, затем стремится к постоянному значению при 1,2–1,5 % штернцитина. Согласно работам Антокольской М.Я. значения вязкости эмульсии с использованием штернцитина лежат в допустимых пределах [113].

Изучение влияния штернцитина на качество эмульсии и печенья при введении небольших количеств эмульгатора (до 0,9 %) поверхностное натяжение снижается, процесс образования эмульсии облегчается, вязкость ее увеличивается и возрастает стабильность, но по мере увеличения его концентрации (1,2–1,5 %) вязкость стремится к постоянному значению. Кроме того, при добавлении штернцитина свыше 0,9 % к массе теста ощущается его привкус и печенье имеет более темную окраску, повышается стоимость изделий. Поэтому, при производстве сахарного печенья можно рекомендовать 0,9 % штернцитина к массе теста, при этом получаются изделия с хорошей структурой, высокой намокаемостью (200 %) (рис. 2.16) [113].

Авторами [9] запатентован состав для приготовления сахарного печенья. Формула изобретения [9] заключается в следующем. Тщательным перемешиванием в машине интенсивного замеса готовят рецептурную смесь сахара-песка, маргарина, соли, молока сухого цельного, яичного порошка, лецитина, углеаммонийной соли, пшеничных отрубей, эссенции ванильной 4-кратной. В полученную эмульсию добавляют соду и положенную по рецептуре пшеничную муку высшего сорта и в скоростном

режиме замешивают тесто. Далее тесто формуют роторным способом и выпекают на ленте транспортера в тоннельной печи. При этом рецептурные компоненты взяты в следующем соотношении, мас. %: пшеничные отруби 8,0 - 9,0, преимущественно 8,8 %, сахар-песок 15,0-16,0, преимущественно 15,91, маргарин 16,0-17,0, преимущественно 16,91, сода 0,28-0,35, преимущественно 0,3, соль 0,40-0,45, преимущественно 0,42, молоко сухое цельное 0,4-0,5, преимущественно 0,44, яичный порошок 0,70-0,80, преимущественно 0,73, лецитин 0,2-0,3, преимущественно 0,25, соль углеаммонийная 0,29-0,4, преимущественно 0,3, эссенция ванильная 4-х кратная 0,08-0,09, преимущественно 0,086, мука пшеничная высшего сорта – остальное до 100%, причем отрубянистые частицы (пшеничные отруби) имеют размер 0,5-1,9 мм, преимущественно 1,8 мм. При этом получается высококачественное сахарное печенье, которое имеет аппетитный золотисто-подрумяненный цвет и хрустящую структуру, приятный специфический вкус и нежный аромат, обладает, благодаря наличию пшеничных отрубей, повышенной пищевой ценностью. Количество пшеничных отрубей и процентное содержание других рецептурных компонентов тщательно и точно подобрано таким образом, что получаемое для выработки печенья сахарное тесто является пластичным (не затянутым), хорошо формуемым и повторяющим утонченно-каллиграфический рисунок формующих матриц, а также не тупит роторные ножи и не забивает ячейки ротора, благодаря чему процесс производства печенья идет непрерывно.

ГНУ НИИКП Россельхозакадемии запатентован способ производства печенья, предусматривающий приготовление эмульсии путем смешивания в воде яичного порошка, инвертного сиропа, солодового экстракта, сахара-песка, пищевой соли, двууглекислого натрия и жировой композиции, содержащей расплавленный при температуре 38-42 °С жировой компонент с йодным числом не более 65, лецитин и смесь токоферолов в количестве 0,04-0,06 мас. % от общей массы используемого жира. После перемешивания в эмульсию вводят смесь сыпучих компонентов [42]. Предварительная подготовка жирового компонента и смешивание его с лецитином и смесью токоферолов, действуя адсорбционно, способствует удержанию определенного количества влаги.

Известны и другие способы приготовления печенья, в рецептуру которых входит лецитин, в частности [15, 41, 51, 61, 66].

Фирмой-производителем лецитинов ООО "Протеин плюс" запатентован состав улучшителя для мучных кондитерских изделий, масс. %:

дистиллированные моноглицериды 13,0-14,2, эфир полиглицерина и жирных кислот 3,0-3,4, лецитин 19,3-20,5, сахар-песок 19,5-23,7, пропиленгликоль 2,1-2,7, вспомогательный эмульгатор 7,8-8,2, калий сорбиновокислый 0,1-0,3, вода – остальное [19]. Применение такой композиции позволяет улучшить однородность теста, облегчить его формование, повысить рассыпчатость таких изделий, как печенье и пряники, увеличить хрупкость вафель.

2.2.4. Выбор эмульгатора для приготовления эмульсий

Раздел изложен по материалам [102, 146]. Эмульгирующее действие как ионогенных, так и неионогенных ПАВ тем эффективнее, чем лучше сбалансированы полярные и неполярные части молекулы эмульгатора между обеими фазами эмульсии. Это значит, что дифильная молекула эмульгатора должна обладать сродством как к полярным, так и неполярным средам. Только при этом условии молекулы эмульгатора не будут растворяться в какой-нибудь одной из фаз, а будут находиться на межфазной поверхности.

Природа эмульгатора определяет не только устойчивость, но и тип эмульсии. Гидрофильные эмульгаторы, лучше растворимые в воде, чем в углеводородах, способствуют образованию эмульсии типа М/В, а гидрофобные – лучше стабилизируют эмульсии типа В/М.

Как рассмотрено ранее, в зависимости от растворимости в воде эффективность действия эмульгатора характеризуют гидрофильно-липофильным балансом (ГЛБ). Эмульгаторы с числом ГЛБ в пределах 2-10 образуют эмульсии В/М, а с числом 12-18 – эмульсии М/В.

Имеется достаточное количество ПАВ самых различных классов с примерно одинаковой эмульгирующей способностью. Однако при выборе их следует учитывать физико-химические свойства всей системы и область применения эмульсии. Так, в кислой среде должны применяться катионактивные эмульгаторы, а в щелочной – анионактивные. Если в полярной фазе присутствует значительное количество солей, то лучше использовать неионогенные эмульгаторы, как и при колебаниях pH среды.

При выборе конкретного ПАВ прежде всего необходимо учесть тип эмульсии М/В или В/М, который определяется и геометрией молекулы и энергетикой се взаимодействия с фазами. Геометрические особенности

ПАВ можно выявить, построив или начертив модель молекулы по данным межмолекулярных и ван-дер-ваальсовых радиусов и валентных углов. Растворимость ПАВ в той или иной фазе можно оценить по коэффициенту K_p (Абрамзон А.А., Славин А.А., 1970):

$$K_p = e^{\frac{\sum \Delta E_0 - \sum \Delta E_B}{RT}}, \qquad (2.5)$$

где $\Sigma\Delta E_0$ и $\Sigma\Delta E_в$ – суммы свободных энергий взаимодействия групп в фазах.

Для расчета стабильности эмульсии можно задаться полупериодом ее жизни $T_{1/2} = 1/Kn_0$, где K – константа скорости коалесценции, n_0 – число капель в единице объема эмульсии в начальный момент.

Определив К, можно оценить свойства ПАВ по формуле (Шерман Ф. "Эмульсии", 1972)

$$K = Ze^{\frac{\Phi c/_{c-a} \cdot \frac{a}{V_к}}{RT}}, \qquad (2.6)$$

где Z и a – постоянные; Φ – работа адсорбции; c– концентрация ПАВ; $V_к$ – средний объем капли эмульсии.

Выбрав значения Z и "а" из табл. 2.17, зная К ,$V_к$ и Т по формуле (2.7), рассчитывается Ф. Кроме того, значение работы адсорбции можно определить по формуле Лэнгмюра:

$$\Phi = RT\ln(\Gamma/\delta c), \qquad (2.7)$$

где Г – адсорбция, моль/см^2; δ – толщина поверхностного слоя, равного 12Å.

Таблица 2.17. Значение Z и "а" концентрированных эмульсий [102]

Средний диаметр капли, м	Z, м^3 сек, число частиц	а, м^3
$1{,}35 \cdot 10^{-5}$	$0{,}5\ 10^{-21}$	$1{,}8 \cdot 10^{17}$
$1{,}35 \cdot 10^{-5}$	$1{,}0\ 10^{-18}$	$1{,}2 \cdot 10^{15}$
$1 - 3 \cdot 10^{3}$	$1{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}0 \cdot 10^{9}$

Работа адсорбции может служить критерием, позволяющим судить от эмульгирующей способности ПАВ. Предельным значением является

Φ_{min}≈4,0 ккал/моль, выше которого ПАВ стабилизирует эмульсию. Важным условием стабилизации является тесное расположение молекул на поверхности раздела фаз. Его можно характеризовать отношением Γ/Γ_{max} (Абрамзон А,А ., Славина З,Н.,1969) и определить по уравнению адсорбции Лэнгмюра:

$$\Gamma/\Gamma_{max} = \frac{C_0}{C_0 + a}, \qquad (2.8)$$

где Γ_{max} – предельная адсорбция; C_0 – начальная концентрация эмульгатора в воде.

Поскольку класс ПАВ уже выбран, остается найти число метиленовых групп в алифатической цепи:

$$n_M = \frac{\Phi}{\Phi n_M}, \qquad (2.9)$$

где Φn_M – работа адсорбции, приходящаяся на метиленовую группу, равная 0,24–0,29 ккал/моль [Абрамзон А.А., Славина З.Н., 1969].

При применении класса ПАВ, не указанного в табличных данных и растворимого только в водной фазе, можно с достаточным приближением принять (Абрамзон А.А, Беглецов В.В и др., 1972).

$$\Phi n_M = 1/2\,\Phi_{теор}, \qquad (2.10)$$

где $\Phi_{теор}$=0,84n – (50–σ)s_m, (2.11)

где n – число атомов водорода в алифатической цепи ПАВ;

s_m – площадь 1 г-моля ПАВ в монослое.

Соотношение между количеством дисперсной фазы и дисперсионной среды, как правило, задается целевым назначением эмульсии. Отсюда количество ПАВ определяется по формуле материального баланса (Абрамзон А.А., Беглецов В.В. и др., 1972):

$$G=C_0V_{непр}=\Gamma_{max}\cdot s+C_пK_pV_ф, \qquad (2.12)$$

где C_0 – концентрация ПАВ в непрерывной фазе до получения эмульсии; $C_п$ – предельная концентрация эмульгирования; s – поверхность эмуль-

сии по данным дисперсности или $V_к = V_ф/n$; $V_ф$ – объем дисперсной фазы; n – общее число капель эмульсии.

Предельную концентрацию эмульгирования можно ориентировочно рассчитать по формуле (Абрамзон А.А., Славина З.Н., 1969)

$$C_п=100a. \qquad (2.13)$$

Если необходимо знать, сколько заэмульгируется дисперсной фазы данным раствором ПАВ, то можно воспользоваться формулой (Абрамзон А.А., Славина З.Н., 1969):

$$S_\infty = \frac{CV_{непр.}}{\Gamma_{max}}, \qquad (2.14)$$

где S_∞ – предельная поверхность эмульсии.

В отличие от простых эмульсий М/В бисквитные эмульсии отличаются сложным химическим составом дисперсионной среды. Последняя включает до 10 наименований разнородного сырья: сахар, патоку, инвертный сироп, меланж, молоко, соль, гидрокарбонат натрия, карбонат аммония, пищевые фосфатиды и другие. При приготовлении эмульсии эти вещества входят в состав многокомпонентного водного раствора. Естественно, что названные вещества должны оказывать определенное влияние на процесс диспергирования, вязкость и устойчивость эмульсии, по характеру влияния их можно разбить на три группы:

1) сахара (сахароза, глюкоза, мальтоза, фруктоза, лактоза);

2) электролиты (минеральные вещества);

3) поверхностно-активные добавки (меланж, молоко, пищевые фосфатиды; гидрофильные липиды, декстрины).

Сахара повышают вязкость и поверхностное натяжение водных растворов, следовательно, замедляют процесс эмульгирования. В то же время в высоковязкой дисперсионной среде капелькам жира трудно приблизиться друг к другу, они как бы "замурованы" в непрерывной фазе и вероятность их столкновения низка.

При добавлении минеральных веществ (электролитов) на поверхности раздела фаз возникает электрический заряд. Если по знаку заряд дисперсной фазы совпадает с зарядом пленки ПАВ, то поверхностный потенциал

увеличится, следовательно, электролиты повышают устойчивость эмульсии. И наоборот, если заряд пленки ПАВ противоположен по знаку заряду капель масла, то присутствие электролитов снижает устойчивость эмульсии.

Поверхностно-активные добавки (меланж, молоко, декстрины) способствуют эмульгированию и повышают стойкость эмульсий, так как содержат естественные эмульгирующие вещества: яичный белок, казеин. Кроме того, декстрины повышают вязкость дисперсионной среды.

Состав сырья для приготовления бисквитных эмульсий весьма разнообразен, особенно по содержанию сахара, жира, молока и меланжа. По наличию в сырье естественных эмульгирующих веществ все рецептуры сахарного печенья можно условно разделить на 3 группы:

1) изделия, в которые добавляются молоко и меланж; 2) изделия, в которые добавляется меланж; 3) изделия без молока и меланжа.

Важными технологическими показателями эмульсий является температура и влажность, так как от их величины зависят температура и влажность готового теста. В свою очередь от температуры и влажности эмульсии зависят ее вязкость и устойчивость.

Температура эмульсии должна быть такой, чтобы обеспечить при замесе температуру теста в пределах 19–25 °С. При этом необходимо учитывать не только температуру окружающего воздуха в помещении цеха в разнос время года, но и колебания температуры муки и крахмала, а также влияние температуры на скорость и полноту растворения кристаллического сырья: сахара, соли, гидрокарбоната натрия и карбоната аммония.

Вязкость эмульсии данного состава в зависимости от температуры изменяется в значительных пределах. Так, для сорта "Фантазия" с большим содержанием жира при понижении температуры с 40 до 20 °С вязкость увеличивается с 0,4 до 5,6 Па·с, т.е. в 16 раз, что можно объяснить физическим состоянием жира.

Температура плавления столового маргарина находится в пределах 28-36 °С, следовательно, при температурах ниже 28 °С жир в эмульсии будет находиться в кристаллическом состоянии. Получить однородную эмульсию ниже температуры плавления жира невозможно, кроме того, такая эмульсия из-за высокой вязкости плохо дозируется.

Тесто для сахарного печенья в зависимости от сорта, качества муки и способов формования может готовиться влажностью 15-20 %. Соответственно при других равных условиях должна меняться и влажность эмульсии, которая влияет на ее вязкость и устойчивость.

Установлено, что эмульсии влажностью 20-23,5 %, что соответствует влажности теста 15-18 %, для первых двух групп рецептур являются устойчивыми. Следовательно, концентрация эмульгирующих веществ здесь достаточна для стабилизации эмульсии.

В эмульсиях первых двух рецептур при влажности 25 % наблюдается коалесценция в пределах 1,0-1,5 % за час. А в эмульсиях третьей группы рецептур без молока и меланжа коалесценция достигает 6-15 % за час. Таким образом, при одной и той же влажности устойчивость эмульсий для разных рецептур неодинакова.

От влажности эмульсий зависит их вязкость, что необходимо учитывать при дозировании эмульсии в тестомесильную машину. При температуре 35 °С и уменьшении влажности эмульсии с 23 до 20 % вязкость повышается от 1,0 до 1,7 Па·с.

Для получения устойчивых эмульсий вязкостью менее 1 Па·с используют эмульгаторы (в разных количествах по группам рецептур), отличающиеся разжижающей способностью. Для бисквитных эмульсий обычно применяют следующие эмульгаторы; яичный белок, гидрофильные липиды, Т-1, Т-2, пищевые фосфатиды и др.

Наиболее эффективное разжижающее действие вызывают гидрофильные липиды. При дозировке 1,0 % к массе эмульсии они уменьшают ее вязкость в 1,3 раза. Эмульгаторы Т-1, Т-2 и пищевые фосфатиды отличаются слабой разжижающей способностью. Поэтому для эмульсий разных групп рецептур изделий рекомендуется использовать смеси эмульгаторов, например, гидрофильных липидов и пищевых фосфатидов. Соотношения между ними могут изменяться в зависимости от влажности эмульсий, а дозировка – от присутствия молока и меланжа.

2.2.5. Применение эмульгаторов в технологии безглютеновых кексов из амарантовой муки

Одним из этапов производства кексов на химических разрыхлителях является сбивание масла с сахаром, а получаемое в результате тесто, по существу, представляет собой "пену". В ходе выпечки "пена" превращается в "губку" – систему, в которой все воздушные ячейки связаны, а пары и жидкости могут перемещаться по ее структуре. Стабильность воз-

душных пузырьков при росте температуры оказывает основное влияние на объем готового изделия.

Защитная пленка, образующаяся вокруг газовых пузырьков, может иметь различное происхождение. В образовании защитных пленок в "пене" взбитого теста может участвовать жир. Функциональные свойства жира в значительной степени зависят от формы кристаллов его твердой части [108].

Жиры, адсорбируясь на поверхности коллоидных частиц, ослабляют взаимную связь между ними и препятствуют проникновению влаги, увеличивая содержание жидкой фазы теста. Тесто становится более пластичным. Чем тоньше пленки жира и чем больше их в тесте, тем более пористую и хрупкую структуру имеют получаемые изделия. Поэтому жиры рекомендуют вводить в тесто в виде тонкодиспергированной эмульсии.

На качество изделий оказывают влияние химический состав жира и его физическое состояние. Жиры, вводимые в тесто в виде эмульсий, более стойки к окислительным процессам, что способствует длительному сохранению высокого качества продукции.

Для выработки мучных кондитерских изделий используют такие жиры как маргарин, сливочное масло, кулинарный жир [101].

Широкое применение в технологии мучных кондитерских изделий находят эмульгаторы, которые позволяют улучшить структуру мякиша изделий и их объем. Кроме того, внесение эмульгаторов позволяет экономить дорогостоящее сырье (яйца, жир), сократить продолжительность взбивания полуфабрикатов, продлить срок хранения готового изделия в результате замедления процесса черствения. Поэтому авторами [100] изучено влияние улучшителя кондитерского "Российский" и эмульгатора "Паста для сбивания" производства ОАО "Нижегородский масло-жировой комбинат" (ТУ 9145-358-00334623-2003) на показатели качества и срок сохранения свежести безглютеновых кексов из амарантовой муки.

Кондитерский улучшитель "Российский" состоит из моно- и диглицеридов жирных кислот (Е 471), эфиров полиглицерина и жирных кислот (Е 475), лецитина (Е 322) и водного раствора сахарозы. Улучшитель "Паста для сбивания" кроме моно- и диглицеридов жирных кислот (Е 471), эфиров полиглицерина и жирных кислот (Е 475) содержит также пропиленгликоль (Е 1520) и сорбат калия (Е 202).

Для определения влияния улучшителей на показатели качества безглютеновых кексов проводили пробные лабораторные выпечки.

Тесто готовили на основе муки, выработанной из амарантовой крупки, не подвергавшейся термообработке [99]: без улучшителей (контрольная проба 1), с добавлением улучшителя "Российского" в дозировке 1,5 % к массе теста при выводе из рецептуры 10 % сливочного масла и 10 % сахара (проба 2); при выводе из рецептуры 10 % сливочного масла, 10 % сахара и 20 % меланжа (проба 3); при выводе из рецептуры 20 % меланжа (проба 4), а также с добавлением эмульгатора "Паста для сбивания" в дозировке 1,5 % к массе теста при выводе из рецептуры 10 % сливочного масла и 10 % сахара (проба 5), при выводе из рецептуры 10 % сливочного масла, 10 % сахара и 20 % меланжа (проба 6), при выводе из рецептуры 20 % меланжа (проба 7).

Готовые изделия анализировали через 24 ч после выпечки по органолептическим (внешний вид, вкус, запах, состояние мякиша) и физико-химическим показателям (массовая доля влаги, крошковатость, удельная набухаемость, способность мякиша связывать воду).

Результаты анализа представлены в таблице 2.8. Они показывают, что вывод из рецептуры кексов 20 % меланжа (пробы 4 и 7) приводит к получению изделий с минимальным удельным объемом при максимальных значениях массовой доли связанной влаги, массовой доли влаги и удельной набухаемости.

Внесение 1,5 % улучшителя "Российского" при выводе из рецептуры 10 % сахара и 20 % меланжа (проба 3) и дополнительном выводе 10 % масла в случае использования "Пасты для сбивания" (проба 6) качество изделий аналогично контрольному образцу (проба 1).

Наилучшие показатели качества: максимальные удельный объем и крошковатость характерны для кексов проб 2 и 5, в которых при наличии улучшителей уменьшены на 10 % дозировки сахара и масла.

Таким образом, внесение 1,5 % улучшителей позволяет существенно экономить дорогостоящее сырье (сахар, масло, меланж) при достижении показателей качества аналогичных или лучше, чем у контрольного образца.

На следующем этапе работы исследовали изменение органолептических, физико-химических показателей, а также структурно-механических свойств кексов в процессе хранения в течение 25 сут. при температуре 20±2 °С.

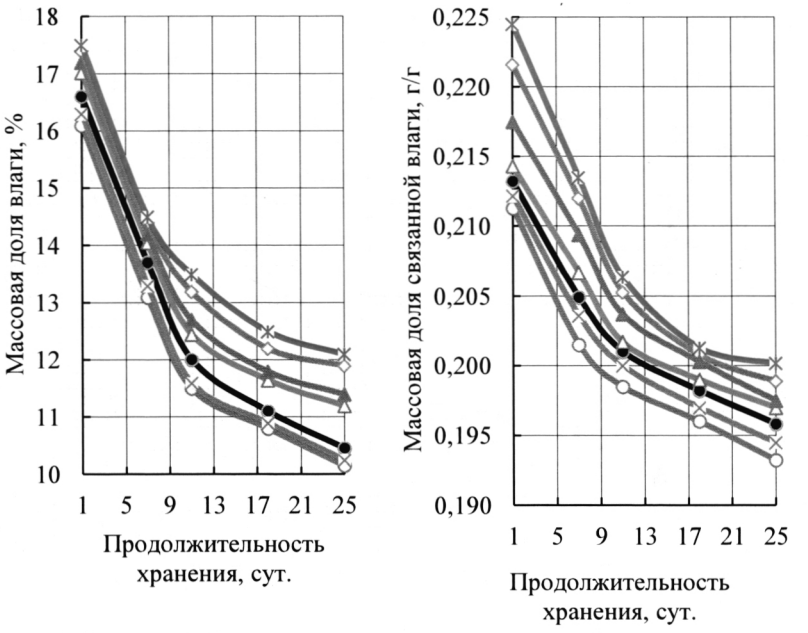
Изменение массовой доли влаги и массовой доли связанной влаги в процессе хранения кексов представлено на рис. 2.18.

Таблица 2.8. Показатели качества кексов

Наименование показателей	Характеристика показателей качества кексов проб:						
	1	2	3	4	5	6	7
Органолептические показатели:							
Окраска корки	коричневая						
Вкус и запах	свойственный данному виду изделия, без посторонних привкусов и запахов						
Состояние мякиша:							
липкость	не липкий, сухой на ощупь мякиш						
эластичность	хорошая		средняя		хорошая		средняя
вид в изломе	хорошо пропеченный, без следов непромеса, пористость равномерная тонкостенная						
цвет мякиша	песочный		светло-песочный		песочный		светло-песочный
Физико-химические показатели:							
Удельный объем, $см^3/100г$	2,69	2,74	2,70	2,58	2,78	2,73	2,61
Массовая доля влаги, %	16,50	17,18	16,20	17,30	17,21	16,33	17,45
Крошковатость, %	10,12	26,03	23,01	14,25	26,12	22,34	12,35
Массовая доля связанной влаги, г/г СВ	0,213	0,214	0,210	0,221	0,217	0,213	0,223
Удельная набухаемость, $см^3/г$ СВ	172,1	176,0	169,1	176,1	175,1	170,1	178,0

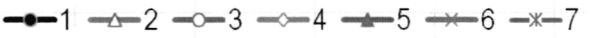
Установлено, что при хранении до 25 сут. массовая доля влаги изделий уменьшалась с разной интенсивностью и в пробе 1 снижение этого показателя составило 36,06 % относительно первоначального значения, в пробе 2 – 32,31 %, в пробе 3 – 36,79 %, в пробе 4 – 31,81 %, в пробе 5 – 33,24 %, в пробе 6 – 37,42 %, в пробе 7 – 30,55 %, т.е. максимальное изменение массовой доли влаги наблюдалось в пробе 6, а минимальное – в пробе 7.

Сохранение свежести кексов существенно зависит от прочности связывания влаги структурными компонентами входящего в рецептуру сырья. При хранении в изделии происходит сложный процесс ее перераспределения: вода из более прочносвязанного состояния переходит в менее



а) *б)*

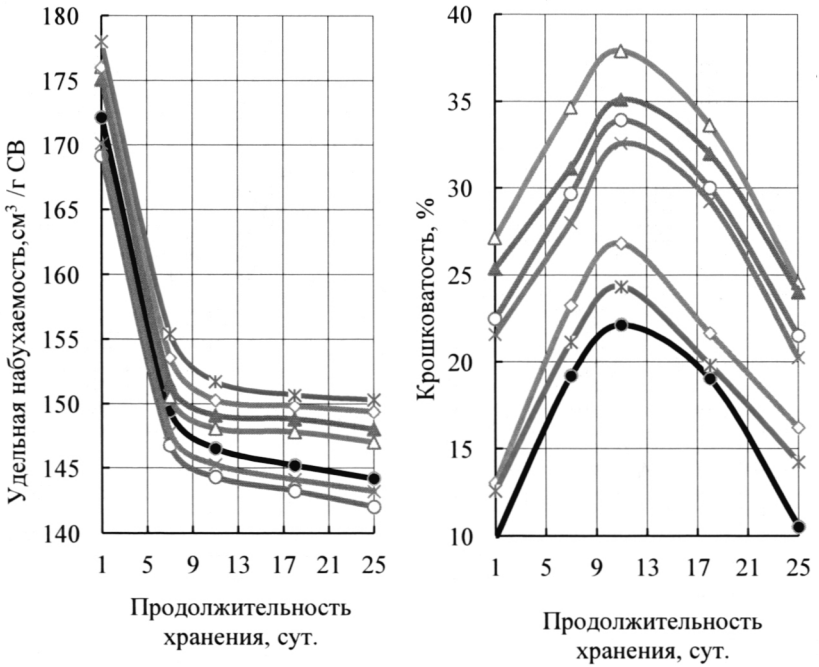
Рис. 2.18. Изменение массовой доли влаги (*а*) и массовой доли связанной влаги (*б*) в процессе хранения кексов:
1 – контрольная проба; 2-7 – опытные пробы



связанное. Полученные данные (рис. 2.18, б) показали, что содержание связанной влаги в мякише контрольной пробы 1 при хранении снижалось на 7,01 %; у проб 2, 3, 4, 5, 6 – на 8,75; 8,42; 10,68; 10,12; 8,56; 11,10 % соответственно.

Исследования выявили различия в степени снижения способности мякиша кексов к набуханию в процессе их хранения (рис. 2.19, а).

В контрольной пробе 1 удельная набухаемость за 25 сут. снижается на 16,23 %; у проб 2, 3, 4, 5, 6, 7 – на 16,52; 16,05; 15,16; 15,47; 15,83; 15,56 % соответственно.



а) *б)*

Рис. 2.19. Изменение удельной набухаемости (а) и крошковатости (б) мякиша кексов в процессе их хранения:
1– контрольная проба; 2-7 – опытные пробы

Из рисунка (2.19, б) видно, что крошковатость изделий при хранении кексов в течение 11 сут. увеличивалась, в контрольной пробе на 10,00 %; у проб 2, 3, 4, 5, 6, 7 – на 13,45; 12,80; 13,34; 8,00; 8,31, 11,43 % соответственно, а при дальнейшем хранении (от 11 до 21 сут.) происходит ее уменьшение.

На основании органолептических и физико-химических показателей качества кексов, полученных в процессе их хранения, установлено, что наилучшими показателями качества обладают опытные пробы 2 (с добавлением улучшителя "Российского" в дозировке 1,5 % к массе теста

при выводе из рецептуры 10 % сливочного масла и 10 % сахара) и 5 (с добавлением эмульгатора "Паста для сбивания" в дозировке 1,5 % к массе теста при выводе из рецептуры 10 % сливочного масла и 10 % сахара).

На производство безглютеновых кексов "Вдохновение" из амарантовой муки разработан комплект технической документации (ТУ 9136-124-02068108-2011, ТИ, РЦ), осуществлена промышленная апробация в условиях ОАО "Золотой колос" г. Воронежа (рис. 2.20), рассчитаны основные экономические показатели, получен патент РФ на изобретение [70].



Рис. 2.20 – Внешний вид безглютеновых кексов "Вдохновение" из амарантовой муки

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕЦИТИНОВ В ХЛЕБОПЕКАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

О заинтересованности на государственном уровне в обеспечении населения полезными для здоровья продуктами питания свидетельствуют утвержденные в 2010 г. "Основы государственной политики в области здорового питания населения на период до 2020 года" и принятая 14.06.2013 г. "Концепция обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения путём развития функционального и специализированного хлебопечения в Российской Федерации до 2020 года ("Хлеб – это здоровье")".

Ассортимент отечественных хлебобулочных изделий широк и разнообразен. По данным *ГНУ ГосНИИХП Россельхозакадемии*, на долю диетических хлебобулочных изделий приходится до 10–20 %, а в отдельных регионах всего 1–2 % от общего объема вырабатываемой продукции.

Техническим регламентом таможенного союза ТР ТС 027/2012 "О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания" вводится понятие *пищевой продукции диетического профилактического питания* – это специализированная пищевая продукция, предназначенная для коррекции углеводного, жирового, белкового, витаминного и других видов обмена веществ, в которой изменено содержание и (или) соотношение отдельных веществ относительно естественного их содержания, и (или) в состав которой включены не присутствующие изначально вещества или компоненты, а также пищевая продукция, предназначенная для снижения риска развития заболеваний.

Фосфолипиды относятся к незаменимым факторам питания. Они участвуют в регуляции обмена холестерина и способствуют его выведению. Оптимальное содержание фосфолипидов в рационе взрослого человека составляет 5-7 г/сутки [118]. По данным [117] лецитин отнесен к группе нутрицевтиков, с помощью которых возможно оказывать влияние на метаболические процессы в организме человека. В России действует ГОСТ 25832, в соответствии с которым диетические хлебобулочные изделия подразделяют в зависимости от назначения и среди них группа с повышенным содержанием лецитина: диетические отрубные хлебцы с лецитином, хлебцы «Геркулес», рекомендованные к употреблению при атеросклерозе, ожирении, заболевании почек, нервном истощении.

Для приготовления хлебцев диетических отрубных с лецитином в качестве источника лецитина применяют фосфатидные концентраты, получаемые из растительных масел. Они не только богаты лецитином, но и содержат более 50 % незаменимых жирных кислот, играющих важную роль в нормализации липидного обмена.

Хлебцы диетические отрубные с лецитином готовятся опарным способом. Отруби вносятся в опару, а фосфатидный концентрат в виде эмульсии – при замесе теста. Для приготовления эмульсии в фосфатидный концентрат добавляется вода температурой 50–65 °С в соотношении 1 : 1 или 1 : 1,5 и смесь взбивается в сбивальной машине в течение 10–15 мин до получения однородной эмульсии [126].

В Кубанском государственном тхнологическом университете разработаны рецептуры хлеба с добавлением пищевых подсолнечных фосфолипидов, которые обладают высокой биологической активностью и антиоксидантным действием, способствуют нормализации обменных процессов в организме человека. Данные изделия могут быть рекомендованы как иммуномодулирующее средство при сердечно-сосудистых патологиях, анемии, а также при ожирении, нарушениях работы желудочно-кишечного тракта, щитовидной и поджелудочной железы, при заболеваниях печени, почек и в качестве профилактического питания для лиц, подвергшихся радиоактивному облучению [132].

Однако роль лецитинов (фосфолипидов) в технологии хлеба отнюдь не ограничивается их физиологической пользой для организма человека. Это обусловлено их эмульгирующими свойствами.

Эмульгаторы используются в хлебопекарных улучшителях по ряду причин, в том числе: для регулирования контроля размера газовых пузырьков; для улучшения газоудерживающей способности; для повышения стабильности теста; для увеличения мягкости мякиша.

Каждый эмульгатор, разрешенный к применению в хлебопечении, способствует улучшению всех указанных характеристик теста и хлеба в большей или меньшей степени, в зависимости от свойств конкретного эмульгатора [108]. Наиболее часто применяют лецитины, эфиры глицерина и диацетилвинной и жирных кислот, стеароиллактилат натрия, моноглицериды жирных кислот.

При введении в рецептуру хлеба с целью его обогащения до 6 % сухого цельного или сухого обезжиренного молока происходит снижение качества

хлеба по отдельным показателям. Нивелировать отрицательное влияние добавки в этом случае возможно с помощью внесения лецитина [83, 84].

Наибольшее распространение среди фосфолипидов получил стандартный жидкий лецитин, положительное воздействие которого на качественные характеристики изделий было доказано еще в 50-х годах 20 века в трудах многих отечественных и зарубежных исследователей [103].

Фосфолипиды изначально входят в состав теста, так как являются частью липидного комплекса пшеничной муки. Они оказывают непосредственное влияние на объем и текстуру хлебобулочных изделий. Происходит это благодаря их способности к взаимодействию со структурными компонентами с образованием сложных комплексных соединений, играющих важную роль в формировании структуры полуфабрикатов и качества готового продукта [103].

Фосфатидные концентраты применяют в дозировке 0,3-1,0 % к массе муки. Технологический эффект: обогащение хлеба полиненасыщенными жирными кислотами; улучшение реологических свойств теста; увеличение срока сохранения свежести хлеба.

Концентраты фосфатидные (подсолнечные или соевые), используемые для приготовления жироводных эмульсий, введения жира в тесто, а также для смазки хлебных форм и листов, поступают на предприятия в барабанах, картонных навивных бочках, в банках и др. Хранят их в чистых, сухих, хорошо проветриваемых помещениях, защищенных от воздействия солнечных лучей и других источников тепла. Срок хранения пищевого фосфатидного концентрата высшего сорта – не более 6 мес., I и II сортов – не более 4 мес. со дня выработки.

В хлебопекарной промышленности ПАВ применяются самостоятельно или в составе комплексных улучшителей, т.е. совместно с другими улучшителями (окислительного действия, ферментными препаратами и др.), а также в составе различных композиций с жировыми продуктами, сахаром и другими рецептурными компонентами теста.

ПАВ, применяемые для улучшения качества хлеба, по химической природе, как правило, являются сложными эфирами. В их молекулу могут входить насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты с разной длиной углеродной цепи. С ее увеличением от десяти до восемнадцати углеродных атомов повышается эффективность ПАВ в тесте и хлебе. Эффект улучшающего действия ПАВ зависит также от величины ГЛБ. Лучшими для применения в хлебопечении являются ПАВ с ГЛБ от 6 до 14. Важным

свойством ПАВ, обусловливающим изменения свойств теста и качество хлеба, является их способность диссоциировать в водных растворах.

Исследованиями, проведенными в МГУПП, было показано, что при использовании пшеничной муки I сорта среднего хлебопекарного качества и неионогенных (моноглицеридов стеариновой кислоты), анионактивных (натриевая соль стеароилмолочной кислоты – стеароиллактилат), цвиттер- ионных (соевые и подсолнечные фосфатидные концентраты, содержащие фосфолипиды) в оптимальной дозировке 0,3-0,5 % от массы муки, наибольший улучшающий качество хлеба эффект достигается при добавлении анионактивных ПАВ. В таблице 3.1 приводятся средние результаты лабораторных выпечек хлеба, приготовленного опарным и безопарным способами, с добавлением 0,5 % различных видов ПАВ от массы муки.

Таблица 3.1. Влияние способа тестоприготовления на качество хлеба с добавлением 0,5 % ПАВ

Наименование показателей качества хлеба	Показатели качества хлеба, приготовленного с применение ПАВ							
	опарным способом				безопарным способом			
	Контроль	МГС*	СМК*	ФКС*	Контроль	МГС	СМК	ФКС
Удельный объем, $см^3/г$	3,85	3,73	4,27	3,95	3,3.7	4,17	4,40	3,85
Формоустойчивость (H/D)	0,45	0,50	0,52	0,49	0,46	0,45	0,43	0,45
Реологические свойства мякиша, ед. прибора								
$\Delta H_{общ}$	79	85	90	77	51...	88	99	86
$\Delta H_{пл}$	48	60	63	51	31	63	67	49
$\Delta H_{упр}$	31	25	27	26	20	25	32	37
Кислотность, град.	2,5	2,5	2,6	2,1	2,4	2,6	2,6	2,6
Влажность мякиша, %	41,0	41,5	41,7	40,8	42,8	42,6	42,4	42,0
Органолептическая оценка, балл	79	79	80	78	69	73	76	82

* МГС – дистиллированные моноглицериды стеариновой кислоты
СМК – стеароилмолочная кислота
ФКС – соевый фосфатидный концентрат

Наибольшее улучшение качества хлеба отмечалось при добавлении анионоактивных ПАВ. Несколько меньшим был эффект от внесения неионогенных ПАВ. Цвиттер-ионные ПАВ по своему действию занимали промежуточное положение.

На эффективность действия ПАВ оказывает влияние способ их внесения. ПАВ можно вносить как самостоятельно, так и совместно с жировыми продуктами, наличие которых повышает улучшающее влияние ПАВ. Работами МГУПП показано повышение эффективности применения ПАВ в составе жироводных эмульсий. Во многих зарубежных странах вносят ПАВ в составе жировых продуктов – шоренингов, а также в составе комплексных улучшителей.

Большим количеством исследований и практикой работы хлебопекарных предприятий ряда стран показано, что ПАВ замедляют черствение хлебобулочных изделий.

У нас в стране и за рубежом показана целесообразность применения ПАВ при производстве хлебобулочных изделий с добавлением белоксодержащего сырья (соевая мука, белковые изоляты, обезжиренное сухое молоко и др.). Добавление такого сырья часто ухудшает такие показатели качества хлеба как внешний вид, объем, свойства мякиша и др. При внесении совместно с ПАВ эти показатели улучшаются.

ПАВ оказывают влияние на реологические свойства теста. Неионогенные ПАВ снижают основные прочностные характеристики теста. При этом наибольшее влияние они оказывают на тесто из сильной муки. Анионактивные ПАВ упрочняют тесто из муки слабой и средней по силе. Цвиттер-ионные незначительно расслабляют тесто из муки любого хлебопекарного качества.

Исследованиями, проведенными в МГУПП, установлено, что добавление 0,5 % ПАВ в тесто из пшеничной муки увеличивает интенсивность окислительных процессов, сдвигая окислительно-восстановительный потенциал бродящего теста в сторону более окисленных условий.

Изменение качества хлеба, свойств теста с добавлением ПАВ исследователи Л.И Пучкова, Н.П. Козьмина, О.Г. Сидорова, Л.Л. Авдеева, Р. Хосни и др. Они объясняют их взаимодействием с основными структурными компонентами теста, в том числе с клейковиной и крахмалом.

При добавлении ПАВ замедляется клейстеризация крахмальной суспензии, увеличивается температура начала клейстеизации крахмала (в наибольшей степени при добавлении неионогенных ПАВ, в наимень-

шей – цвиттер-ионных). Снижается прочность и замедляется старение крахмальных студней. ПАВ замедляют гидратацию и ограничивают набухаемость крахмальных суспензий, снижают количество растворимых в воде фракций крахмала.

С помощью рентгеноструктурного анализа установлено, что ПАВ ослабляют связи между набухшими гранулами крахмала. В работах многих исследователей (О.Г. Сидорова, Х.И. Забел и др.) отмечается образование комплексов ПАВ с амилозной фракцией крахмала, которые препятствуют ее кристаллизации при остывании хлеба. Это приводит к повышению температуры клейстеризации крахмала, уменьшению набухаемости крахмальных зерен в процессе выпечки хлеба, к замедлению процесса ретроградации крахмала, а также миграции воды из мякиша в корку.

Вследствие этого хлеб с добавлением ПАВ обладает нежным, легко сжимаемым мякишем, образование комплексных соединений ПАВ с амилопектином затрудняет его коацервацию, способствуя более длительному сохранению свежести хлеба.

Все ПАВ воздействуют на свойства клейковины. Неионогенные и цвиттер-ионные ПАВ ослабляют клейковину. Анионактивные ПАВ укрепляют клейковину, повышают ее упругость и эластичность, уменьшают гидратацию.

Влияние ПАВ на свойства клейковины объясняется их взаимодействием с белковыми веществами муки и теста (Л.И. Пучкова, О.Г. Сидорова, В. Кнайтли, И.К. Фуллингтон и др.). Единой точки зрения на механизм взаимодействия ПАВ с белками муки у исследователей нет.

Сравнительно недавно высказано предположение об образовании в тесте различных типов химических связей между ПАВ, клейковиной и крахмалом. ПАВ влияют на активность ферментов муки и теста. Они снижают активность α-амилазы и сдвигают температурный оптимум ее действия на 5-10 °С в сторону более низких температур, повышают активность β-амилазы.

В научно-технической литературе (И.М. Грачева, А.Ю. Кривова) приводятся сведения о том, что добавление в среду ПАВ увеличивает продуцирующую способность микроорганизмов. Введение ПАВ способствует повышению клеточной проницаемости. Они влияют на транспорт питательных веществ внутри клетки и секрецию из нее, что приводит к возрастанию продуктивности клеток и повышению уровня биосинтеза внеклеточных ферментов.

Запатентован способ изготовления теста для хлебобулочных изделий [44], который осуществляют замешиванием горячей водой пшеничной муки при соотношении мука : вода от 1,0 : 1,1 до 1,0 : 1,2 с образование первичной заварной массы с температурой 62-65 °С. Затем в полученную массу вносят фосфолипидную композицию и далее охлаждают и окисляют продувкой воздухом при последовательном прохождении перемешиваемой заварной массой стадий клейстеризации, осахаривания, ферментации и гомогенизации в машине для заваривания непрерывного действия. После этого получают текучий заварной фосфолипидный полуфабрикат, который по охлаждаемой трубе направляют с влажностью 58-59 % и температурой 27-29 °С в тестомесильную машину на замес теста. Причем фосфолипидную композицию вносят путем ее безвоздушного распыления на поверхность заварной массы с последующим непрерывным перемешиванием и гомогенизацией вплоть до подачи заварного фосфолипидного полуфабриката на замес теста. Способ позволяет изготавливать тесто с предельной влажностью и вырабатывать хлебобулочные изделия с длительным сроком сохранения начальной свежести и превосходящим уровнем потребительских свойств.

Влияние того или иного коммерческого препарата лецитина на свойства теста и качество хлебобулочных изделий зависит, в первую очередь, от состава конкретного препарата, обусловливающего его технологические свойства. В работе [128] показано, что в составе рапсовых лецитинов присутствуют в значительных количествах кислые формы фосфолипидов, а именно фосфатидилсенрины и фосфатидные кислоты (более 27 %), которые обладают способностью взаимодействовать с аминогруппами белка клейковины муки. Присутствие в лецитинах ненасыщенных жирных кислот, макро- и микроэлементов способствует интенсификации процесса брожения. Благодаря наличию в рапсовых лецитинах токоферолов (витамин Е) и β-ситостеролов (провитамин D) они способны обогатить хлебобулочные изделия указанными физиологически функциональными ингредиентами. Эффективность внесения рапсовых лецитинов в пшеничное тесто с целью повышения «силы» муки, т.е. повышения упругости клейковины, не уступает эффективности внесения подсолнечных лецитинов, что, вероятно, объясняется более высокой способностью рапсовых лецитинов вступать во взаимодействие с аминогруппами клейковинных белков муки. Например, при введении 1 % подсолнечного лецитина в тесто из пшеничной муки с исходной упругостью клейковины 90 ед.

прибора ИДК, этот показатель уменьшился до 80 ед. прибора ИДК, а при введении 1 % рапсового лецитина – до 78 ед. прибора ИДК.

Внесение лецитина способствует повышению газообразующей способности (ГОС) пшеничной муки, при этом эффективность при внесении рапсовых лецитинов выше, чем при внесении подсолнечных лецитинов: при введении 1 % лецитина ГОС составила 1250-1275 $см^3$ CO_2 и 1300-1325 $см^3$ CO_2 соответственно для подсолнечного и рапсового лецитина.

На основании полученных данных авторы [128] делают вывод, что рапсовые лецитины являются эффективными улучшителями хлебопекарных свойств муки и могут быть рекомендованы для применения в производстве хлебобулочных изделий не только как улучшители, но и как рецептурный компонент, способный повысить физиологическую ценность продукта, благодаря содержанию фосфолипидов, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов.

Изучена возможность применения рисового масла в технологии хлеба [57, 114]. Дозировка рисового масла 4 % к массе муки позволяет получать продукцию высокого качества, обогащенную антиоксидантами, длительное время сохраняющую свежесть. Положительный эффект достигается, в том числе, благодаря наличию в масле из рисовых отрубей фосфолипидов [114].

Применение лецитина в дозировке 2 % эффективно для улучшения органолептических характеристик хлебобулочных изделий из смеси пшеничной муки и муки киноа [164].

Запатентована композиция заменителя яиц, применяемая при производстве хлебобулочных изделий, которая содержит в пересчете на сухое вещество, мас.%: белка 35-85, растительного масла – 10-50; стеароил-лактилата – 0,5-5; углеводов – 0,5-15 и растительный лецитин в количестве до 3 мас.% (в пересчете на фосфатиды). При этом белок состоит из соевого белка (не менее 50 мас.%) и яичного белка [43]. Данная композиция предназначена для замены части или всех яиц или яичного порошка в рецептурах хлебобулочных изделий. Важной целью служит снижение содержания холестерина в изделиях за счет исключения яичного желтка. Массовая доля влаги в композиции может колебаться в широких пределах: от 1 до 84 %, что отражается на сроках и условиях ее хранения.

Разработан способ приготовления хлебобулочного изделия, включающий получение опары из части муки, воды и дрожжей, брожение опары, последующее получение теста путем смешивания оставшейся части

муки, всего количества опары, соли и воды, его брожение, разделку, расстойку и выпечку тестовых заготовок. При получении теста перед смешиванием при 29-32 °С вводят фосфолипиды растительные пищевые, полученные путем гидратации нерафинированного растительного масла в зоне воздействия переменного вращающегося поля с магнитной индукцией 0,20-0,40 Тл, обработки в зоне постоянного электромагнитного поля с магнитной индукцией 0,5-0,9 Тл и сушки при 55-70 °С, в количестве 5-10 % к массе муки. Фосфолипиды растительные пищевые вводят в виде водно-жировой эмульсии при соотношении фосфолипидов растительных пищевых и воды 1 : 1,5 – 1 : 4,0 соответственно. Предусмотрено приготовление водно-жировой эмульсии фосфолипидов растительных пищевых при 80-90 °С при перемешивании фосфолипидов растительных пищевых и воды в тонкой вращающейся по спирали пленке толщиной 0,1-0,2 мм при давлении 150-200 кг/м^3 или при 50-60 °С при перемешивании в зоне вращающегося переменного поля с магнитной индукцией 0,2-0,5 Тл в тонкой пленке 1,0-1,5 мм при частоте вращения поля 50 с$^{-1}$. При этом улучшается качество хлебобулочного изделия за счет улучшения его органолептических и физико-химических показателей, повышается пищевая ценность, а также срок хранения хлебобулочного изделия [10].

Известен способ приготовления хлебобулочного изделия опарным способом, предусматривающий внесение смеси фосфолипидов, воды и виноградного порошка на стадии замеса теста. Виноградный порошок получают из виноградных семян путем измельчения в две стадии, на первой из которых семена подвергают дроблению, а на второй – тонкому измельчению в пленке толщиной 0,1-2,0 мм при температуре 40-60 °С и скорости потока 0,3-0,5 м/с. Соотношение виноградный порошок – фосфолипиды – вода составляет (1,0:1,5:1,5) – (1,5:2,5:4,0), при этом количество виноградного порошка составляет 4-10 мас.%, а количество фосфолипидов – 5-10 мас.% [12].

Эффективно регулировать хлебопекарные свойства пшеничной муки, а именно увеличивать ее "силу" и газообразующую способность, могут подсолнечные лецитины олеинового типа, полученные по инновационной технологии [105], позволяют, что объясняется высокой способностью фосфолипидов, содержащихся в лецитинах, к связыванию с белками клейковины пшеничной муки и высоким содержанием в составе лецитинов минеральных веществ. Выявлено положительное влияние подсолнечных лецитинов олеинового типа, полученных по инновационной тех-

нологии, на качество, пищевую ценность и сохраняемость хлебобулочных изделий. Хлебобулочные изделия с введением подсолнечных лецитинов олеинового типа, полученных по инновационной технологии, можно позиционировать как пищевые продукты функционального назначения.

Исследование влияния подсолнечных лецитинов олеинового типа на хлебопекарные свойства пшеничной муки и структурно-механические свойства теста [105]. Одним из важных показателей, позволяющих оценить хлебопекарные свойства пшеничной муки, является ее «сила», характеризующаяся значением упругости клейковины, поэтому изучали влияние подсолнечных лецитинов олеинового типа на указанный показатель.

Учитывая, что ранее была показана эффективность применения в качестве БАД подсолнечных лецитинов линолевого типа, для сравнения были взяты указанные лецитины. Отмечено, что внесение подсолнечных лецитинов в муку позволяет повысить упругость клейковины (наблюдается снижение значений упругости клейковины в ед. пр. ИДК), при этом наиболее значимый эффект достигается при внесении подсолнечных лецитинов олеинового типа, по сравнению с подсолнечными лецитинами линолевого типа. Кроме того, с увеличением количества вносимых в муку лецитинов до 5 % к ее массе наблюдается повышение упругости клейковины муки, дальнейшее увеличение дозировки лецитина более 5 % не приводит к повышению достигнутого эффекта.

В табл. 3.2 приведены данные по влиянию исследуемых лецитинов на содержание связанных липидов в клейковине муки.

На рис. 3.1 приведена графическая интерпретация результатов исследования влияния лецитинов на степень связывания липидов с белками клейковины муки.

Из приведенных данных видно, что большее количество связанных липидов, а также более высокая степень связывания липидов отмечена при взаимодействии клейковины муки с липидами, содержащимися в подсолнечных лецитинах олеинового типа, при этом, с увеличением их дозировки увеличивается и содержание связанных липидов в клейковине.

Более высокая степень связывания липидов, содержащихся в лецитинах олеинового типа, с белками клейковины муки по сравнению с этим показателем для липидов, содержащихся в лецитинах линолевого типа, объясняется более высоким содержанием в лецитинах олеинового типа

Таблица 3.2. Влияние лецитинов на содержание связанных липидов в белке клейковины муки

Образец клейковины	Дозировка лецитинов, % к массе муки	Содержание липидов, % на С.В. клейковины		
		общее	свободных	связанных
Контроль	-	1,35	-	1,35
Из муки с внесением подсолнечных лецитинов олеинового типа	1	5,05	0,20	4,85
	2	10,63	0,48	10,15
	3	17,46	0,81	16,65
	4	25,49	0,99	24,50
	5	32,10	1,15	30,95
	6	37,98	1,23	36,75
Из муки с внесением подсолнечных лецитинов линолевого типа	1	4,55	0,30	4,25
	2	8,92	0,62	8,30
	3	14,50	0,90	13,60
	4	21,42	1,12	20,30
	5	26,40	1,30	25,10
	6	30,90	1,35	29,55



Рис. 3.1. Влияние лецитинов на степень связывания липидов с белками клейковины муки:
1 – подсолнечные лецитины линолевого типа;
2 – подсолнечные лецитины олеинового типа

фосфатидных кислот и фосфатидилсеринов, обладающих кислотными свойствами и активно взаимодействующих с аминогруппами белка клейковины муки. В результате такого взаимодействия происходят конформационные изменения молекул белка, приводящие к более «плотной» их упаковке.

Наряду с этим, более высокая степень связывания липидов, содержащихся в подсолнечных лецитинах олеинового типа, объясняется также более высокой способностью к связыванию с молекулами белка ацилов олеиновой кислоты, содержащихся в значительном количестве в лецитинах олеинового типа, по сравнению с ацилами линолевой кислоты, содержащейся в лецитинах линолевого типа.

Вторым немаловажным показателем, характеризующим хлебопекарные свойства пшеничной муки, является ее газообразующая способность, учитывая это, изучали влияние исследуемых лецитинов на указанный показатель (рис. 3.2).

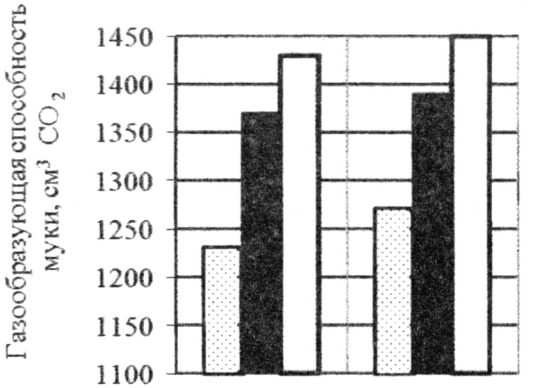


Рис. 3.2. Влияние количества лецитинов (5 % к массе муки) на газообразующую способность муки:

– без внесения лецитинов (контроль);

– с внесением лецитинов линолевого типа;

– с внесением лецитинов олеинового типа

1 – мука с исходной газообразующей способностью 1230 см³ CO_2;

2 – мука с исходной газообразующей способностью 1270 см³ CO_2

Из данных, приведенных на диаграмме видно, что внесение подсолнечных лецитинов олеинового типа, полученных по инновационной технологии, в муку приводит к увеличению газообразующей способности муки по сравнению с контролем и по сравнению с подсолнечными лецитинами линолевого типа. Это можно объяснить более высоким содержанием в подсолнечных лецитинах олеинового типа минеральных веществ, оказывающих положительное влияние на газообразующую способность муки, благодаря комплексному воздействию электромагнитных и химических факторов, что приводит к увеличению степени гидратируемости фосфолипидов и соувлечению минеральных веществ.

Учитывая положительное эффективное влияние подсолнечных лецитинов олеинового типа на хлебопекарные свойства пшеничной муки, на следующем этапе изучали их влияние на структурно-механические свойства теста, которое готовили безопарным способом (рис. 3.3 и 3.4).

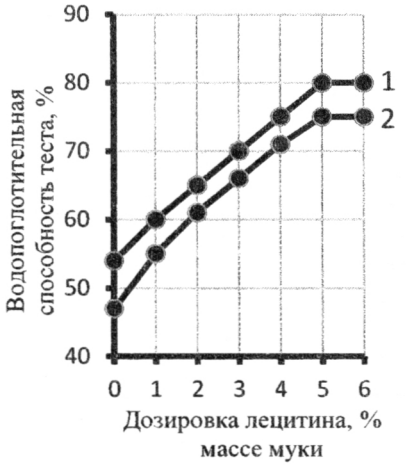


Рис. 3.3. Влияние подсолнечных лецитинов олеинового типа на водопоглотительную способность теста, полученного из муки:
1 – образец 1; 2 – образец 2

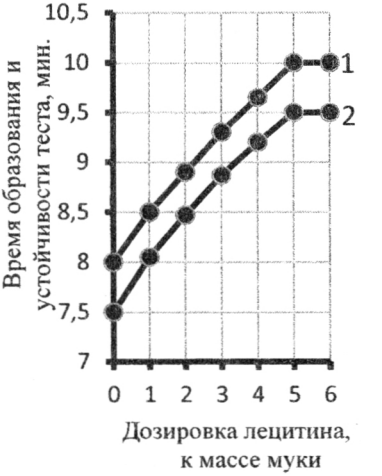


Рис. 3.4. Влияние подсолнечных лецитинов олеинового типа на время образования и устойчивости теста, полученного из муки:
1 – образец 1; 2 – образец 2

Показано, что внесение подсолнечных лецитинов олеинового типа, полученных по инновационной технологии, в муку в количестве 5-6 % к ее массе обеспечивает высокие структурно-механические свойства теста, что можно объяснить высокой влагоудерживающей способностью и поверхностной активностью лецитинов.

Известно, что на качество готового хлебобулочного изделия в значительной степени влияет способ приготовления теста, поэтому необходимо было обосновать выбор эффективного способа приготовления теста.

Обоснование выбора эффективного способа приготовления теста с внесением подсолнечных лецитинов олеинового типа [105]. Для выбора эффективного способа приготовления теста подсолнечные лецитины в количестве 5 % к массе муки вносили в тесто, которое готовили безопарным, одностадийным ускоренным и опарными способами (на обычной и большой густой опарах). Предварительными опытами было установлено, что лецитины эффективно вносить в тесто в виде эмульсии в воде при температуре 40 °С и соотношении лецитины : вода, равном 1:2.

В табл. 3.3 приведены данные по влиянию подсолнечных лецитинов олеинового типа, полученных по инновационной технологии, на качество хлеба при различных способах приготовления теста.

Таблица 3.3. Влияние подсолнечных лецитинов олеинового типа на качество хлеба при различных способах приготовления теста

Наименование показателя	Значение показателя при способе приготовления			
	однофазный ускоренный	безопарный	на густой опаре	на большой густой опаре
Удельный объем, $см^3/100г$	320	350,0	420	425
Формоустойчивость подового хлеба, Н/Д	0,50	0,55	0,60	0,60
Пористость, %	74	76	80	80
Деформация мякиша, ед. АП-4/2:				
$\Delta H_{общ}$	100	100	120	120
$\Delta H_{пл}$	80	80	95	95
$\Delta H_{упр}$	20	20	25	25

Показано, что более высокие показатели качества имеет хлеб, полученный из теста, приготовленного опарными способами.

Учитывая, что лецитины олеинового типа являются поверхностно-активными веществами, оказывающими влияние на эффективность протекания технологических стадий процесса приготовления теста, и в их составе содержатся минеральные вещества, способствующие интенсификации процесса брожения, изучали влияние лецитинов на продолжительность брожения теста, а также на продолжительность предварительной и окончательной расстойки тестовых заготовок.

Эффективность влияния лецитинов на продолжительность брожения теста оценивали, определяя изменение его кислотности в процессе брожения (рис. 3.5).

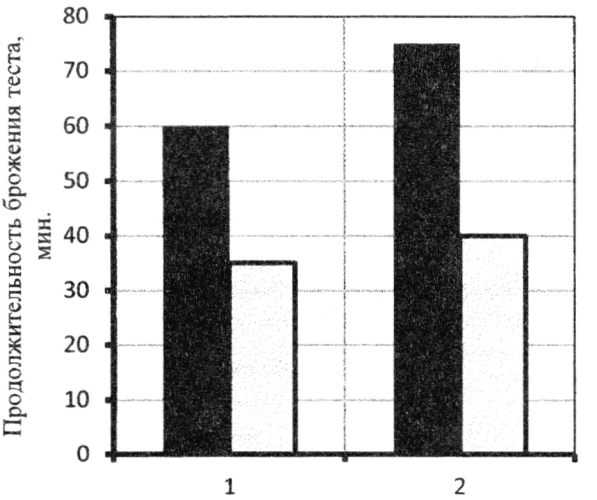


Рис. 3.5 – Влияние подсолнечных лецитинов на продолжительность брожения теста, полученного из муки:
1 – образец 1; 2 – образец 2
– контроль (без внесения лецитинов);
– с внесением подсолнечных лецитинов олеинового типа

Показано, что внесение в тесто лецитинов подсолнечных масел олеинового типа позволяет сократить продолжительность брожения тес-

та на 25-35 мин по сравнению с контролем, что объясняется достаточно высокими поверхностно-активными свойствами лецитинов, благодаря которым азотистое питание более доступно дрожжам, а также высоким содержанием в лецитинах подсолнечных масел олеинового типа минеральных веществ.

Влияние подсолнечных лецитинов олеинового типа на продолжительность предварительной и окончательной расстоек тестовых заготовок определяли органолептическим методом по достижению ими необходимого объема. Результаты органолептической оценки показали, что внесение подсолнечных лецитинов олеинового типа позволяет сократить продолжительность предварительной расстойки на 5 мин, а окончательной – на 10 мин по сравнению с контролем.

Разработка рецептуры и технологических режимов производства хлеба, обогащенного лецитинами подсолнечных масел олеинового типа [105]. Проведенные исследования позволили разработать рецептуру хлеба (табл. 3.4). Для сравнения в табл. 3.4 приведена рецептура хлеба без внесения лецитинов и рецептура хлеба «Солнечный» с внесением подсолнечных лецитинов линолевого типа.

Таблица 3.4. Рецептуры хлеба, обогащенного подсолнечными лецитинами

Наименование сырья	Расход сырья, кг, на производство хлеба		
	без лецитинов (контроль)	«Солнечный»	разработанный
Мука пшеничная хлебопекарная I сорта	100,00	100,00	100,00
Дрожжи хлебопекарные прессованные	1,50	1,50	1,50
Соль поваренная пищевая	1,50	1,50	1,50
Подсолнечные лецитины линолевого типа	отсутствуют	6,00	отсутствуют
Подсолнечные лецитины олеинового типа	отсутствуют	отсутствуют	5,00

В производственных условиях научно-производственной фирмы «Новтэкс» были проведены опытные выпечки разработанного хлеба по уточненным технологическим режимам. Установлено, что внесение под-

солнечных лецитинов олеинового типа позволяет сократить продолжительность технологического процесса, а также снизить величину упека на 2,5 %. На основании проведенных исследований разработан комплект технической документации, включающий технические условия, рецептуру и технологическую инструкцию на производство хлеба с внесением подсолнечных лецитинов олеинового типа.

Исследование потребительских свойств хлеба, обогащенного подсолнечных лецитинами олеинового типа [105]. В табл. 3.5 приведены органолептические и физико-химические показатели разработанного хлеба в сравнении с хлебом "Солнечный". Показано, что разработанный хлеб по органолептическим и физико-химическим показателям не уступает контрольному образцу – хлебу "Солнечный", а по показателям пористость и удельный объем превосходит контрольный образец.

Таблица 3.5. Органолептические и физико-химические показатели хлеба

Наименование показателя	Характеристика и значение показателя	
	Хлеб "Солнечный"	Хлеб разработанный
Внешний вид	Форма продолговатоовальная, не расплывчатая, без притисков и боковых выплывов. Поверхность гладкая, без трещин. Окраска корки равномерная, соответствующая пропеченному хлебу	
Состояние мякиша	Мякиш пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный, без комочков и следов непромеса. Пористость развитая, без пустот. После легкого надавливания пальцем мякиш принимает первоначальную форму	
Вкус и запах	Свойственные, без посторонних привкусов и запахов	
Удельный объем, $см^3/100г$	395	420
Формоустойчивость подового хлеба, Н/Д	0,55	0,60
Пористость, %	78	80
Деформация мякиша, ед. АП-4/2:		
$\Delta H_{общ}$	115	120
$\Delta H_{пл}$	95	95
$\Delta H_{упр}$	20	25

Учитывая, что свежесть хлеба в процессе хранения может быть оценена по изменению структурно-механических свойств мякиша, определяли изменение общей деформации мякиша хлеба через 24 и 48 ч хранения хлеба. Установлено, что мякиш хлеба с внесением подсолнечных лецитинов олеинового типа, полученных по инновационной технологии, при хранении в течение 48 ч имеет достаточно высокую степень деформации и черствеет медленнее, чем хлеб с внесением подсолнечных лецитинов линолевого типа, что обусловлено более выраженными влагоудерживающими и антиокислительными свойствами подсолнечных лецитинов олеинового типа. Для подтверждения физиологической ценности хлеба, полученного по разработанным условиям с включением в рецептурный состав лецитинов олеинового типа, были проведены исследования химического состава и пищевой ценности. В табл. 3.6 приведен химический состав и пищевая ценность разработанного хлеба.

Таблица 3.6. Химический состав и пищевая ценность хлеба [105]

Наименование физиологически функционального ингредиента	Содержание физиологически функционального ингредиента	
	Контроль (без внесения лецитинов)	Хлеб разработанный
Витамин Е, мг/100г	1,10	3,80 – 4,40
β-ситостерол (провитамина Д), мг/100г	отсутствие	13,50 – 14,05
Фосфолипиды, г / 100 г	0,14	3,35 – 3,50
Полиненасыщенные жирные кислоты, г/100г	0,37	1,10 – 1,15
Макроэлементы, мг/100г:		
калий	125,00	151,00 – 153,10
кальций	26,10	59,00 – 60,15
магний	34,90	53,00 – 54,50
фосфор	80,10	207,10 – 210,00
Микроэлементы, мг/100г: железо	1,58	2,10 – 2,20

Показано, что разработанный хлеб является продуктом, имеющим высокую пищевую ценность, так как в его составе содержатся в большем количестве физиологически функциональные ингредиенты. Установлено, что потребление 300 г в сутки разработанного хлеба позволит удовле-

творить на 10–50 % суточную потребность в физиологически функциональных ингредиентах: фосфолипидах, полиненасыщенных жирных кислотах, витамине Е, провитамине D, а также в минеральных веществах – фосфоре и железе.

Проведенные исследования подтвердили, что разработанный хлеб, обогащенный подсолнечными лецитинами олеинового типа, является продуктом функционального назначения.

Таким образом, комплекс проведенных исследований показал целесообразность применения подсолнечных лецитинов олеинового типа, полученных по инновационной технологии, для создания и регулирования заданных потребительских свойств пищевых продуктов функционального назначения, в частности, хлеба [105].

3.1. Улучшенные виды маргарина для производства хлеба

При приготовлении хлебобулочных изделий широко применяются разнообразные жировые продукты. Они повышают пищевую ценность хлебобулочных изделий, способствуют улучшению физико-химических и органолептических показателей качества и сохранению свежеет и процессе хранения. Используемый в хлебопекарной промышленности маргарин не всегда отвечает требованиям производства. В ряде стран производят специальные жировые продукты для хлебопекарной отрасли шортенинги, пекарские компаунды и др. Для улучшения качества хлеба они содержание повышенное количество эмульгаторов (в десятки раз больше, чем требуется для создания устойчивой маргариновой эмульсии) [152].

Работы по созданию специального промышленного маргарина ведутся давно, как в нашей стране, так и за рубежом. Профессором Л.И Пучковой были проведены работы по изучению влияния на качество хлеба совместного внесения жировых продуктов с добавлением 0,25-1,0 % к массе муки какого-либо из поверхностно-активных веществ (фосфатиды, моноглицериды, дистеараты полиглицерина, эфиры пропиленгликоля и высших жирных кислот) или их смеси. С.К. Антроповой и И.Б. Чекмаревой исследовались жировые композиции с эфирами моноглицеридов и диацетил винной кислоты для хлебобулочных изделий. Н.А. Леонтьевой разработаны комплексные пищевые добавки с лецитином для приготов-

ления хлебобулочных изделий. В сравнении с широко распространенными видами маргарина применение таких жировых продуктов более эффективно для обеспечения наилучшего качества готовой продукции [152].

Применение в хлебопекарном производстве высокоэффективных современных импортных шортенингов ограничено в связи с их высокой стоимостью. Завод пищевых ПАВ Нижегородского масложирового комбината вырабатывает широкий спектр пищевых эмульгаторов для производства маргарина различных видов, жирности и функционального назначения. Применение их позволяет создать маргарин с заданными функциональными свойствами, обеспечивающими высокое качество хлебобулочных изделий [152].

В таблице 3.7 приведена характеристика некоторых наименований маргаринов, выпускаемых ОАО "Нижегородский масложировой комбинат", в состав которых входит лецитин.

Таблица 3.7. Характеристика некоторых маргаринов ОАО "Нижегородский масложировой комбинат" (http://www.nmgk.ru)

Наименование	Общее назначение	Состав
Маргарины для песочного теста: М520	Универсальный маргарин для слоеного теста М520 придает слоение при изготовлении дрожжевого и бездрожжевого теста, обеспечивает четкое разделение слоев и высокий подъем изделия	Масла растительные рафинированные дезодорированные: пальмовое и его фракции, в том числе модифицированные, подсолнечное, вода, эмульгаторы (Е471, Е475, Е322), соль, регулятор кислотности (лимонная кислота), консервант (сорбат калия), ароматизатор, красители (Е100, Е160b)
М524	Универсальный маргарин М524 предназначен для изготовления дрожжевого и бездрожжевого слоеного теста, обеспечивает четкое разделение слоев и высокий подъем изделия	Масла растительные рафинированные дезодорированные: пальмовое и его фракции, в том числе модифицированные, подсолнечное, вода, эмульгаторы (Е471, Е475, Е322), соль, регулятор кислотности (лимонная кислота), консервант (сорбат калия), ароматизатор, красители (Е100, Е160b)

Продолжение табл. 3.7

Наименование	Общее назначение	Состав
М526	Предназначен для изготовления слоеного дрожжевого теста, также применяется для производства бездрожжевых слоеных изделий, имеющих слабый подъем: ушки, муфточки и т.д.), подходит для всех типов выпечки, подвергающейся шоковой заморозке	Масла растительные рафинированные дезодорированные: пальмовое и его фракции, в том числе модифицированные, подсолнечное, вода, эмульгаторы (Е471, Е475, Е322), соль, регулятор кислотности (лимонная кислота), консервант (сорбат калия), ароматизатор, красители (Е100, Е160b)
М527	Маргарин для слоеного теста М527 предназначен для обеспечения слоения при изготовлении круассанов, а также для придания слоения при изготовлении дрожжевого и бездрожжевого теста, рекомендуется для выработки слоеных изделий, подвергающихся шоковой заморозке	Масла растительные рафинированные дезодорированные: пальмовое и его фракции, в том числе модифицированные, подсолнечное, вода, эмульгаторы (Е471, Е475, Е322), соль, регулятор кислотности (лимонная кислота), консервант (сорбат калия), ароматизатор, красители (Е100, Е160b)
М560	Маргарин М560 с массовой долей жира 60 % предназ-начен для придания слоения при изготовлении дрожжевого и бездрожжевого теста, обеспечивает четкое разделение слоев и высокий подъем изделия. Обладает функциональными свойствами, аналогичными традиционному маргарину 82 % жирности	Масла растительные рафинированные дезодорированные: пальмовое и его фракции, в том числе модифицированные, подсолнечное, вода, эмульгаторы (Е471, Е475, Е322), соль, регулятор кислотности (лимонная кислота), консервант (сорбат калия), ароматизатор, красители (Е100, Е160b)

Продолжение табл. 3.7

Наименование	Общее назначение	Состав
М570	Маргарин для слоеного теста М570 с пониженным содержанием жира (70 %) предназначен для придания слоения при изготовлении дрожжевого и бездрожжевого теста, обеспечивает четкое разделение слоев и высокий подъем изделия. Обладает функциональными свойствами, аналогичными традиционному маргарину 82 % жирности	Масла растительные рафинированные дезодорированные: пальмовое и его фракции, в том числе модифицированные, подсолнечное, вода, эмульгаторы (Е471, Е475, Е322), соль, регулятор кислотности (лимонная кислота), консервант (сорбат калия), ароматизатор, красители (Е100, Е160b)
«Универсальный» М671/М672	Маргарин «Универсальный» предназначен для приготовления спредов методом холодного смешения, а также для приготовления кулинарных, мучных, кондитерских и хлебобулочных изделий в домашних условиях и сети общественного питания, для промышленного производства мучных кондитерских и хлебобулочных изделий	Дезодорированные растительные масла (в том числе модифицированные), вода, эмульгаторы (Е471), лецитин, консервант (сорбат калия), регулятор кислотности (кислота лимонная), краситель (Е100, Е160b)
«Универсальный» М623	Маргарин «Универсальный» предназначен для промышленного применения для приготовления кулинарных, мучных, кондитерских и хлебобулочных изделий	Дезодорированные растительные масла (в том числе модифицированные), вода, эмульгатор (Е471, лецитин), консервант (сорбат калия), ароматизатор идентичный натуральному «Масло», регулятор кислотности (кислота лимонная), краситель (Е100, Е160b).

Продолжение табл. 3.7

Наименование	Общее назначение	Состав
«Универсальный» М622	Маргарин «Универсальный» М622 предназначен для приготовления кулинарных, мучных, кондитерских и хлебобулочных изделий в домашних условиях и сети общественного питания, для промышленного производства мучных кондитерских и хлебобулочных изделий.	Дезодорированные растительные масла (в том числе модифицированные), вода, соль поваренная пищевая, эмульгатор (Е471, лецитин), консервант (сорбат калия), регулятор кислотности (кислота лимонная), ароматизатор идентичный натуральному «Масло», краситель (Е100, Е160b).
Маргарины для кремов: М314	Маргарин М314 предназначен для изготовления кремовых полуфабрикатов для мучных кондитерских изделий, как на прослойку, так и на отделку при взбивании с молочно-сахарным сиропом в соотношении 1:2. Также применяется для изготовления суфле для тортов, пирожных и конфет типа «Птичье молоко», для мучных кондитерских изделий премиум-класса.	Масла растительные рафинированные дезодорированные: подсолнечное, в том числе модифицированное, модифицированное пальмовое, кокосовое, вода, эмульгаторы (Е471, Е475, Е322), консервант (сорбат калия), регулятор кислотности (лимонная кислота), ароматизатор, красители (Е100, Е160b)
М340	Маргарин М340 «Антикризисная программа» с пониженным содержанием жира предназначен для приготовления кремовых полуфабрикатов: с использованием вареного сгущенного молока в соотношении 1:4, а также с использованием молочно-сахарных сиропов в соотношении 1:1,4.	Масла растительные рафинированные дезодорированные: подсолнечное, в том числе модифицированное, модифицированное пальмовое, кокосовое, вода, эмульгаторы (Е471, Е475, Е322), консервант (сорбат калия), регулятор кислотности (лимонная кислота), ароматизатор, красители (Е100, Е160b).

3.2. Гидролизованные лецитины в хлебобулочных изделиях

Современное хлебопечение невозможно представить без использования различного рода улучшителей. Среди них особый класс составляют поПАВ, в частности, или эмульгаторы. Отдельной группой ПАВ, используемых в хлебопечении, являются лецитины (фосфолипиды). Особенное влияние на качество изделий среди фосфолипидов оказывают лизофосфатиды – гидролизованные фосфолипиды. Эта форма обладает молекулярной конфигурацией, наиболее подходящей для формирования соединений с крахмалом и замедляет процесс черствения хлебобулочных изделий.

На сегодняшний день на рынке имеются коммерческие препараты лизолецитинов с различной степенью гидролиза. Их основные характеристики представлены в табл. 3.8 [149].

Наибольшее распространение среди гидролизованных лецитинов получил Штернфил Е60. Представляло интерес сравнить эффективность действия гидролизованного лецитина (Штернфил Е60) и распространенного стандартного (Штернцитин Ф10) в тесте и готовых изделиях.

Таблица 3.8. Основные характеристики лецитинов для хлебопекарного производства

Характеристики	Лецитины			
	стандартный	гидролизованные		
	Штернцитин Ф10	Штерн-фил Е40	Штернфил Е60	Штернфил Е80
Содержание ацетон-нерастворимых веществ, %	62	56	56	56
Степень гидролиза, %	0	40	60	80

Реологические свойства теста характеризуют с помощью величин стабильности, разжижения, консистенции в конечный момент замеса. При увеличении стабильности, уменьшении разжижения теста можно говорить о лучшей формоустойчивости изделий, которая имеет большое значение при расстойке. Величина консистенции характеризует плотность

теста. Исследования на фариографе Брабендера позволили определить оптимальные дозировки лецитинов – Штернцитин Ф10 – 1,5% к массе муки, Штернфил Е60 – 2%. Результаты представлены в табл. 3.9 [149].

Таблица 3.9. Основные характеристики лецитинов для хлебопекарного производства

Показатели, ед. Ф	Образцы теста		
	контроль	с использованием лецитина	
		Штернцитин Ф10	Штернфил Е60
Стабильность теста	2	6	6,5
Разжижение теста	40	5	10
Консистенция в конечный момент замеса	520	415	430

При оптимальных дозировках стандартный и гидролизованный лецитины практически одинаково воздействуют на реологические свойства теста. Они значительно повышают стабильность теста, снижают разжижение и консистенцию. Тесто становится более эластичным, менее липким, более сухим и мягким. Значительно облегчается его обработка. Тесто лучше сохраняет придаваемую ему форму.

В работе [103] установлено, что добавление гидролизованного лецитина Штернфил Е60 в дозировках 0,5-1,0 % в тесто влажностью 56,3-55,2 % приводит к увеличению вязкости теста.

Для исследования влияния лецитинов на показатели качества готовых изделий и тесто готовили опарным способом без использования жировых продуктов по стандартной рецептуре [149]. Лецитины вносили в тесто до начала брожения. Качество изделий характеризовали с помощью величин удельного объема, набухаемости мякиша, сжимаемости мякиша в процессе хранения. Для определения сжимаемости мякиша использовали устройство, принцип действия которого основан на измерении деформации мякиша при определенной нагрузке. Большая величина набухаемости мякиша и меньшая – сжимаемости свидетельствуют о лучшем сохранении свежести изделий. Результаты исследований представлены в табл. 3.10 [149].

Таблица 3.10. Качественные показатели готовых изделий при использовании стандартного и гидролизованного лецитина

Показатели	Образцы изделий		
	контроль	с использованием лецитина	
		Штернцитин Ф10	Штернфил Е60
Удельный объем, $см^3/г$	2,23	2,34	2,34
Сжимаемость, $Па \cdot 10^3$			
через 20 ч хранения	32,3	29,2	29,4
через 43 ч	79,7	74,9	64,7
через 98 ч	130,6	128,1	128,1
через 117 ч	167,5	147,3	128,1
Набухаемость мякиша, $см^3$			
через 20 ч хранения	16,5	18	18
через 43 ч	16	16,5	18
через 98 ч	15	16,5	17,5
через 117 ч	14,5	15,5	16

Анализируя данные табл. 3.10, можно говорить о том, что при внесении лецитинов удельный объем увеличивается. При этом и гидролизованный и стандартный лецитины практически одинаково воздействуют на объем хлеба, увеличивая его по сравнению с контролем. В процессе хранения показатели сжимаемости мякиша у изделий с использованием лецитинов меньше, а набухаемости мякиша – больше, чем у контрольного образца. Это свидетельствует о том, что лецитины увеличивают срок сохранения свежести изделий. Необходимо отметить, что гидролизованный лецитин Штернфил Е60 в этом плане более эффективен, чем стандартный Штернцитин Ф-10. Изделия с Штернфил Е60 дольше сохраняют мягкость. Проведенные исследования подтверждают предположение о том, что гидролизованный лецитин способен образовывать соединения включения с крахмалом, что и является причиной замедления ретроградации и влияет на увеличение срока сохранения свежести изделий.

Таким образом, гидролизованный лецитин Штернфил Е60 может быть рекомендован для применения в производстве хлебобулочных изделий для облегчения процесса обработки теста, увеличения его стабильности, улучшения качества изделий и продлевания срока сохранения свежести [149].

Авторами исследования [103] рекомендована дозировка стандартного лецитина 0,38-0,52 % и 0,53-0,67 % для гидролизованного лецитина Штернфил Е60, поскольку в этих пределах достигается наиболее удачное сочетание сжимаемости и удельного объема готового изделия.

3.3. Фосфолипидная фракция подсолнечного масла в технологии булочных изделий

В работе [135, 136] приведены результаты исследования, цель которого заключалась в определении возможности и целесообразности применения фосфолипидной фракции подсолнечного масла (ФФПМ) в производстве хлебобулочных изделий.

Для реализации поставленной цели решали следующие задачи:

– изучение состава и свойств фосфолипидной фракции подсолнечного масла, полученной методом вибро-акустической обработки;

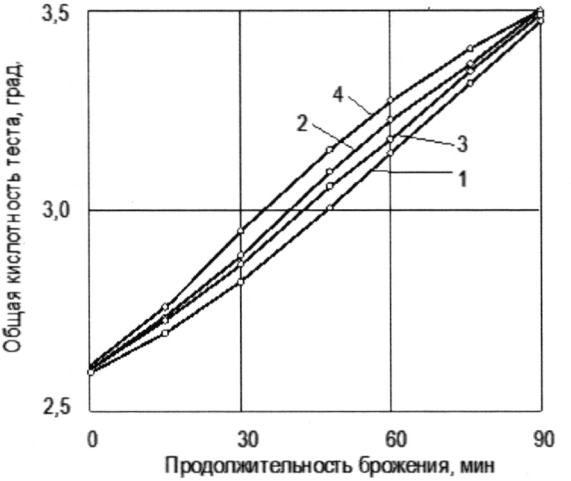
– определение влияния фосфолипидной фракции подсолнечного масла на физико-химические и биохимические свойства теста;

– исследование влияния фосфолипидной фракции подсолнечного масла на качества готовых изделий;

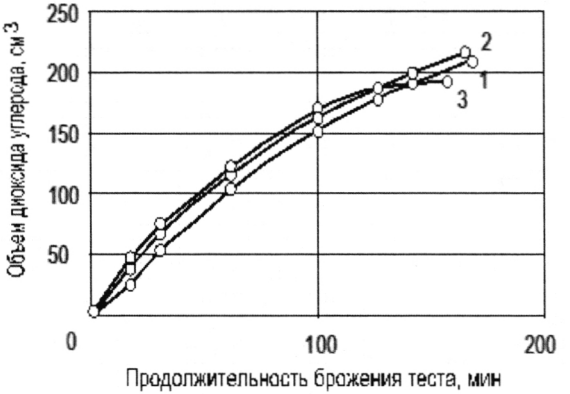
– определение пищевой ценности изделий с введением в их рецептуру фосфолипидной фракции подсолнечного масла;

Фосфолипидная фракция подсолнечного масла, полученная ЗАО "Инновационные технологии ОКБМ" на Аннинском МЭЗ методом гидромеханической обработки имела следующий состав: массовая доля влаги – 48,0 %, массовая доля сырого протеина – 1,45 %, массовая доля масла – 36,2 %, фосфорорганические соединения – 15,3 %, перекисное число – 9,1 ½ О моль/г [135, 150]. Проведено исследование возможности применения ФФПМ в технологии хлебобулочных изделий [135, 136].

Для исследования влияния ФФПМ на качество изделий из пшеничной муки тесто готовили в две стадии (опара, тесто); в качестве контроля замешивали тесто по рецептуре булки ярославской (проба 1), в опытную пробу 2 вводили 1 % лецитина (взамен части растительного масла); в пробах 4 и 3 часть растительного масла заменяли 2,5 и 5,0 % ФФПМ к массе муки в тесте соответственно. Сухой лецитин (после предварительной гомогенизации с маслом) и ФФПМ вводили при замесе теста. В процессе созревания теста контролировали изменение кислотности (рис. 3.6*а*).



а)



б)

Рис. 3.6. Динамика роста общей кислотности теста (*а*) и накопления диоксида углерода (*б*) в процессе брожения:
1 – контроль; *2* – опытная проба с 1 % лецитина к массе муки в тесте; 3 и 4 – опытные пробы с 5,0 и 2,5 % ФФПМ к массе муки в тесте соответственно

Из рис. 3.6*а* видно, что требуемое значение кислотности 3,5 град. во всех пробах достигается за 90 мин. Об интенсивности брожения теста

судили по изменению его газообразующей способности, которая характеризуется активностью ферментов дрожжевой клетки и наличием питательных веществ (рис. 3.6*б*). Видно, что введение лецитина и ФФПМ несколько интенсифицирует процесс брожения теста и как следствие приводит к большему выделению диоксида углерода.

На рис. 3.7*а* приведены результаты определения бродильной способности теста.

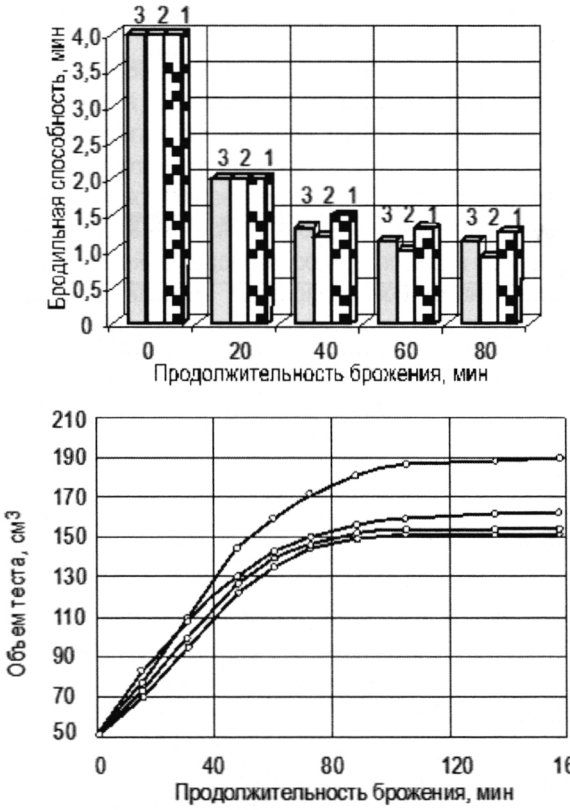


Рис. 3.7. Изменение бродильной способности теста (*а*) и объема теста (*б*) в процессе его брожения:

1 – контроль; 2 – опытная проба с 1 % лецитина к массе муки в тесте;

3 – опытная проба с 5,0 % ФФПМ к массе муки в тесте

Данные, представленные на рис. 3.7*а* подтверждают вывод о том, что введение дополнительных ингредиентов (лецитина и ФФПМ) интенсифицирует процесс брожения теста.

В процессе брожения теста происходит увеличение его объема, вызванное разрыхлением пузырьками диоксида углерода, накапливающегося в результате спиртового брожения, растягивания клейковинных пленок структурно-губчатого белкового каркаса. Изменение объема теста в процессе его созревании представлено на рис. 3.7*б*.

Как видно из рис. 3.7*б* введение ФФПМ в дозировке 2,5 % и 5 % к массе муки в тесте улучшает пластические свойства теста и его способность удерживать образующийся в ходе спиртового брожения диоксид углерода.

Из представленных данных следует, что введение в рецептуру ФФПМ в дозировке 2,5-5 % к массе муки в тесте не оказывает ухудшающего действия на биотехнологические свойства теста, а, наоборот, по некоторым показателям приводит к их улучшению. По органолептическим и физико-химическим показателям изделия с введением в рецептуру лецитина и ФФПМ имеют стандартные значения (относительно контроля), а по отдельным показателям предосходят контрольные: более ароматные, с лучшей окраской корки.

По результатам проведенной работы можно сделать вывод о целесообразности введения в рецептуру хлебобулочных изделий ФФПМ и о необходимости продолжения исследований в данном направлении [136].

Запатентован способ приготовления хлеба, характеризующийся тем, что вначале готовят белковую дисперсию нута с влажностью 93-97 %, смешивают ее с лецитином, взятым в количестве 0,5-1,5 % к массе пшеничной муки в тесте, а затем готовят дрожжевую суспензию из прессованных дрожжей и смеси белковой дисперсии нута с лецитином в соотношении 1 : 3, солевой раствор плотностью 1,19 г/см^3 из соли поваренной пищевой и смеси белковой дисперсии нута с лецитином, и сахарный раствор из сахара-песка и смеси белковой дисперсии нута с лецитином в соотношении 1 : 1, замешивают тесто из пшеничной муки I сорта, дрожжевой суспензии, солевого и сахарного растворов и белковой дисперсии нута с влажностью 93-97 %, осуществляют брожение замешенного теста в течение 30 мин, затем его разделывают, растаивают и выпекают тестовые заготовки [28]. Причем для получения белковой дисперсии нута семена замачивают в воде при температуре 35 °С в соотношении семена нута : вода – 1 : 8 в течение 12 ч, измельчают, экстрагируют из них белок

2 %-ным водным раствором гидрокарбоната натрия при температуре 28-32 °С в течение 30 мин и фильтруют. При этом достигается улучшение органолептических и физико-химических показателей качества готовых изделий, увеличение их пищевой, в том числе биологической, ценности, сокращение затрат сухих веществ на брожение, а также интенсификация процесса приготовления теста на 90 мин. Вносимый в качестве поверхностно-активного вещества лецитин способствует улучшению органолептических и физико-химических показателей качества готовых изделий [28].

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕЦИТИНОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

В технологии молочных продуктов фосфолипиды находят разностороннее применение.

В работе [163] проанализировано влияние различных поверхностно-активных веществ на эффективность сушки молока. Молоко, полученное распылительной сушкой, характеризуется большой площадью поверхности частиц, что делает его недостаточно стабильным при хранении и смачиваемым при восстановлении. Поверхностно-активные вещества, в частности, лецитины вводили в дозировке 1 % к общей массе молока. Отмечено, что лецитин образует комплексные соединения с молочными белками и затем конкурирует за поверхность раздела воздух-вода с жировых шариками. В результате сокращается время смачивания частиц сухого молока при восстановлении с 35±4 с до <15 с.

В работе [168] показана возможность применения сверхкритической флюидной экстракции (*supercritical fluid extraction*) для получения нового продукта с высокой концентрацией фосфолипидов из пахты или сыворотки.

Мембрана глобул молочного жира содержит много сложных липидов, участвующих в биологических процессах. Микрофильтрация в сочетании со сверхкритической флюидной экстракцией стала новым способом концентрирования липидов молока. В молочной промышленности есть несколько побочных продуктов, которые богаты фосфолипидами, такие как пахта и сыворотка. Тем не менее, фосфолипиды присутствуют в них в низких концентрациях. Для обогащения фосфолипидами побочных продуктов из пахты и сыворотки, их подвергают микрофильтрации и проводят после сушки сверхкритическую флюидную экстракцию. В полученных порошках доля неполярных липидов уменьшается на 38-55 %, а коэффициент распределения фосфолипидов увеличивается до 5. В полученных фосфолипидах молока выявлена комбинация жирных амидов, сфингозин (18:1), сфингомиелин. Жирнокислотные остаки этих соединений максимально насыщенны. Наиболее распространенными были остатки C16:0, C20:0, C21:0, C22:0, C23:0 и C24:0. Идентифицированы 2 ненасыщенные цепи жирных амидов – C23:1 и C24:1, типичные ненасыщенные остатки содержались практически в следовых количествах.

4.1. Мороженое и замороженные десерты

В последние годы в пищевой индустрии важную роль играют специализированные продукты питания для детерминированных групп населения, в частности для людей, проживающих в зонах экологического неблагополучия, для которых организация профилактического питания, обладающего эндоэкологическим действием, является одной из первостепенных.

Создание продуктов данного направления основывается на введении в их рецептуру добавок, которые должны обладать энтеросорбцией, способствовать выведению экзо- и эндогенных биотоксикантов, нормализации обменных процессов, стимулировать активность ферментных систем, поддерживать достаточный уровень содержания в пище макро- и микроэлементов, учитывать изменения в минеральном балансе, обеспечивать витаминами и т.д.

Изучена возможность повышения пищевой ценности, биологической активности и технологических параметров производства молочных продуктов путем использования биологически активных добавок (БАД), содержащих фосфолипиды (ФЛ) растительного происхождения (ТУ 9146-006-00371185-93), полученных из подсолнечных и соевых растительных масел в технологии производства мороженого [131]. Особая технология получения фосфолипидов позволяет максимально сохранить и усилить их природные и биологически активные свойства.

Физико-химические показатели фосфолипидного препарата согласно ТУ следующие:

содержание влаги и летучих веществ, %, не более	0,2-0,25
содержание веществ нерастворимых в этиловом эфире, %, не более	1,30-1,50
содержание масла, %, не более	37,8-38,8
содержание фосфолипидов, %, не менее	60,1-60,6.

Фосфолипидные препараты обладают высокой поверхностной активностью, что очень важно для получения тонкодисперсных, устойчивых коллоидных систем и обширной терапевтической направленностью, в частности они обладают антиоксидантными, гиполипидимическими, радиопротекторными и иммуностимулирующими свойствами.

В ходе проведения исследований были определены стадия и доза внесения ФЛ. Для осуществления контроля за стабильностью ФЛ в зави-

симости от влияния технологических факторов (пастеризация, гомогенизация, перемешивание, взбивание и т.д.) получены спектральные характеристики функциональных групп ФЛ методом ИК-спектроскопии. Найдены оптимальные условия технологической обработки молочных продуктов, в которых наблюдаемые характеристические полосы в ИК-спектрах функциональных групп фосфолипидов остаются фактически стабильными.

С целью максимального приближения состава молочно-растительных композиций к сбалансированному для диетической коррекции нарушенных обменных процессов, защитных и адаптационных функций организма изучен жирнокислотный состав экстракта липидов природных ФЛ методом капиллярной газовой хроматографии на приборе "Цвет-800", снабженным пламенноионизационным детектором [131].

Пробоподготовку образца проводили следующим образом.

Пробу продукта объемом 30 $см^3$ количественно вносили в колбу с притертой пробкой, приливали 50 $см^3$ гексана и при интенсивном встряхивании проводили экстракцию в течение 24 ч, после чего переносили в фильтрующую делительную воронку, снабженную стеклянным фильтром. Полученный экстракт с помощью водоструйного насоса отсасывали в присоединенный к воронке приемник, затем в воронку добавляли 20-30 $см^3$ гексана. Отфильтровывали и присоединяли к экстракту в приемнике.

Анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что в образце отсутствуют низшие жирные кислоты, эруковая кислота и трансизомерные кислоты, которые оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека.

В таблице 4.1 приведено содержание основных жирных кислот экстракта липидов используемой фосфолипидной добавки.

Таблица 4.1. Состав жирных кислот фосфолипидной добавки

Жирныая кислота	Содержание, %	Наименование жирных кислот	Содержание, %
С 14:0, миристиновая	0,2-1,0	С18:0, стеариновая	3,8-10,2
С 16:0, пальмитиновая	17,0-22,6	С18:1, олеиновая	7,3-9,5
С 16:1, пальмитолеиновая	10,0-18,7	С18:2, линолевая	43,2-46,6

Высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот в составе фосфолипидов свидетельствует об их высокой пищевой и физиологиче-

ской ценности. При корректировке рецептуры мороженого в качестве базовой была принята рецептура мороженого "Русалочка" (ТУ 9228-060-004 1 9762-98).

Количество вносимой фосфолипидной добавки варьировали в интервале 0,5-2 % с учетом консистенции, структуры и органолептических показателей нового вида мороженого по сравнению с опытным образцом. Фосфолипидную добавку вносили на различных стадиях производства: перед пастеризацией, гомогенизацией, созреванием и фризерованием.

Наилучшие показатели (взбитость – 78 %, вкус и аромат – чистые; структура и консистенция – однородная, достаточно плотная, цвет – однородный, бело-кремовый) были получены при внесении фосфолипидов в количестве 0,7 % от массы до гомогенизации смеси.

При разработке новых рецептур и технологии мороженого необходимо прогнозировать и контролировать одну из важнейших качественных характеристик – консистенцию на каждом из технологических этапов. Исследованы структурно-механические характеристики созревшей смеси мороженого, консистенцию которой оценивали на наличие эффективной вязкости, измеренной на ротационном вискозиметре "Реотест" при скорости сдвига, варьируемой в интервале от 0,3 до 14,58 $с^{-1}$ для мороженого "Русалочка" и от 0,3 до 28,7 $с^{-1}$ для смеси мороженого с фосфолипидами при фиксированной температуре 8 °С [131].

Проведенные исследования функциональности природных фосфолипидов позволяют разрабатывать способы прогнозирования и разработки технологии молочных продуктов с заданным составом и свойствами [131].

Использование пищевых добавок в производстве мороженого, как и других пищевых продуктов, нормируется Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 029/2012 "Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств".

Наиболее применяемыми в производстве мороженого и замороженных десертов добавками являются стабилизаторы и эмульгаторы. В качестве эмульгаторов в замороженных десертах применяют моно- и диглицериды жирных кислот (Е 471), полисорбаты (Е432-Е436) и лецитины (Е 322). В отличие от других продуктов, где эмульгаторы используются для получения стойких эмульсий прямого или обратного типа, в замороженных десертах эмульгаторы применяются в основном как вещества, дестабилизирующие жир [144, 145].

Действие эмульгаторов заключается в снижении электрического заряда на поверхности жировых частиц и повышении способности их к слипанию. Это происходит в период созревания смеси для десертов в результате частичной десорбции эмульгаторами молекул белка с поверхности жировых шариков. Процесс десорбции белка с поверхности жировых шариков и адсорбирование эмульгаторов происходит в течение определенного времени, регламентируемого продолжительностью процесса созревания.

В процессе созревания важно поддерживать температуру, обеспечивающую кристаллизацию триглицеридов жира, в результате которой ослабевает связь жира с белками оболочки и происходит десорбция белка. Как правило, созревание смесей для десертов не проводят при температуре выше 5 °С, эффективность процесса созревания повышается по мере понижения температуры смеси (но не ниже криоскопической температуры).

Активная роль эмульгатора в дестабилизации жировой фазы и стабилизации воздушной фазы способствует образованию в мороженом кремообразной консистенции, насыщению его воздухом, созданию сухой поверхности при экструзии, повышению устойчивости к таянию и осаждению. Использование эмульгаторов и гидроколлоидов в единой композиции позволяет расширить технологическую функциональность стабилизационной системы в целом.

Комплексные стабилизаторы-эмульгаторы получают путем механического смешивания составляющих компонентов и диспергированием смеси гидроколлоидов в расплавленном эмульгаторе. Использование стабилизаторов – эмульгаторов, полученных путем смешивания, требует дополнительных технологических приемов для улучшения их диспергирования в смеси для мороженого [144].

Мороженое в вафельных изделиях пользуется большой популярностью у населения нашей страны, неслучайно продукт в вафельном стаканчике является своеобразным символом отечественного мороженого, а его производство составляет четвертую часть от общего объема производства [143]. Поэтому можно выделить отдельную тему – ингредиенты, улучшающие качество вафельных изделий для мороженого. Зарубежные коллеги прогнозируют, что в ближайшее время будет расти популярность сахарных рожков и вафельных стаканчиков, а также сэндвич – с печеньем и бисквитом [98].

Вопрос о качестве вафель для мороженого является приоритетным для предприятий отрасли. Основные показатели качества вафельного полуфабриката – прочность, хрусткость и рассыпчатость при разжевывании, устойчивость к намоканию, четкая рельефная гравюра, золотистый однородный цвет, глянец по поверхности, развитая, равномерная, тонкостенная структура пористости. Вафельные изделия должны быть правильной формы, однородные по толщине, без наличия заусенец по верхнему краю и швам. Вафельный стаканчик должен иметь прочное донышко, негрубые швы; сахарный рожок – плотно прилегающую «улитку» и прочное основание конуса при скручивании рожка.

С учетом нестабильных показателей качества пшеничной муки и других рецептурных ингредиентов, а также наличия на предприятиях далеко не всегда самого совершенного тестомесильного оборудования, возникает необходимость корректировки технологических процессов тестоведения. Это достигается за счет применения пищевых функциональных ингредиентов.

Интересные результаты дает применение комплексных эмульгаторов в сочетании с лецитином, пекарским порошком и ферментными системами [90]. Применение комплексных эмульгаторов улучшает структурно-механические свойства, снижает время замеса теста, обеспечивает его гомогенность, пластичность, позволяет снижать в рецептурах до 50 % яйцепродуктов. Действие комплексных улучшителей муки также понижает вязкость теста, повышает его пластичность, растекаемость по форме, снижает время выпечки, улучшает текстуру вафель, уменьшает отеки, экономит затраты электроэнергии, обеспечивает снижение себестоимости готовой продукции.

4.2. Комбинированные сливочно-растительные продукты

Бутербродная паста улучшенного состава. Одной из важнейших задач, стоящих перед пищевой промышленностью является обеспечение рационального питания всех слоев населения с учетом их возрастных и физиологических особенностей. В основу конструирования продуктов питания с определенными функциональными параметрами положены современные требования науки о питании.

В последние годы усилился рост заболеваний сердечно-сосудистой системы. Основным фактором в прогрессировании данного заболевания является нарушение обмена липидов.

Обеспечение сопротивляемости организма заболеваниям сердечно-сосудистой системы, атеросклерозу, ожирению и т д. возможно за счет употребления в пищу продуктов, содержащих высокий процент ненасыщенных жирных кислот и продуктов с низким содержанием углеводов.

В связи с этим целью исследований [87] было создание бутербродной пасты на молочной основе, обогащенной льняным маслом.

Масло льняное – это натуральный диетический продукт, выработанный из семян масличного льна.

Клинические испытания данного препарата показали, что льняное масло оказывает нормализующее влияние на функции печени, щитовидной железы, кишечника и желудка. Обладает ранозаживляющим действием при ожогах, обморожениях, лучевых поражениях кожи. Имеет цвет от зеленовато-желтого до оранжевого, запах ореховый.

Глаголевой Л.Э. с соавторами изучен жирно-кислотный состав льняного масла методом капиллярной ГЖХ на приборе "Цвет-800", снабженным пламенно-ионизационным детектором [87].

Проведенные исследования показали, что льняное масло содержит в основном ненасыщенные жирные кислоты, в т.ч. биологически важные полиненасыщенные жирные кислоты – линолевую (в среднем 16,2 %) и линоленовую (в среднем 46,0 %), содержание которых в молочном жире по сравнению с растительными маслами невысокое и составляет (3–5 %).

В ходе проведения работы были исследованы способы внесения жировой фазы, влияние температуры и концентрации льняного масла на стойкость системы, а также влияние технологических факторов на свойства и показатели льняного масла.

При составлении оптимальной рецептуры применяли каноническую форму задачи линейного программирования.

В результате был определен оптимальный вариант рецептуры, на основании которой разработан технологический процесс и обоснованы основные технологические параметры.

Производство бутербродной пасты включает следующие операции: приготовление смеси, содержащей молочную основу, растительный наполнитель, стабилизатор, жировой компонент, с последующей тепловой обработкой, выдержкой, расфасовкой и охлаждением готового продукта.

В качестве молочной основы используют обезжиренный творог, а в качестве наполнителя применяют фруктозо-глюкозный сироп растительного происхождения, выделенный из топинамбура сорта "Интерес", который имеет светло-коричневый цвет, слабый фруктовый запах, сладко-кислый вкус, однородную, вязкую консистенцию и следующие физико-химические показатели: массовая доля сухих веществ – 70-71 %, цветность раствора в пересчете на СВ, ед. оптической плотности, не более – 0,1; массовая доля фруктозы в пересчете на СВ – 76 %: массовая доля глюкозы, не менее – 3-5 %; массовая доля золы в пересчете на СВ, не более – 0,1; реакция среды, pH – 4,0- 5.0; плотность – 1255-1260 кг/м^3 стабилизатора – пищевые волокна, полученные из жома сахарной свеклы, предварительно выдержанные в воде для набухания при температуре 35-45 °С и постоянном перемешивании их в течение 5 мин, эмульгатора – растительную фосфолипидную добавку "Витол-1". В подготовленную основу вносят жиросодержащий компонент – комбинированное масло "Вегамикс" и льняное масло в количестве 2 % от массы смеси, термизируют полученный продукт при 65-70 °С с выдержкой 5-10 мин и охлаждают до 6±2 °С в течение 7-10 ч.

Разработанный продукт имеет следующие физико-химические показатели: массовая доля жира – 5 %, массовая доля влаги – 58 %, массовая доля фруктозы – 1,1 %, массовая доля глюкозы 1 %, массовая доля белка – 9,1 %, кислотность – 190 °Т, температура продукта – 6 °С; консистенция– нежная, однородная по всей массе, пастообразная; вкус и запах – творожный, чистый, с приятным фруктовым привкусом; цвет – бежевый, равномерный по всей массе.

Изучение органолептических показателей опытных образцов показало, что вкусовые качества отвечают высоким потребительским требованиям, что свидетельствует о перспективности использования льняного масла, как источника ненасыщенных жирных кислот в производстве широкого спектра молочных продуктов [87].

Комбинированные сливочные пасты. Одним из перспективных направлении в развитии маслоделия является создание продуктов с регулируемым жирнокислотным составом, что достигается путем частичной замены сливочного масла растительными.

В разработанных учеными Кубанского государственного технологического университета рецептурах комбинированных сливочных паст 1/3 часть жировой фазы представлена смесью тыквенного масла с рафини-

рованными дезодорированными маслами (подсолнечным, соевым, кукурузным) в соотношении 1 : 2,5-12 [97].

Тыквенное масло было получено прессовым методом из необрушенных семян тыквы. Уникальное сочетание биологически активных компонентов масла делает его профилактическим и лечебным средством, вызывая в организме человека антисклеротическое, гипотензивное, антиаритмическое, гипогликемическое, общеукрепляющее действие.

Изучалась хранимоспособность смесей растительных масел, а также готового продукта в зависимости от количественного содержания тыквенного масла при температуре 5-7 °С в течение 20 дней. На протяжении всего времени наблюдалось незначительное увеличение продуктов окисления, при этом содержание токоферолов снижалось.

Это можно объяснить тем, что токоферолы тыквенного масла, являясь естественными антиоксидантами, с течением времени расходуются на подавление реакций окисления, протекающих в продукте. Антиокислительный эффект тыквенного масла усиливается также присутствием в нем фосфатидов. Наличие токоферолов и фосфатидов при биохимическом исследовании тыквенного масла полученного после прессования составило соответственно 71,2 мг % и 0,13 %.

Введение тыквенного масла в рецептуры комбинированных сливочных паст позволяет, кроме того, повысить термоустойчивость и улучшить структурно-реологические характеристики готового продукта. Это, очевидно, объясняется липидным составом тыквенного масла, представленным в основном триацилглицеролами (80-90 %) [97].

Повышение качества растительно-сливочных спредов. Известно, что пищевые жиры занимают важное место в питании человека, выполняя энергетическую и защитную функции. Ассортимент пищевых жиров достаточно разнообразен и традиционно представлен растительными маслами, животными жирами, а также продуктами их переработки. В последнее время на рынке появился новый вид продукта – спред.

Согласно ГОСТ Р 52100-2003 "Спреды и смеси топлёные. Общие технические условия" спреды представляют собой эмульсионные жировые продукты с массовой долей общего жира от 39 до 95 % включительно, обладающие пластичной, легко мажущейся консистенцией, содержащие в жировой фазе различные композиции жиров: молочных, растительных, гидрогенизированных и т.п. Вырабатывают спреды сливочно-растительные, растительно-сливочные и растительно-жировые. Спреды

широко используются в качестве заменителя сливочного масла. Выпускаемые в настоящее время растительно-сливочные спреды не отличаются высокой физиологической ценностью, из-за низкого содержания в их составе жирорастворимых витаминов, фосфолипидов и других физиологически ценных веществ. Кроме этого растительно-сливочные спреды содержат в своем составе значительное количество жидких жиров, подвергающихся окислению в процессе хранения, что приводит к снижению их качества.

Учитывая это, разработка рецептур растительно-сливочных спредов, обогащенных физиологически ценными веществами, природными антиоксидантами растительного происхождения и обладающих высокой стойкостью к окислению при хранении, является актуальной.

Среди добавок растительного происхождения, содержащих в своем составе физиологически ценные вещества, антиоксиданты наиболее перспективным является томатно-масляный экстракт (ТМЭ), получаемый из выжимок томатов путем совместного измельчения и экстракции рафинированным дезодорированным подсолнечным маслом в механохимическом активаторе. ТМЭ содержит в своем составе такие физиологически ценные вещества, как фосфолипиды, эссенциальные жирные кислоты, токоферолы и каротиноиды.

Сотрудниками КубГТУ разработаны рецептуры растительно-сливочных спредов повышенной физиологической ценности и обладающих повышенной стойкостью к окислению. Количество ТМЭ, вводимого в рецептуры спредов, варьировалось в диапазоне от 1,0 до 7,5 %. ТМЭ вводили частично заменяя общее количество саломаса. Разработана серия рецептур растительно-сливочных спредов различной калорийности. Наилучшими органолептическими показателями обладали образцы с содержанием ТМЭ в количестве 3,5-4,5 % к массе рецептурных компонентов. Также изучены физико-химические показатели и пищевая ценность разработанных спредов. По всем показателям качества образцы растительно-сливочных спредов, обогащенных ТМЭ, не уступали контрольным образцам, а по пищевой ценности и стойкости к окислению значительно их превосходили [95].

В результате проведенных исследований было установлено, что введение в рецептуры растительно-сливочных спредов ТМЭ позволяет повысить их пищевую ценность, за счет внесения с ТМЭ фосфолипидов, γ- и δ-токоферолов, обладающих сильными антиокислительными свойст-

вами, что способствует увеличению стойкости растительно-сливочных спредов при хранении, а содержащиеся в нем α-токоферол, β-каротин и ликопин, обладающие витаминной активностью придают им повышенную физиологическую ценность.

Также ТМЭ может быть использован в качестве натурального и безвредного красителя, что выгодно отличает его от многих других широко используемых в пищевой промышленности красителей.

Проведенные исследования показали целесообразность использования ТМЭ для увеличения физиологической ценности и повышения стойкости к окислению растительно-сливочных спредов [95].

4.3. Продукты на молочной основе для энтерального и геродиетического питания

Разработана технология продуктов на молочной основе для энтерального зондового питания больных [130]. Поскольку полноценное питание является существенным, а иногда и основным элементом в комплексе терапевтических мероприятий, этому аспекту лечения больных необходимо уделять самое серьезное внимание, отдавая приоритет продуктам энтерального питания. Лишь при наличии прямых противопоказаний, таких, как невозможность использования зондов, тяжелые нарушения функции и повреждения желудочно-кишечного тракта, начальные стадии острой почечной и печеночной недостаточностей, отсутствии продуктов для энтерального питания и ряд других факторов, предпочтение отдается парентеральному питанию.

На основании обобщения имеющейся информации можно сделать вывод, что применение продуктов энтерального питания показано во многих случаях предоперационной подготовки больных, в большинстве постхирургических, посттравматических и послеожоговых периодах и при ряде соматических болезней.

Кроме того, продукты для полного энтерального питания, так называемые модули, могут дополнять клинический рацион.

Рассмотрим технологию продукта для энтерального питания больных "Миллениум-ЭП/2", который представляет собой однородную вязкую жидкость, вкус и запах – сладковатый, со слабым ощущением характерного соевого привкуса, цвет – кремовый.

Технологический процесс осуществляется следующим образом.

Приемка сырья и оценка качества. Сырье поступает на предприятие в автоцистернах, бочках, флягах, мешках, емкостях из полимерных материалов. При вскрытии ящиков и бочек следят, чтобы в сырье не попадали стружки, стекла, проволока, кусочки дерева и другие посторонние предметы. Мешки с сыпучим сырьем аккуратно вспарывают по шву, концы и обрывки шпагата удаляют. Слежавшиеся сухие продукты перед использованием дробят, просеивают.

Очистка, охлаждение, предварительная обработка молока. Принятое молоко фильтруют через специальные молочные фильтры или очищают на сепараторах-молокоочистителях с целью удаления механических примесей. Отобранное по качеству молоко нормализуют по массовой доле жира и пастеризуют при температуре (76±2) °С с выдержкой 20 с, охлаждают до 4-6 °С и резервируют.

Подготовка компонентов. При приготовлении адаптированных питательных смесей параллельно с нормализацией молока по массовой доле жира и предварительной тепловой обработкой проводят подготовку углеводных, белковых, минеральных и витаминных компонентов. Используемые в производстве ягоды, сухофрукты и орехи отбирают по качеству, моют, измельчают и протирают. Фруктозу взвешивают на весах и растворяют в резервуарах с мешалкой или в небольшой емкости с питьевой водой, подогретой до (45 ± 5) °С. Полученный раствор фильтруют и направляют на смешивание с молочной основой или охлаждают до температуры (6 ±2) °С. Хранят его до использования не более 6 ч. Крахмал в количестве, определенном рецептурой, подают в резервуар с одновременной подачей 1/4 части молока. Набухает крахмал при температуре 45-55 °С в течение 20-30 мин.

Изолят соевого белка получают на предприятие в сухом виде, просеивают и вносят в резервуар, куда одновременно подается 1/4 часть молока, от количества, определенного рецептурой. Восстанавливают изолят соевого белка при температуре 35-45 °С в течение 15-20 мин при постоянном перемешивании. Пищевые волокна измельчают до размеров 1-2 мкм в количестве, определенном рецептурой, добавляют холодную воду на 40-50 мин для набухания, перемешивают, процеживают через марлю. Биологически активную добавку "Витол" смешивают с небольшим количеством сухого молока до полного растворения частиц. Смесь расти-

тельных масел вносят в молоко предварительно эмульгированными в небольшой порции молока, подогретого до температуры (75±10) °С.

Приготовление смеси. В резервуар, снабженный мешалкой, согласно рецептуре, вносят измельченные изюм, курагу, грецкие орехи, затем молоко с массовой долей жира 3,2 %, набухшие пищевые волокна, раствор фруктозы Смесь нагревают до температуры 40-45 °С при постоянном перемешивании для достижения более полного и быстрого растворения сухих веществ. Затем ее перемешивают не менее 10 мин и подогревают до температуры (60±5) °С. В полученную смесь добавляют масляную основу, предварительно подогретую до температуры (60 ± 5) °С, и перемешивают. Для удаления из смеси не растворившихся компонентов сырья и возможных механических примесей ее фильтруют. Фильтрующие материалы и фильтры периодически очищают или заменяют, не допуская большого скопления осадка.

Гомогенизация. Этот процесс осуществляется на двухступенчатом гомогенизаторе при температуре (60±5) °С и давлении (15±2) МПа на первой ступени и (5±2) МПа на второй ступени. Допускается гомогенизация с использованием эмульсоров или миксеров, обеспечивающих частоту вращения перемешивающего устройства не менее 1000 мин$^{-1}$.

Пастеризация, внесение крахмала, охлаждение, розлив. Смесь пастеризуют при температуре (92±2) °С с выдержкой 10-15 мин, раствор крахмала вносят в потоке. Пастеризованную смесь охлаждают до температуры (23±2) °С и подают в резервуар для промежуточного хранения. Перед розливом, укупоркой и маркировкой смесь перемешивают. Готовую продукцию направляют в холодильную камеру на доохлаждение.

Хранение. Срок хранения готового продукта "Миллениум-ЭП/2" при температуре (4±2) °С не более 42 ч с момента окончания технологического процесса, в том числе на предприятии-изготовителе не более 8 ч.

В молочной промышленности стоит задача расширения ассортимента и технологий производства молочных продуктов, адаптированных к особенностям организма пожилых людей за счет внесения геропротекторных компонентов или снижения содержания отдельных компонентов продукта, которые являются нежелательными для употребления в пожилом возрасте. В этой связи актуально обогащение продуктов массового потребления веществами, участвующими в защите организма от преждевременного старения, а также уменьшение содержания жира для предотвращения нарушения липидного обмена и лактозы с целью адаптации

молочных продуктов для использования в питании людей, страдающих лактазной недостаточностью.

Запатентован способ получения низколактозного молочного напитка для геродиетического питания [55]. Данный способ включает смешивание нормализованного по жиру молока с предварительно восстановленным сухим обезжиренным молоком, пастеризацию смеси, охлаждение до 4-6 °С, внесение фермента β-галактозидазы, проведение ферментации лактозы, выдерживая смесь при слабом помешивании при температуре 4-5 °С, последующий подогрев смеси до температуры 35-40 °С, добавление в смесь водных растворов витамина С, витамина B_9 (фолиевая кислота), сернокислого железа, сернокислого цинка, лимоннокислого калия и предварительно приготовленной эмульсии жирорастворимых витаминов с лецитином, полученной отбором порции нормализованной пастеризованной молочной смеси, в которую, после подогрева ее до 60-85 °С, вносят витамины А, Е, D_2, лецитин, после чего перемешивают и эмульгируют в гомогенизаторе, перемешивание полученной смеси, УВТ-стерилизацию, охлаждение до 78 °С, гомогенизацию, охлаждение и розлив. Лецитин в дозировке 0,5 % от массы молочного напитка вносят с целью исключения расслаивания масляного раствора жирорастворимых витаминов при добавлении его в молоко.

Механизм действия лецитина основан на образовании пространственных и электрических барьеров, стабилизирующих эмульсии, которые предотвращают повторное слипание уже сформировавшихся частичек дисперсной фазы и повторное расслоение. Таким образом, лецитин стабилизирует капли жира в эмульсии, окружая их защитным слоем.

Использование лецитина в количестве меньшем, чем 0,5 % к массе готового продукта, не позволяет достичь требуемого технологического эффекта. Применение лецитина в количестве более 0,5 % не способствует значительному улучшению свойств целевого продукта и экономически нецелесообразно.

Произведенный до данному способу [55] напиток представляет собой непрозрачную однородную жидкость белого со светло-кремовым оттенком цвета; обладает чистыми, характерными для молока вкусом и запахом, без ярко выраженных привкуса и запаха кипячения, с приятными вкусом и ароматом.

4.4. Десерт на молочной основе

Анализ деятельности предприятий общественного питания свидетельствует об ориентации предприятий ресторанного бизнеса на рациональное и здоровое питание. По данным Всемирной организации здравоохранения, здоровое питание сокращает риск хронических заболеваний, а также "болезней цивилизации" таких как ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, диабет, повышенное артериальное давление, гепатит, рак и многие другие) [88].

Организация питания в гостиничных комплексах предполагает употребление блюд и продуктов, которые способны обеспечить потребность человека не только в энергетических, но и в пластических и регуляторных соединениях. В последнее время традиционные продукты питания не способны компенсировать потребность человека в макро- и микронутриентах, витаминах, минералах, пищевых волокнах и многих других компонентах. Корректировку пищевого рациона предприятия общественного питания решают различными способами, одним из которых является обогащение пищи витаминами и микроэлементами за счет применения биологически активных растительных пищевых систем, получаемых из натурального сырья.

Современные принципы рационального питания базируются на ограничении потребления продуктов животного происхождения (красное мясо, молочные продукты с высоким содержанием жира и т.п.) и увеличении потребления продуктов растительного происхождения (овощи, фрукты, бобовые). Результаты регулярных массовых обследований различных групп населения Российской Федерации подтверждают широкое распространение дефицита микронутриентов у большей части детского и взрослого населения, важнейшими из которых являются: витамины, минеральные вещества, пищевые волокна и полиненсыщенные жирные кислоты.

Решение данной проблемы возможно с использованием в рационе питания сбалансированных продуктов, с введением в рецептуру блюд биологически активных пищевых систем фосфолипидной природы, основными критериями функциональности которых являются пониженная калорийность, отсутствие в составе холестерина и наличие витаминов, что недостаточно в условиях нарастающего дефицита других незаменимых компонентов, антиоксидантов и фосфолипидов. В связи с этим соз-

дание новых жировых продуктов, содержащих в физиологически значимых количествах незаменимые минорные компоненты, является актуальным в комплексе мероприятий по формированию пищевых рационов, обеспечивающих коррекцию микронутриентного дефицита с целью улучшения состояния здоровья потребителя и профилактики алиментарнозависимых заболеваний [123].

При разработке рецептурно-компонентного состава десерта на молочной основе используют: молочный остаток, сахар, стабилизаторы и эмульгаторы, которые благодаря своим высоким функционально-технологическим свойствам значительно улучшают качество продукта. К этой группе пищевых добавок могут быть отнесены вещества, используемые для создания необходимых или изменения существующих реологических свойств пищевых продуктов, т.е. регулирующих или формирующих консистенцию. Цель работы [88] – разработка десерта на молочной основе повышенной биологической ценности.

Фосфолипиды, выделенные в качестве побочных продуктов при получении масел – хорошие эмульгаторы. Они применяются в хлебопекарной и кондитерской промышленности, при производстве маргариновой продукции. Фосфолипиды, являясь структурными липидами клеток, образуют сложные комплексы с белками (липопротеиды), углеводами, из которых построены мембраны клеток, они участвуют в разнообразных сложных процессах, протекающих в клетках. По масе фосфолипиды составляют в масличных семенах не более 3 %. Для извлечения фосфолипидов необходимо предварительно разрушить связь их с белками, углеводами и другими компонентами клеток, так как они очень прочно связаны [129].

Содержание фосфолипидов в продуктах различно: соя – 1,8, подсолнечник – 0,7, молоко – 0,03, пшеница – 0,54, рожь – 0,6, кукуруза – 0,9, говядина – 0,9, свинина – 1,23 [88].

Для разработки нового продукта повышенной биологической ценности использовали пищевую добавку "Витол" – порошок кремового или светло-коричневого цвета со слабым запахом природных фосфолипидов. Содержание активного вещества – фосфолипидов не менее 90 %, в том числе фосфатидилхолина не менее 30 %.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: определены дозы и стадии внесения добавки; оптимизация рецептуры продукта; исследованы свойства полученного продукта. Физико-химические

показатели готового продукта: массовая доля влаги не более 60 %, массовая доля сахарозы – не менее 8,0 %, массовая доля жира – не менее 7,0 %, кислотность – не более 200 °Т, содержание соли – не более 0,5 %.

Разработка рациональных рецептур продуктов питания с защищенными свойствами - важное звено программы государственных мероприятий, направленных на формирование здорового образа жизни. Медицинскими исследованиями, проведенными в институте питания РАМН (г. Москва) доказано, что растительные фосфолипиды обладают гиполипидинамическими, антиоксидантными и радиопротекторными действиями, что является медико-биологическим фундаментом в создании пищевых продуктов лечебно-профилактического назначения [119].

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что производство пищевых продуктов с использованием компонентов фосфолипидной природы позволит расширить ассортимент и продлить сохранность пищевой и биологической ценности "продуктов для здорового питания" [88].

4.5. Фосфолипиды в технологии сыров

Традиционно производство сыра заключается в подготовке молока к свертыванию (созревание, нормализацию по массовой доле жира, пастеризацию), введении молочнокислой закваски и сычужного фермента для свертывания молока, получении сгустка, его обработке для отделения сыворотки, перемешивании сгустка с образованием сырного зерна, формовании и прессовании, посолке и созревании сыра (Соколова З.С., Лакомова Л.И.,Тиняков В.Г. Технология сыра и продуктов переработки сыворотки). Однако, полученный таким образом сыр характеризуется недостаточной влагоудерживающей способностью, что может привести к отделению от него сыворотки при размораживании, когда имеет место так называемое "таяние сыра" [22]. Помимо этого, получаемый таким образом сыр имеет низкую физиоогическую ценность, а также недостаточно выраженные характеристики плавления и эффект склеивания, приводящий к налипанию сыра на нож, и, что самое главное, высокие показатели окисления содержащегося в нем жира при хранении.

Задачей изобретения [22] является создание высокоэффективного способа производства сыра, обладающего высокими потребительскими

свойствами: пищевой и физиологической ценностью, влагоудерживающей способностью, улучшенными структурно-механическими свойствами, а также высокой стойкостью к окислению при хранении. Задача решена тем, что в способе производства сыра, включающем подготовку молока к свертыванию, предусматривающую созревание молока, нормализацию его по жиру, пастеризацию, введение молочнокислой закваски и сычужного фермента в молоко для его свертывания с образованием сгустка, обработку сгустка с образованием сырного зерна, формование сырного зерна, прессование, посол и созревание, после введения молочнокислой закваски и сычужного фермента в молоко при температуре 30-35 °С при перемешивании вводят масложировой фосфолипидный продукт, полученный путем четырехкратного смешивания предварительно нагретых пищевых растительных фосфолипидов с органическим растворителем, добавления в растворитель перед третьим смешиванием 5-10 % к массе фосфолипидов раствора лимонной кислоты в обводненном ацетоне, взятого в количестве 1-2,5 % к массе фосфолипидов, разделения фаз с получением масложирового фосфолипидного продукта и его последующей сушкой, и дополнительно вводят томатно-масляный экстракт при соотношении масложировой фосфолипидный продукт : томатно-масляный экстракт : пастеризованное цельное молоко (1:1:1) – (1:5:5). Получаемый продукт характеризуется высокими структурно-механическими свойствами, а именно сырное тесто пластичное, отсутствует эффект ломкости на изгибе и, что не менее важно, после размораживания отсутствует эффект таяния и налипания на нож. Получаемый продукт характеризуется улучшенными структурно-механическими свойствами, так как масложировой фосфолипидный продукт и томатно-масляный экстракт, являются хорошими структурообразователями, что приводит к улучшению консистенции сыра, полностью исключая, с одной стороны, его ломкость, а с другой – эффект склеивания и налипания.

Запатентован способ производства сыра, включающий созревание молока, нормализацию его по массовой доле жира, растеризацию, подкрашивание, введение молочной закваски и сычужного фермента. Затем при температуре 30-35 °С при перемешивании вводят фосфолипиды, полученные из обезжиренных растительных фосфолипидов путем их экстракции этиловым спиртом с получением твердой фазы. Твердая фаза представляет собой смесь спиртонерастворимых фосфолипидов, содержащую фосфодиэтилэнаноламины, фосфатидилсерины, фосфатиди-

линозитолы и фосфатидные кислоты в количестве 75-90 масс.% к общему содержанию фосфолипидов в твердой фазе. Вводят их в количестве 0,50-1,00 % к массе молока и дополнительно вводят пектин в количестве 0,50-1,00 % к массе молока. Фосфолипиды и пектин вводят в виде фосфолипидно-пектиновой эмульсии в пастеризованном молоке при соотношении фосфолипиды : пектин : пастеризованное молоко 1:1:5 – 1:2:10 соответственно [21].

Использование пектина в заявляемом соотношении компонентов позволяет получить сыр с новыми свойствами. Введение пектина и фосфолипидов позволяет увеличить влагоудерживающую способность сыра, а также позволяет снизить протекание окислительных процессов жира, содержащегося в сыре, благодаря высоким антиоксидантным свойствам фосфолипидов и пектина, а также наличию синергитического эффекта. Выработанный по способу [21] сыр с ввеением пектина и фосфолипидов приобретает более высокую пищевую ценность и физиологическую активность благодаря совокупным радиопротекторным и иммуномодулирующим свойствам указанных компонентов в заявляемом соотношении.

4.6. Лецитин в технологии глазури для творожных сырков

Сырки творожные глазированные неизменно пользуются большим спросом у потребителей. В соответствии с ГОСТ Р 52790-2007 под термином "творожный глазированный сырок" понимают молочный или молочный составной продукт, произведенный из творожной массы, которая формована, покрыта глазурью из пищевых продуктов, массой не более 150 г.

Для их производства применяют шоколадные и кондитерские глазури, в том числе йогуртную, а также смесь различных глазурей.

Шоколадные глазури, в том числе выработанные в соответствии с ОСТ 10260, ОСТ 10-93 или СТБ 1202, представляют собой тонкоизмельченную кондитерскую массу, полученную смешиванием какао тертого или какао-порошка, какао-масла, сахара, лецитина, ароматизатора.

Кондитерская глазурь (СТБ 2212) – тонкоизмельченная кондитерская масса, изготовленная из эквивалентов и/или заменителей какао-масла, сахара или заменителей сахара, с применением или без примене-

ния какао-продуктов, молочных продуктов, добавлений, вкусовых и/или ароматических веществ, пищевых добавок, предназначенная для покрытия (глазирования) кондитерских изделий и других пищевых продуктов.

Какаосодержащие кондитерские глазури состоят из какао тертого и/или какао-порошка, заменителя какао-масла без добавления молочных продуктов или с их добавлением в количестве менее 10,0%, сахара, лецитина, ароматизатора.

Вырабатывают также белую глазурь без применения какао тертого и/или какао-порошка, с добавлением молочных продуктов и/или продуктов переработки молока. Она содержит сахар, заменитель какао-масла лауринового или нелауринового типа или эквивалент какао-масла, молоко сухое обезжиренное (сыворотку молочную сухую), лецитин, вкусоароматическую добавку "Сливки", ароматизатор идентичный натуральному ванилин [170].

Запатентована композиция для производства творожного глазированного сырка функционального назначения [64], а также линия для их производства [1]. Для приготовления творожного сырка авторами [64] предусмотрено применение творога, сахара-песка, масла сливочного, смеси гуммиарабика и сиропа плодов шелковицы при соотношении 1:25 и глазури, состоящей из лецитина, лактитола, какао-порошка, эмульгатора и муки тонкого помола из виноградной косточки. При этом доля лецитина в глазури составляет 15-20 мас.%. В результате достигается улучшение реологических свойств глазури (вязкости и предела текучести).

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕЦИТИНОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОДУКЦИИ

5.1. Производство майонезов

Майонез является характерным представителем продуктов питания, относящихся к группе эмульсионных. Майонез представляет собой концентрированную эмульсию прямого типа "масло в воде". Непрерывной средой в этой эмульсии является вода, диспергированной фазой – масло. Майонез – многокомпонентный продукт на основе жидких растительных масел и полезных добавок. Кроме растительного масла и воды в состав входят яичные продукты, сахар, горчица, уксус или лимонный сок, соль, пряности. Майонезы относятся к высокопитательным продуктам. В майонез можно вводить разнообразные добавки, заменяющие острые специи и витамины, позволяющие использовать его для питания всех групп населения, в том числе для детского и диетического.

Майонез – один из перспективных жировых продуктов питания. Среди различных приправ и соусов на жировой основе майонезы занимают ведущее положение. Майонез довольно широко применяется в домашней кулинарии и в общественном питании в качестве приправы для приготовления разнообразных салатов, мясных, рыбных и других блюд, придавая им остроту, а также в качестве кремов для кондитерских изделий, добавок к пудингам, сладким и другим блюдам.

Стабилизаторами в майонезе служат поверхностно-активные вещества, образующие вокруг диспергированных капель масла прочные адсорбционные оболочки – свежий яичный белок или желток, цельное яйцо, сухой яичный белок или желток, яичный порошок из цельного яйца, которые могут быть использованы в сочетании с сухим молоком, пектином и др. [85].

В отечественных майонезах основными эмульгаторами, обеспечивающими стабильность эмульсии, являются яичный порошок, сухое обезжиренное молоко. Яичный порошок является совмещенным эмульгатором – это белково-фосфолипидный комплекс, включающий белок и лецитин и сочетающий таким образом преимущества обоих классов ПАВ –

низко- и высокомолекулярных. Яичный порошок – продукт высокой пищевой ценности, но для людей, которые должны контролировать содержание холестерина в продуктах, потребление его должно быть ограничено, так же как и потребление высококалорийных продуктов. Кроме того, яичный порошок – один из дорогостоящих продуктов. Его можно заменить другими эмульгаторами и стабилизаторами, такими как молочно-белковые концентраты, крахмал, карбоксиметилцеллюлоза, пектины, желатин и др. [85].

Запатентован заменитель яичного порошка, содержащий кукурузный глютен в количестве 35-60 мас.%, сухое обезжиренное молоко в количестве 25-35 мас.% и сухую молочную сыворотку в количестве 5-15 мас.%. Используют кукурузный глютен с содержанием 40-70 % белка, сухое обезжиренное молоко с содержанием 32-33 % белка и сухую молочную сыворотку с содержанием 5-15 % белка. Используют кукурузный глютен в виде порошка светло-желтого цвета при влажности 6-12 %. Заменитель яичного порошка может дополнительно содержать комплекс растительных фосфолипидов в количестве до 37-45 мас.%. В качестве комплекса растительных фосфолипидов используют гидрофуз в пастообразной форме [53]. Гидрофуз состоит из фосфатидов, растительного масла, протеина и лецитина. Майонезы, приготовленные на основе данного заменителя яичного порошка, содержат пониженное количество холестерина, обладают стойкостью к расслаиванию при хранении и нагреве.

Наблюдаемая в настоящее время тенденция к снижению калорийности и содержания холестерина в традиционных пищевых продуктах определяет необходимость поиска физиологически ценных пищевых добавок с высокими эмульгирующими, структурирующими свойствами, обеспечивающих высокую дисперсность, стабильность, требуемую вязкость готового продукта например майонеза, а также, повышение его пищевой ценности.

Работами сотрудников Кубанского Государственного технологического университета в области технологии пищевых растительных фосфолипидов и функциональных продуктов на их основе, отличающихся высокой биологической ценностью, обладающих антиокислительным эффектом и повышенными эмульгирующими свойствами, созданы предпосылки замены яичного порошка в рецептурах диетических майонезов [158].

Фосфолипидный продукт "Фито-Тонус", содержащий в себе 50 % фосфолипидов, растительное масло и экстракты лекарственных растений, является перспективным компонентом диетических эмульсий, так как имеет растительную природу, не содержит искусственных добавок, обладает выраженными функциональными свойствами. Результатами исследований органолептических и физико-химических показателей, а также пищевой ценности фосфолипидного продукта "Фито-Тонус" было показано, что введение его в состав майонеза способствует увеличению стойкости майонезной эмульсии, улучшению реологических характеристик, увеличению пищевой ценности, продлению срока гарантийного хранения. Сравнительная оценка устойчивости майонезов "Фито-Тонус" и "Провансаль" к окислительной порче, показали повышенную стабильность нового продукта, которая объясняется, с одной стороны, образованием прочного адсорбционного слоя на поверхности дисперсной фазы, защищающего масляную фазу от контакта к кислородом воздуха, а также высокой антиоксидантной активностью используемых фосфолипидов, в составе которых присутствуют реакционно активные индивидуальные группы. Разработанный майонез "Фито-Тонус" проявляет новые свойства, не характерные для низкокалорийных майонезов, отличается высокой стойкостью, вязкостью, стабильностью и диетическими свойствами, при пониженном в 2 раза содержании яичного порошка, а следовательно, холестерина, при отсутствии искусственных структурообразователей [158].

Запатентован состав диетического майонеза, в который входят масло растительное рафинированное дезодорированное, сухое обезжиренное молоко, альгинат натрия, пищевые растительные фосфолипиды, горчичный порошок, натрий двууглекислый, сахар, соль поваренную, уксусную кислоту 80 %-ную и воду. В качестве пищевых растительных фосфолипидов содержит масложировой фосфолипидный продукт, полученный путем четырехкратной экстракции этиловым спиртом предварительно обезжиренных фосфолипидов при соотношении обезжиренные фосфолипиды : этиловый спирт (1 : 3)-(1 : 5), с образованием спиртового раствора фосфатидилхолина и нерастворимого в спирте осадка. Затем проводят отделение спиртового раствора фосфатидилхолина от осадка и последующее удаление этилового спирта под вакуумом с получением масложирового фосфолипидного продукта [23]. Майонез, соответствующий заявляемому набору и соотношению массовых долей компонентов, проявляет диетические свойства, отличается высокими потребительски-

ми характеристиками (оптимальной вязкостью), проявляет повышенную устойчивость к микробиологической и окислительной порче.

Масложировой фосфолипидный продукт является высокоэффективным эмульгатором, который обеспечивает получение эмульсий прямого типа – "масло в воде". Сочетание масложирового фосфолипидного продукта и альгината натрия позволяет достичь получения майонеза оптимальной вязкости, а также органолептических и физико-химических показателей, близких к характеристикам традиционного майонеза "Провансаль". При этом сочетание масложирового фосфолипидного продукта с альгиновыми кислотами, входящими в состав альгината натрия, проявляет повышенное антиоксидантное действие, что обусловливается повышенной степенью инактивации ионов металлов, содержащихся в рецептурных компонентах. Учитывая, что масложировой фосфолипидный продукт обладает гиполипидемическими, гипохолестеринемическими, антиоксидантными и радиопротекторными свойствами, а альгинат натрия является источником биологически активного йода, эффективным сорбентом тяжелых металлов и радионуклидов, их сочетанное действие обусловливает высокую физиологическую ценность заявляемого майонеза и проявление им профилактических свойств [23].

Многокомпонентный состав майонезов представляет широкие возможности для конструирования продуктов, предотвращающих дефицитные состояния по эссенциальным жирным кислотам, витаминам и другим физиологически функциональным ингредиентам.

Спильник И.В. научно обоснована и экспериментально доказана целесообразность и эффективность включения в майонезы трехкомпонентной смеси растительных масел, состоящей из подсолнечного, оливкового и соевого, с оптимальным соотношением ω_6: ω_3 жирных кислот в триацилглицеринах, обеспечивающих лечебно-профилактические свойства готового продукта. Экспериментально обоснована целесообразность и эффективность применения в качестве жировой фазы майонезов трехкомпонентой смеси дезодорированных рафинированных растительных масел – подсолнечное, оливковое и соевое при соотношении 25 : 55 : 20 (по массе) с оптимальным соотношением ω_6: ω_3 жирных кислот (15,6 :1,0) в триацилглицеринах, обеспечивающем гипохолестеринемические, гепатопротекторные и гиполипидемические свойства майонезов [139].

В результате сравнительного анализа химического состава и показателей качества подсолнечных активированных фосфолипидов, полу-

ченных с применением методов химического и электромагнитной активации, биологически активной добавки "Янтарная", полученной из выжимок томатов с применением метода механохимический активации, и яичного порошка – традиционного эмульгатора майонезных эмульсий, выявлено, что эффективной заменой яичного порошка могут быть подсолнечные активированные фосфолипиды и БАД "Янтарная".

Выявлено положительное влияние подсолнечных активированных фосфолипидов и БАД "Янтарная" на стойкость и реологические свойства майонезных эмульсий. Определены их эффективные дозировки 0,8 – 1,0 % подсолнечных активированных фосфолипидов и 1,5 – 2,0 % БАД "Янтарная" к массе майонеза, обеспечивающие высокие потребительские свойства и физиологическую ценность разработанных майонезов.

На основании экспериментальных данных разработаны рецептуры и технологические режимы производства майонезов функционального назначения, обогащенных подсолнечными активированными фосфолипидами и БАД "Янтарная".

Выявлено, что применение подсолнечных активированных фосфолипидов и БАД "Янтарная" при производстве майонезов функционального назначения позволяет увеличить гарантийные сроки их хранения до 50 сут. при температуре от 0 до 10 °С, т.е. на 20 сут. больше, чем для майонезов, полученных по известным рецептурам [139].

Расширение ассортимента диетических майонезов достигается, к примеру, изменением параметров получения фосфолипидных продуктов, входящих в их состав, а также введением дополнительных ингредиентов. Так, сотрудниками КубГТУ разработан состав диетического майонеза [27], включающий масло растительное рафинированное дезодорированное, сухое обезжиренное молоко, пищевые растительные фосфолипиды, натрий двууглекислый, сахар, соль поваренную, уксусную кислоту 80 %-ную и воду. В качестве пищевых растительных фосфолипидов содержит масложировой фосфолипидный продукт, полученный путем экстракции этиловым спиртом фосфолипидных концентратов при соотношении фосфолипидные концентраты : этиловый спирт (1 : 3)-(1 : 7) и температуре 40-60 °С с образованием спирторастворимой и спиртонерастворимой фракций фосфолипидов. Отделение спирторастворимой фракции фосфолипидов от спиртонерастворимой фракции фосфолипидов и последующее удаление из спирторастворимой фракции этилового спирта под вакуумом с получением масложирового фосфолипидного продукта. Наряду с ис-

пользуемыми ингредиентами майонез также содержит порошок из выжимок томатов, полученный путем измельчения выжимок томатов в тонкой, вращающейся по спирали пленке толщиной 0,1-0,5 мм при давлении 200-250 кг/см^3 и температуре 20-30 °С. При этом все используемые в майонезе ингредиенты берутся в определенных соотношениях. Майонез обладает высокими потребительскими свойствами, оптимальной вязкостью и диетическими свойствами.

Сотрудниками Тихоокеанского государственного экономического университета запатентован состав функционального майонеза профилактического назначения [34], содержащий, мас.%: масло растительное рафинированное дезодорированной – 55,0-60,0, молоко сухое обезжиренное – 1,6-1,8, эмульгатор-стабилизатор, включающий лецитин из семян подсолнечника и ламиналь в массовом соотношении 5 : 4 – 8 : 9, фуколам С – 0,1-0,3, сахар – 1,5-1,7, соль поваренную – 1,1-1,2, горчичный порошок – 0,75-1,00, 80 %-ную уксусную кислоту – 0,6-0,8, натрий двууглекислый – 0,05-0,06 и воду – остальное. Изобретение позволяет получить продукт, потребление которого способствует снижению уровня холестерина в крови, нормализации липидно-углеводного обмена, положительно воздействует на состояние желудочно-кишечного тракта.

Комплексный эмульгатор-стабилизатор, включающий лецитин из семян подсолнечника и ламиналь в заявляемом соотношении, не только обладает высокими стабилизирующими и структурирующими свойствами, повышает значения начальной вязкости и пределов текучести продукта, улучшает его пластичность и обеспечивает высокую биологическую ценность продукта, повышает его функциональные свойства.

Лецитин из семян подсолнечника представляет собой комплекс эссенциальных фосфолипидов и полиненасыщенных жирных кислот, являющийся эффективным эмульгатором и одновременно проявляющий высокую физиологическую активность. Он является транспортным средством для доставки питательных веществ, витаминов и лекарств к клеткам. При дефиците лецитина снижается эффективность воздействия абсолютно всех лекарственных препаратов. Он также является мощным антиоксидантом, предупреждает образование высокотоксичных свободных радикалов в организме. Обладает выраженным гиполипидемическим и гипохолестеринемическим действием. При этом лецитин из семян подсолнечника не вносит риска, связанного с мутагенной активностью, не

содержит фитоэстрогенов и веществ, вызывающих аллергические реакции (в отличие, например, от широко используемого соевого лецитина) [34].

Особый интерес для конструирования диетических майонезных соусов в качестве рецептурных компонентов представляют продукты переработки зародышей кукурузы: рафинированное дезодорированное кукурузное масло, кукурузный лецитин и БАД "Кукурузка" как комплексный эмульгатор. Установлено, что кукурузный лецитин по содержанию целевого компонента – фосфолипидов не уступает подсолнечному, а по содержанию наиболее физиологически ценной группы фосфолипидов – фосфатидилхолину, а также по содержанию провитамина D и γ-токоферолов, обладающих высокой антиокислительной способностью, превосходит подсолнечный лецитин.

Учеными выявлены противовоспалительные и защитные свойства кукурузного лецитина при воздействии на организм человека токсических факторов, при этом степень проявления указанных свойств кукурузного лецитина более выражена по сравнению с подсолнечным лецитином.

Установлено, что кукурузный лецитин на границе раздела фаз «масло-вода» по сравнению с подсолнечным проявляет в большей степени поверхностно-активные свойства, характеризуемые поверхностной активностью и адсорбцией Гиббса, что обусловлено высоким содержанием в его составе фосфатидилхолинов, а также оптимальным соотношением групп: фосфатидилхолины-фосфатидилэтаноламины (2 : 1).

Диетические низкокалорийные майонезные соусы 30 %-ной и 38 %-ной жирности, полученные по разработанным рецептурам и технологическим режимам, характеризуются высокими показателями качества и пищевой ценностью, отвечают требованиям безопасности [78, 138].

Для повышения функциональных и потребительских свойств разрабатываемых рецептур майонезов, исследователи предлагают в качестве антиоксидантно-эмульгирующей добавки комплекс с использованием красного пальмового (облепихового) масла, фосфолипидов и каротиноидов. Установлено оптимальное процентное соотношение компонентов антиоксидантно-эмульгирующего комплекса: двухкомпонентная смесь растительных масел / лецитин / красное пальмовое масло (85 : 10 : 10); двухкомпонентная смесь растительных масел / лецитин / облепиховое масло (85 : 10 : 5) [140].

5.2. Кулинарные жиры, маргарины и шортенинги

Кулинарные жиры относятся к маргариновой продукции. Они не содержат водно-молочной фазы и состоят из смеси растительных, гидрированных, переэтерифицированных и гидропереэтерифицированных жиров, а также пищевых животных топленых жиров. Кулинарные жиры не имеют оптимального жирнокислотного состава триацилглицеринов (ТАГ), в них недостаточно незаменимых полиненасыщенных жирных кислот и большое количество *транс*-изомеров. Однако их можно рассматривать как самый подходящий продукт для обогащения жирорастворимыми витаминами А и Е. Сотрудниками КубГТУ получен томатно-масляный экстракт (ТМЭ), вырабатываемый из томатных выжимок по специальной технологии [81]. Этот экстракт был взят в качестве биологически активной добавки для обогащения кулинарного жира. Он содержит в своем составе жирорастворимые физиологически ценные вещества, такие как фосфолипиды, каротиноиды и токоферолы.

Был исследован жирнокислотный состав триацилглицеринов ТМЭ, % к сумме жирных кислот [81]:

Миристиновая $C_{14:0}$	0,3		
Пальмитиновая $C_{16:0}$	10,5		
Стеариновая $C_{18:0}$	5,8		
Арахиновая $C_{20:0}$	0,2	Олеиновая $C_{18:1}$	26,1
Лигноцериновая $C_{24:0}$	0,7	Линолевая $C_{18:2}$	53,8
Церотиновая $C_{26:0}$	0,3	Линоленовая $C_{18:3}$	2,3
Сумма насыщенных (ΣS)	17,8	Сумма ненасыщенных (ΣUS)	82,2

Анализ показывает, что в ТМЭ содержится более 80% физиологически ценных ненасыщенных жирных кислот с оптимальным соотношением линолевой ($\omega 6$) и линоленовой ($\omega 3$) кислот, регулирующих холестериновый обмен в организме. Характерно преобладание эссенциальной линолевой кислоты, ее содержание в ТМЭ достигает 53,8 %.

Разработку рецептуры кулинарного жира вели с учетом создания кулинарных жиров с оптимальным соотношением твердой и жидкой фаз. Исследования проводили на реальных образцах кулинарного жира. За

основу была взята рецептура кулинарного жира Белорусский. В опытных образцах саломас заменяли ТМЭ массовой долей от 10 до 20 %. Органолептическая оценка полученных образцов показала, что увеличение дозировки выше 16 % снижает органолептические показатели жира. Остальные образцы имеют желтую окраску с оранжевым оттенком и обладают приятным вкусом с запахом свежих томатов.

Проведенные исследования легли в основу разработки рецептуры кулинарного жира Краснодарский, которая в сравнении с жиром Белорусский (контроль) приведена в табл. 5.1 [81].

Таблица 5.1. Рецептура кулинарного жира

Наименование компонентов	Содержание в образце, %	
	Белорусский (контроль)	Краснодарский
Саломас марки 1	47,0	39,5
Жир говяжий топленый пищевой	23,0	23,0
Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное	30,0	30,0
Томатно-масляный экстракт (ТМЭ)	–	7,5

Для оценки потребительских свойств были изучены физико-химические показатели жиров (табл. 5.2).

Приведенные данные свидетельствуют, что введение ТМЭ в рецептуру кулинарного жира способствует образованию при температуре 25°С жидких пленок непрерывной среды с оптимальной толщиной, при этом не происходит сращивания кристаллов при механическом воздействии на систему. Разработанный кулинарный жир Краснодарский имеет коагуляционную структуру и обладает лучшими пластическими свойствами по сравнению с контрольным образцом. Превосходя последний по всем показателям, жир Краснодарский за счет обогащения жирорастворимыми витаминами и ωб жирными кислотами обладает повышенной физиологической ценностью.

Готовый кулинарный жир фасовали в брикеты, завернутые в алюминиевую каптированную фольгу. Для определения сроков и условий хранения кулинарного жира Краснодарский при максимальном сохране-

нии его пищевой ценности расфасованный жир хранили при температурах 3 и 10°С в течение соответственно 6 и 3 мес.

Таблица 5.2. Физико-химические показатели жиров

Показатель	Белорусский (контроль)	Краснодарский
Температура плавления, °С	35,8	30,2
Содержание жирных кислот, %:		
насыщенных	28,3	25,7
ненасыщенных, в том числе	71,7	74,3
линолевой кислоты	20,9	24,6
Массовая доля трансизомеров, %	18,8	15,8
Содержание твердых триацилглицеринов, %, при температуре, °С:		
30	7	5
35	5	3
40	2	отсутствуют
Кислотное число, мг КОН/г	0,51	0,27
Перекисное число, ммоль 1/2 О/кг	3,43	2,16
Содержание мг%:		
каротиноидов	отсутствуют	4,28
токоферолов	2,37	10,10

Отмечено, что при 10 °С сохранность опытного образца на 1 мес. дольше контрольного и достигает 3 мес. При пониженных температурах срок безопасного хранения без изменения качества разработанного кулинарного жира Краснодарский достигает 6 мес., т. е. на 2 мес. больше, чем в контроле.

Для наиболее полной товароведно-экспертной оценки на следующем этапе исследовали изменение физиологической ценности кулинарных жиров в процессе хранения при различных температурах.

О сохранности витаминов судили по скорости разрушения β-каротина в течение 6 мес. хранения при температурах 3 (кривые 1 и 2) и 10 °С (кривые 1' и 2'). В качестве контроля был взят образец кулинарного жира Белорусский, витаминизированный 0,2 %-м масляным раствором β -каротина в количестве 0,02 % к массе жира (рис. 5.1) [81].

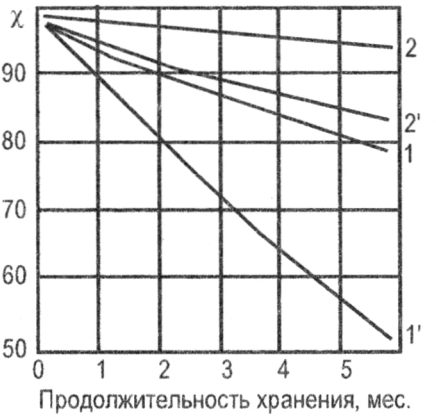


Рис. 5.1 Динамика содержания β-каротина в кулинарном жире

Из данных, представленных на рис. 5.1 видно, что в кулинарном жире Краснодарский потери β-каротина при хранении в течение 6 мес. при температуре 3 °С не превысили 5 %, а при температуре 10 °С – 15 %. При хранении кулинарного жира Белорусский потери (β-каротина при аналогичных условиях составили 20 и 45 %. Таким образом, окисление β-каротина в кулинарном жире Краснодарский происходит значительно медленнее, что объясняется введением в его состав ТМЭ, содержащего естественные антиоксиданты, токоферолы и фосфолипиды. Все вышесказанное позволяет сделать следующие выводы:

– ТМЭ является высокоэффективной биологически активной добавкой растительного происхождения к кулинарным жирам, позволяющей повысить физиологическую ценность продукта, увеличить сроки его хранения при температуре 3 °С на 2 мес., при температуре 10 °С на 1 мес.;

– в процессе хранения в кулинарном жире, обогащенном ТМЭ, потери В-каротина значительно ниже, чем в контрольном образце [81].

Маргариновая продукция, благодаря возможности корректирования и изменения в достаточно широких интервалах рецептурных компонентов, позволяющего обеспечить оптимальный жировой состав и набор физиологически ценных ингредиентов, относится к наиболее перспективной группе пищевых эмульсионных продуктов [105].

Основными направлениями в создании жировых продуктов эмульсионной природы, в частности маргаринов, являются, во-первых, замена в рецептурах гидрированных жиров (саломасов), являющихся источника-

ми нежелательных транс-изомеров жирных кислот, на растительные масла – источники незаменимых жирных кислот и физиологически функциональных ингредиентов, во-вторых, одновременное снижение калорийности продукта путем снижения содержания жировой основы (низкокалорийные маргарины 40-50 %-ной жирности), и, в-третьих, обеспечение устойчивости готовых продуктов к окислению и к микробиологической порче в процессе хранения.

Для реализации первого направления используют твердые и жидкие растительные масла, подбирая рецептурный состав таким образом, чтобы обеспечить получение маргариновых эмульсий с заданными потребительскими свойствами, включая и физиологически функциональные свойства. Из твердых растительных масел для создания жировых основ маргариновых эмульсий в промышленности широко применяют пальмовое масло. Однако, пальмовое масло является импортным продуктом, цена которого варьируется в зависимости от множества факторов. К тому же включение пальмового масла в рецептурный состав жировых продуктов не решает проблему повышения их биологической эффективности, так как пальмовое масло отличается высоким содержанием насыщенных жирных кислот.

Учитывая это, авторами [105] проведены исследования, позволяющие определить возможность максимальной замены в жировой основе пальмового масла на растительные масла отечественного производства.

Такая возможность появилась благодаря селекционным работам, проводимым ВНИИ масличных культур Россельхозакадемии, которые позволили создать семена подсолнечника с высоким содержанием олеиновой и пальмитиновой кислот.

В качестве объектов исследования выбраны рафинированные дезодорированные подсолнечные масла олеинового типа с высоким содержанием олеиновой кислоты и рафинированные дезодорированные подсолнечные масла пальмитинового типа с высоким содержанием пальмитиновой кислоты, а также рафинированное дезодорированное пальмовое масло.

Учитывая, что пластичные свойства маргаринов, являющихся сложной дисперсной системой, зависят от жирнокислотного состава триацилглицеринов масел, входящих в жировую основу, определяли их жирнокислотный состав (табл. 5.3) [105].

Таблица 5.3. Жирнокислотный состав рафинированных дезодорированных растительных масел

Наименование жирной кислоты	Массовая доля жирной кислоты, % к общей сумме жирных кислот		
	рафинированное дезодорированное масло		
	пальмовое	подсолнечное	
		олеинового типа	пальмитинового типа
Миристиновая	2,5	отсутствие	отсутствие
Пальмитиновая	44,1	3,4	31,0
Стеариновая	3,9	2,5	2,2
Арахиновая	отсутствие	0,1	0,2
Бегеновая	отсутствие	0,8	1,1
Сумма НЖК	50,5	6,8	34,5
Пальмитолеиновая	0,2	0,1	5,1
Олеиновая	39,1	86,0	12,3
Эйкозеновая	отсутствие	0,2	0,1
Сумма МНЖК	39,3	86,3	17,5
Линолевая	10,2	6,9	48,0
Сумма ПНЖК	10,2	6,9	48,0

Анализ полученных данных показал, что подсолнечное масло пальмитинового типа отличается высоким содержанием пальмитиновой кислоты, наличие которой обусловливает образование коагуляционной структуры и кристаллов в β-форме, что позволит обеспечить пластичность и однородность структуры готового продукта.

Подсолнечное масло пальмитинового типа, наряду с высоким содержанием пальмитиновой кислоты, отличается также высоким содержанием эссенциальной линолевой кислоты. Подсолнечное масло олеинового типа отличается высоким содержанием олеиновой кислоты, что повышает окислительную стабильность масел данного типа и продуктов на их основе. Подсолнечные масла олеинового и пальмитинового типов со-

держат незначительные количества стеариновой кислоты, доля которой в составе жировой основы для маргариновой продукции не должна превышать 3 %, так как избыток стеариновой кислоты оказывает отрицательное влияние на формирование кристаллической решетки и способствует образованию нежелательной конденсационно-кристаллизационной структуры, в основе которой находятся центры кристаллизации в форме β-модификации.

Маргарины, имеющие данную кристаллическую модификацию, отличаются высокой температурой плавления, наличием крупных кристаллов, что отрицательно сказывается на потребительских свойствах маргарина, вызывая крошливость, грубость и неоднородность вкуса. О пищевой ценности растительных масел можно судить по наличию в их составе физиологически функциональных ингредиентов(табл. 5.4) [105].

Из данных табл. 5.4 видно, что подсолнечные масла олеинового и пальмитинового типов отличаются высоким содержанием токоферолов (витамин Е), а также стеролов, в том числе β-ситостеролов (провитамин D).

Таблица 5.4. Состав и содержание физиологически функциональных ингредиентов в растительных маслах

Наименование физиологически функционального ингредиента	Содержание физиологически функционального ингредиента		
	рафинированное дезодорированное масло		
	пальмовое	подсолнечное	
		олеинового типа	пальмитинового типа
Ненасыщенные жирные кислоты, г/100 г, в том числе	39,80 – 40,50	83,00 – 84,20	58,00 – 60,00
полиненасыщенные	9,00 – 9,30	6,00 – 6,30	43,00 – 43,40
Токоферолы (витамин Е), мг / 100 г, в том числе:	15,1 – 16,2	100,1–102,0	107,0 – 109,0
α-токоферолы	4,40 – 4,65	50,30 – 52,10	80,15 – 82,00
β- и γ-токоферолы	10,10 – 10,50	47,80 – 50,15	25,20 – 27,50
δ-токоферолы	0,30 – 0,50	0,45 – 0,55	0,65 – 0,75
Стеролы, г/100 г, в том числе:	0,08 -0,11	0,45 – 0,50	0,35 – 0,42
β-ситостерол (провитамин D)	0,04 – 0,06	0,32 – 0,38	0,25 – 0,30

Таким образом, проведенные исследования показали, что подсолнечные масла с высоким содержанием олеиновой и пальмитиновой кислот являются перспективным сырьем для создания маргариновых эмульсий.

Жирнокислотный состав и пищевая ценность разработанных композиционных смесей жировой основы низкокалорийных маргаринов приведены в табл. 5.5 и 5.6 [105].

Таблица 5.5. Жирнокислотный состав композиционных смесей жировых основ низкокалорийных маргаринов

Наименование жирной кислоты	Массовая доля жирной кислоты, % к общей сумме жирных кислот для жировой основы маргарина жирностью	
	40 % (композиционная смесь I)	50 % (композиционная смесь II)
Миристиновая	0,4	0,3
Пальмитиновая	28,7	27,8
Стеариновая	2,5	2,4
Арахиновая	0,1	0,2
Бегеновая	0,9	0,8
Сумма насыщенных жирных кислот (НЖК)	32,6	31,5
Пальмитолеиновая	3,6	4,2
Олеиновая	28,3	27,0
Эйкозеновая	0,1	0,1
Сумма мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК)	32,0	31,3
Линолевая	35,4	37,2
Сумма полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК)	35,4	37,2

Таблица 5.6. Состав биологически активных веществ композиционных смесей жировых основ низкокалорийных маргаринов

Наименование композиционной смеси	Наименование и содержание ингредиента					
	токоферолы (витамин Е), мг / 100 г				β-ситостерол (провитамин D), г/100 г	полиненасыщенные жирные кислоты, г/100г
	всего	α	β + γ	δ		
Композиционная смесь I жировой основы маргарина 40%-ной жирности	91,4	63,6	27,2	0,6	265,2	31,6
Композиционная смесь II жировой основы маргарина 50%-ной жирности	92,9	64,9	27,2	0,6	255,1	32,0

Известно, что практическая реализация комплекса задач по созданию маргаринов нового поколения с высоким содержанием водной дисперсной фазы может быть обеспечена только в результате применения биологически активных добавок, к которым относятся и лецитины, проявляющие разнообразные технологические функции.

Высокие поверхностно-активные свойства подсолнечных лецитинов олеинового типа, полученных по инновационной технологии, должны обеспечивать и их достаточно высокие эмульгирующие свойства [105].

При разработке рецептур низкокалорийных маргаринов функционального назначения важным фактором формирования заданных потребительских свойств является наличие не только эффективных с технологической точки зрения эмульгатора и стабилизатора, позволяющих получать стабильные маргариновые эмульсии с мягкой консистенцией и хорошей намазываемостью, но и обладающих высокой пищевой ценностью и физиологической активностью. В качестве эмульгатора авторами [104] рекомендуется применять подсолнечные лецитины олеинового ряда, а в качестве стабилизатора – альгинат натрия и белково-полисахаридную добавку, полученную из выжимок томатов, содержащую 26 % белков, 43 %

пищевых волокон, 3 мг% β-каротина и 15 мг% ликопина. Разработанные маргарины отличаются нежным светло-желтым цветом, достичь которого удалось без применения красителей за счет использования в рецептуре липидно-витаминной добавки, полученной из выжимок томатов.

Производителям хлебобулочных и мучных кондитерских изделий предлагаются специальные пластичные жиры для выпечки – шортенинги. Термин «шортенинг» первоначально обозначал жиры, которые использовались для придания выпеченным изделиям рассыпчатой или мягкой текстуры. Наряду с формированием мягкой текстуры, шортенинг также влиял на вкус, пищевые характеристики и внешнюю привлекательность выпеченных изделий. Перечень таких продуктов включал в себя хлебобулочные изделия, кексы, изделия из сдобного теста, бисквиты, печенье, крекер, различные пироги, где основным и необходимым ингредиентом является мука [96].

В техническом регламенте таможенного союза ТР ТС 024/2011 "Технический регламент на масложировую продукцию" и "Кодекс Алиментариус. Жиры, масла и производные продукты" нет определения "шортенинга", но часто этот термин встречается в технологической литературе. Сегодня слово "шортенинг" больше не связано с функцией, которую он обеспечивает в выпеченном продукте, а используют в понятии "жировой продукт" и распространяется также на жиры, которые предназначены для самых разных сфер применения, например, в кондитерской, молочной, хлебопекарной промышленности.

Но чем же шортенинги отличаются от специализированных жиров? Состав шортенингов постепенно менялся – от природных жиров изготовители перешли к смесям масел, гидрогенизированных и твердых жиров, что позволяет регулировать содержание ТТГ, температуру плавления и характерную форму кристаллизации – показатели, определяющие консистенцию продукта. В результате предприятия масложировой отрасли получили возможность разрабатывать шортенинги с заданными функциональными характеристиками. Многие из этих функциональных свойств шортенингов обусловлены присутствием различных добавок, в том числе эмульгаторов (Е322, Е471, Е475). Типичные пищевые эмульгаторы дополняют и улучшают функциональность масложирового продукта с правильно подобранным составом, действуя в качестве модификатора кристаллизации, диспергирующего вещества, аэрирующего агента, создавая определенную структуру, улучшая органолептические показатели, увели-

чивая срок хранения, препятствуя слипанию, улучшая влагоудерживающую способность и стабилизируя эмульсию или выполняя другие полезные функции. Развитие производства шортенингов, в состав которых входят эмульгаторы, обеспечивает новые сферы применения этой продукции масложировой отрасли и выпуску шортенингов для конкретных продуктов или специальных технологий производства [96, 107].

Различают шортенинги универсального назначения и специализированне: шортенинги для МКИ, глазури, заменители молочного жира, хлебопекарные, для фритюра и т.д.

5.3. Экстракт фосфолипидов – стабилизатор рыбьего жира

Известно, что рыбные жиры склонны к быстрой порче ввиду высокой непредельности их жирных кислот. Одним из факторов, лимитирующих срок хранения жиров, является нарастание содержания Продуктов их окисления, Для замедления этих процессов применяют различные ингибиторы и антиоксиданты. Среди наиболее эффективных натуральных антиокислителей приоритетное место занимают фосфолипиды, особенно лецитины.

Фосфолипиды являются комплексообразователями, инактивирующими металлы, которые при взаимодействии с молекулами окисляемого вещества образуют соединения, вызывающие распад гидроперекисей и образование свободных радикалов, инициирующих цепи окисления. Фосфолипиды могут выступать как синергисты, усиливающие действие природных антиоксидантов, предполагается также возможность их непосредственной реакции с гидроперекисями, в результате которой образуются неактивные соединения и происходит обрыв цепной реакции [157].

Фосфолипиды позитивно влияют на реологические свойства крови, содействуют усиленной эмульгации жировых частиц в просвете кишечника, стимулируют обратный транспорт холестерина, проявляют регенеративный эффект в отношении поврежденных клеточных мембран. Очевидно, что сочетание антиокислительных и физиологически активных свойств в составе различных жировых композиций позволит расширить ассортимент лечебно-профилактических продуктов, придавая им опреде-

ленную направленность терапевтического действия, с одной стороны, и увеличивая срок хранения за счет ингибирования окисления, с другой [157].

Создание разнообразных композиций на основе рыбьего жира, являющегося источником полиненасыщенных жирных кислот ω-3, витаминов A, D и функциональных ингредиентов животного или растительного происхождения становится в последние годы перспективным направлением в области переработки морепродуктов. Учитывая опыт обогащения рыбных жиров экстрактами различных фитокомпонентов сотрудниками Полярного ПИИ морского рыбного хозяйства и океанографии разработана технолог и введения в данный продукт фосфолипидного концентрата.

Концентрат выделяли из некондиционных гонад морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis*. В качестве субстрата для окисления использовали нерафинированный тресковый жир, полученный методом двукратного жиротопления при автоклавировании в лабораторных условиях.

Вследствие плохой растворимости фосфолипидного копнен грата в рыбьем жире, его предварительно растворяли в этаноле. Полученный спиртовой экстракт далее вводили в жировую основу. При этом массовая доля вносимых в жир фосфолипидов составила 1 %. Степень окисления липидов и уровень их гидролитического расщепления оценивали по стандартным показателям (кислотное, перекисное, йодное и альдегидное числа), используя для сравнения контрольный образец трескового жира без добавок. Контрольный и опытный образцы хранили в герметично закупоренных флаконах из темного стекла без доступа света при температуре +4 °С.

Для постановки эксперимента использовали образец фосфолипидного концентрата, содержащий (по данным тонкослойной хроматографии) 79,6 % фосфолипидов, в том числе 33,2 % фосфатидилхолина, 10,3 – фосфатидилэтаноламина, 9,3 – гликозидов, 5,7 – триглицеридов, 2,6 – стеринов, 1,8 % свободных жирных кислот.

Витамины в неомыляесой части концентрата представлены 7-дегидрохолестеролом, токоферолом и ретинолом.

Из данных табл. 5.7 видно, что введение экстракта в рыбий жир сопровождалось увеличением кислотного числа последнего, что обусловлено природой экзогенных фосфолипидов, а не накоплением свободных жирных кислот. Известно, что фосфолипиды морских гидробионтов содержат высокие концентрации фосфостеринов, фосфатидных кислот и фосфатидил-инозита, которые определяют их кислотность. Вследствие

этого концентрат фосфолипидов приобретает высокое кислотное число – 45,5 мг КОН.

Таблица 5.7. Изменение показателей качества липидов трескового жира в контрольном и опытном вариантах

Длительность хранения, мес.	Кислотное число, мг КОН		Перекисное число, моль Ог/кг		Альдегидное число, Е (г/100 мл)/см		Йодное число, % йода	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
0	2,70	4,23	14,95	13,22	0,308	0,248	144,10	144,24
1	3,02	3,53	24,40	17,31	0,326	0,378	143,73	143,84
2	3,24	2,74	43,28	24,40	0,803	0,512	138,38	14.3,48
3	3,15	4,08	145,60	34,63	1,990	0,474	100,88	99,68
5,5	3,10	3,80	74,86	36,99	0,927	0,376	90,27	98,02
8	3,13	3,54	109,00	51,55	1,363	0,790	86,82	108,34

В течение всего периода хранения кислотное число контрольного образцы увеличивалось незначительно – с 2,70 до 3,13 мг КОН, достигая максимального значения после двух месяцев – 3,24 мг КОН. В то же время гидролитически изменения в жировой композиции с фосфолипидами имели тенденцию снижения показателей в начальный период хранения с 4,23 до 2,74 мг КОН с после дующим резким повышением до 4,08 мг КОН через три месяца, после чего кислотное число продолжало уменьшаться.

Такие колебательные изменения в содержании свободных жирных кислот согласуются с общепринятыми представлениями о гидролитических изменениях в рыбных жирах. Гидролиз является обратимым процессом, направления которого зависят от условий, концентраций исходных компонентов и продуктов реакции.

Накопление первичных продуктов окисления в чистом рыбьем жире происходило также скачкообразно, причем через три месяца хранения количество перекисей по сравнению с исходной концентрацией возросло почти в 10 раз. В рыбьем жире с фосфолипидами в течение всего срока хранения перекисное число возрастало постепенно с 13,22 до 1,55 ммоль O_2/кг. При этом в контрольном образце первичное окисление липидов по сравнению с опытным происходило более интенсивно. Значения перекисного

числа чистого рыбьего жира в 2 и более раз превосходило значения этого показателя для жировой композиции с фосфолипидами.

Прирост карбонильных соединений, которые являются вторичными продуктами окисления, имел экстремальный характер как в контрольном, так и в опытном образцах с максимумами после трех и двух месяцев хранения соответственно. Однако в рыбьем жире с фосфолипидами значения альдегидных чисел на протяжении всего срока хранения были ниже, чем в чисто рыбьем жире без добавок. После восьми месяцев хранения в обоих образцах начинается повторное увеличение этого показателя на фоне значительного повышения содержания перекисей, что свидетельствует о глубоком процессе окисления липидов. При этом в рыбьем жире с фосфолипидами вторичных продуктов окисления образуется в 1,7 раз меньше, чем в жире без добавок.

Скорость окисления липидов непостоянна. На определенном этапе, обычно начальном, она возрастает, затем уменьшается. Процесс является самоускоряющимся или автокаталитическим, так как скорость окисления со временем возрастает благодаря образованию продуктов, катализирующих протекание реакции. В результате изучения кинетики накопления продуктов, образующихся при окислении липидов, было установлено, что вторичные продукты получаются за счет разрушения перекисей. Поэтому в системе, где происходит глубокий процесс окисления, протекают одновременно реакции образования перекисных соединений по механизму вырожденно-разветвленных цепей и их распад на эпокси- и карбонильные соединения. Отсюда и происходят резкие скачкообразные изменения значений перекисного и альдегидного чисел.

Окисление липидов сопровождалось также уменьшением йодных чисел, что свидетельствует о насыщении двойных связей полиеновых жирных кислот за счет окислительных процессов. В течение всего периода хранения йодное число 86,82 % йода, а при внесении в него фосфолипидного экстракта уменьшилось с 144,24 до 98,02 % йода после пяти с половиной месяцев хранения с последующим увеличением до 108,34 % йода. Следует отметить, что интенсивное насыщение двойных связей началось в период активного образования перекисных и карбонильных продуктов окисления, т.е. после двух месяцев хранения.

Динамика накопления первичных и вторичных продуктов окисления свидетельствует о том, что фосфолипидный концентрат проявляет антиокислительный эффект, повышая устойчивость рыбьего жира к окисли-

тельной порче в процессе хранения. Ингибирование окисления происходит при образовании как первичных, так и вторичных продуктов окисления. Можно предположить, что антиокислительный эффект фосфолипидного концентрата связан со способностью фосфолипидов разрушать пероксиды без образования свободных радикалов, которые в свою очередь являются инициаторами окисления. В то же время фосфолипиды в смеси с другими составляющими, такими как стерины (в том числе 7-дегидрохолестерол), токоферол, ретинол и гликозиды, образуют единую систему защиты липидов от окисления. При этом фосфатидилхолин и фосфатидилэтаноламин могут проявлять синергическую активность алифатических аминов за счет входящих в их состав азотистых оснований.

Очевидно, обогащение широко применяемого в диетологии рыбьего жира фосфолипидным концентратом также будет способствовать повышению его терапевтического эффекта благодаря введению таких функциональных ингредиентов, как фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин, гликозиды.

Таким образом, внесение фосфолипидов из морского ежа в рыбий жир повышает устойчивость последнего к окислительной порче и позволяет создать новую композицию, относящуюся к разряду биологически активных пищевых добавок. Раздел подготовлен по материалам [157].

6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕЦИТИНОВ В ПОЛУЧЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК

Биологические активные вещества, или парафармацевтики, известны с глубокой древности. К ним относят вещества различного действия, содержащиеся в том числе в пищевых продуктах. Например, стимулирующие химические соединения содержатся в чае, кофе; ядовитые – в грибах; наркотические – в маке; вещества, обладающие лечебно-профилактическим действием – в моркови, капусте, черносливе, цитрусовых.

Биологически активные вещества являются объектом исследования науки о здоровье человека – фарманутриэкологии. Научный подход к понятию "здоровье" должен быть количественным. С этой точки зрения здоровье – это сумма "резервных мощностей" основных функциональных систем человека [89].

Пища служит главным источником биологически активных веществ. В древности природные продукты не разделяли на пищевые и лекарственные. Гиппократ в книге "О ветрах" писал: "Какое лекарство от голода?... очевидно, то, что утоляет голод. Но это делает пища, поэтому в ней и заключается лекарство".

Авиценна в "Каноне врачебной науки" чуть ли не через каждые три страницы упоминал о "лекарственной пище" и "пищевых лекарствах". В традиционной медицине стран Юго-Восточной Азии очень мало токсичных лекарств, однако среди них множество растений, используемых в пищу.

По классификации Авиценны, не потерявшей значения и в наши дни, действие лекарств подразделяют на четыре группы:

– эффект принятого лекарства не ощутим;

– лекарства действуют сильнее, но не настолько, чтобы принести вред;

– лекарства причиняют явный и существенный вред;

– лекарства губят и разрушают.

С учетом таких различий науку о лекарствах – фармакологию – подразделяют на фармакотерапию и фармакосанацию. Фармакотерапия занимается изучением способов лечения болезней с помощью лекарств. Фармакосанация исследует действие биологически активных веществ,

которые поступают в организм с пищей или в виде лекарственных препаратов, предназначенных для повышения устойчивости к различным неблагоприятным воздействиям, профилактики заболеваний и нормализации измененных функций организма.

В соответствии с задачами использования биологически активных веществ здоровыми людьми и характером их действия фармакосанация может быть разделена на три подвида:

– *Алиментарная*. Рассматривает роль биологически активных веществ, поступающих в организм с пищевыми продуктами. Наиболее важными ее объектами являются чай, кофе, сахар и сахарозаменители, безалкогольные напитки, плоды, овощи, пряности и приправы, вина и различные настойки на их основе;

– *Медицинская*. Исследует полезные и вредные аспекты действия биологически активных веществ на память, зрение и слух, поведение и профессиональную деятельность человека, а также роль биологически активных, в том числе лекарственных, веществ в профилактике инфекционных и неинфекционных заболеваний (гриппа, атеросклероза, ожирения и т.д.);

– *Специальная*. Изучает действие веществ на людей, находящихся в трудных экстремальных условиях длительных экспедиций, на высокогорье, в воздухе, под землей, на Севере, в тропиках и в космосе [89].

Последние годы характеризуются бурным развитием новой, пограничной между наукой о питании и фармакологией области знаний, которую можно назвать фармаконутрициологией. Предпосылками для ее развития являются:

– успехи собственно нутрициологии, расшифровавшей роль и значение для жизнедеятельности человека отдельных пищевых веществ, включая так называемые микронутриенты, и доказавшей, что в экономически развитых странах достижение оптимальной обеспеченности всех групп населения энергией и пищевыми веществами практически возможно лишь при широком использовании биологически активных добавок к пище;

– успехи биохимии и биотехнологии, позволившие получать в достаточно очищенном виде биологически и фармакологически активные компоненты практически из любого биосубстрата (микроорганизмы, растения, животные);

– успехи фармакологического комплекса, расшифровавшего механизм действия и особенности биотрансформации многих природных со-

единений и создавшего новые технологии получения их эффективных лекарственных форм.

Немаловажен и экономический аспект – слишком дорог и длителен путь от открытия молекулы лечебного вещества до производства лекарства на его основе. Значительно короче, дешевле и в ряде случаев не менее эффективен путь от обнаружения выраженной биологической активности у биосубстрата до создания биологически активной добавки (БАД). Именно в этом заключаются сложность, острота и спорный характер проблемы – где граница между БАД и лекарством? Наконец, нельзя не подчеркнуть наличие у части населения субъективного, психологического фактора – отрицание всего искусственного, синтетического, боязнь «химии» и, наоборот, вера в силу природы, натуральные продукты и препараты, древние рецепты.

Здоровье человека в значительной степени определяется его пищевым статусом, т. е. степенью обеспеченности организма энергией и целым рядом пищевых веществ (в первую очередь эссенциальных). Здоровье может быть достигнуто и сохранено только при условии полного удовлетворения физиологических потребностей организма в энергии и пищевых веществах. Любое отклонение от так называемой формулы сбалансированного питания приводит к определенному нарушению функций организма, особенно если эти отклонения достаточно выражены и продолжительны во времени.

Рассматривая динамику изменения структуры питания человека в историческом аспекте, можно четко выделить три общие для населения всех индустриально развитых стран, явно неблагоприятные тенденции: избыточное потребление жиров; значительное увеличение потребления сахара и соли; существенное уменьшение потребления пищевых волокон и витаминов. Изучение состояния фактического питания различных групп детского и взрослого населения в различных регионах России, оценка пищевого статуса и его влияния на состояние здоровья, обоснование и реализация практических мероприятий по рационализации питания детей и взрослых – вот круг наиболее актуальных и приоритетных проблем науки о питании в современной России [89].

Например, эколого-климатические условия Краснодарского края являются одними из наиболее благоприятных среди других регионов России. Однако, усилившиеся за последние десятилетия техногенные воздействия привели к существенному изменению экологической обстанов-

ки. Среди таких воздействий следует отметить расширение производства нефти, создание терминалов, при эксплуатации которых неизбежны разливы нефти, массовое, не всегда оправданное применение пестицидов и гербицидов в сельском хозяйстве, отсутствие надежной очистки промышленных выбросов и стоков на большинстве предприятий, и, наконец, быстрая автомобилизация края, ставшего основной курортной зоной России [125].

Как следствие, в настоящее время существенно возрос уровень заболеваний населения, в основе которых лежат негативные воздействия окружающей среды, усиливающиеся на общем фоне психоэмоционального напряжения и неполноценного питания. Учитывая, что оптимизация рациона питания является действенным фактором профилактики и комплексной терапии большинства "болезней цивилизации", проводили оценку фактического пищевого статуса подросткового и взрослого населения Краснодарского края. Анализ полученных данных показал, что в рационе питания как подростков, так и взрослых наблюдается значительный дефицит физиологически функциональных пищевых ингредиентах. Следует отметить дефицит потребления фосфолипидов, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов антиоксидантного ряда (Е и С), пищевых волокон и минеральных веществ [125].

Особое внимание, в последнее время к себе привлекают БАД – дополнительные источники фосфолипидов. Это обусловлено, с одной стороны, дефицитом фосфолипидов, с другой исключительной эффективностью как в профилактике, так и в лечении нарушений липидного обмена, в частности атеросклероза.

Накоплен достаточно обширный фактический материал, свидетельствующий о высокой эффективности БАД, содержащих фосфолипиды. Обогащение рациона фосфолипидами в значительной степени способствует усилению активности антиоксидантных систем организма, нормализации процесса транспорта липидов в кровотоке, репарации клеточных мембран, активации иммунокомпетентных клеток и усилению процесса всасывания жиров в кишечнике.

В настоящее время в России разработаны и производится ряд таких БАД – "Тонус", "Супертонус", "Витол", "Мослецитин" и др. [89].

В Краснодаре налажено производство пищевых биологически активных добавок на основе лецитина из семян подсолнечника [156]. Произведенные пищевые добавки изготовлены по уникальной запатентованной технологии с учетом существующих норм и требований, предъявляе-

мых к пищевым продуктам, и направлены на укрепление иммунитета и оздоровление населения, потребляющего данный продукт. Данные пищевые биологически активные добавки вырабатывают из свежего растительного сырья высшего сорта путем водной экстракции сырья, фильтрации экстракта. Технология их производства предусматривает проведение некоторых дополнительных процессов, например стерилизацию и герметическую упаковку готового продукта. Эти процедуры обусловливают прекращение ферментативных превращений в продукте и способствуют стабильности качества добавок при их длительном хранении.

В отличие от БАД, полученных искусственным путем, пищевая добавка с лецитином, изготавливается при щадящих технологических режимах, в частности, температурные режимы производства добавки не превышали 45 °С, что позволяет сохранить витамины, минеральные вещества, микро- и макроэлементы в конечном продукте в максимальном количестве, и их потери составляют не более 5 % от исходного содержания их в сырье.

Входящий в состав БАД лецитин обладает широким спектром физиологического действия, а как мембранообразующий материал является незаменимым для строительства всех клеток человеческого организма. Лецитин регулирует и восстанавливает нарушенный жировой обмен. Известно, что многие заболевания печени, сердечно-сосудистой системы, репродуктивных органов и нервной системы вызваны дефицитом эссенциальных фосфолипидов в организме. Как показывают клинические исследования, лецитинсодержащие пищевые добавки восполняют этот дефицит, нормализуют обменные процессы, благотворно влияют на функции печени, сердца, репродуктивных органов, улучшают память, достаточно снижают уровень холестерина в крови.

Так, к примеру, лецитин в сочетании с экстрактом расторопши образует мощный комплекс, особенно необходимый при болезнях печени (остром и хроническом гепатите, жировом гепатозе, циррозе). Лецитин с экстрактом шиповника образует сочетание, оказывающее положительное действие на работу всего организма. Лецитин с экстрактом красного вина является уникальным комплексом для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

Сочетание лецитина с экстрактом топинамбура образует мощный комплекс, который обогащает организм инулином. Способность этого углевода расщепляться до фруктозы делает его употребление необхо-

димым при нарушениях обмена веществ и сахарном диабете. Сочетание лецитина с экстрактом зеленого чая образует мощный комплекс, стимулирующий работу всего организма. Теофиллин, теобромин и кофеин оказывают возбуждающее действие на ЦНС, расширяют кровеносные сосуды сердца и мозга, а также бронхи. Лецитин с экстрактом ананаса обогащает организм органическими кислотами, витаминами, минеральными веществами. Содержащиеся в экстракте ананаса вещества стимулируют функции пищеварения, предупреждают атеросклероз, ускоряют заживление ран, оказывают противоотечное действие при заболеваниях почек [156].

Производство и употребление продуктов питания с БАД оценивается диетологами и фармакологами как шаг к оздоровлению наций путем профилактики диабета, ожирения и других болезней обмена веществ, сердечно-сосудистых заболеваний, а также улучшения сна и умственной деятельности. В некоторых странах, по убеждению специалистов, до 30 % населения постоянно употребляют биологически активные добавки [156].

На основе анализа современных предоставлений о биологической ценности ПНЖК и фосфолипидов авторы [148] предположили возможность моделирования устойчивых к окислению масляных композиций биологически активных веществ из растительного сырья для функционального питания. В качестве компонентов, придающих маслам целевую направленность использовали наиболее активные биоантиоксиданты – растительные фосфолипиды и экстракты лекарственных растений, содержащие витамины А, Е, К, С, флавонолы, фитогормоны, компоненты эфирных масел. Поведение природных антиоксидантов, таких как фосфолипиды, жирорастворимые витамины А, Е и К, в живом организме хорошо изучено, и подтверждено результатами антиоксидантотерапии при различных заболеваниях.

Учеными КубГТУ разработана серия концентратов биологически активных веществ в растительном масле для профилактики ранних стадий атеросклероза, сахарного диабета, желудочно-кишечных и иммунодефицитных заболеваний, в том числе аллергий различной природы [148].

Запатентована фосфолипидная биологически активная добавка к пище, обладающая гиполипидемическими свойствами, полученная путем гидратации нерафинированного высокоолеинового подсолнечного масла водным раствором однозамещенного лимоннокислого натрия концентрацией 1,0-1,4 %. При этом вышеназванный водный раствор предварительно обрабатывают в переменном электромагнитном поле с магнитной ин-

дукцией 0,1-0,4 Тл при температуре 30-50 °С. Далее полученную фосфолипидную эмульсию отделяют от гидратированного масла и сушат с получением целевого продукта. Придание фосфолипидной биологически активной добавке гиполипидемических свойств достигается за счет применения мягких режимов получения, обеспечивающих максимальное сохранение в нативном виде пищевых физиологически функциональных ингредиентов, таких как фосфолипиды, в том числе фосфатидилхолины, фосфатидилэтаноламины, фосфатидилсерины и фосфатидилинозитолы, а также токоферолов и β-каротина [49]. Экспериментально подтверждено, что при получении данной фосфолипидной БАД по указанным режимам в ней сохраняются в нативном виде необходимые физиологически функциональные ингредиенты, которые обеспечивают гиполипидемический эффект.

БАД, полученные по способам [34, 36], обладают гепатопротекторыми и антиоксидантными свойствами благодаря наличию в них фосфолипидов, в том числе фосфатидилхолинов, фосфатидилэтаноламинов, фосфатидилсеринов и фосфатидилинозитолов токоферолов и β-каротина. Данные БАД рекомендованы для непосредственного употребления в пищу в качестве самостоятельного профилактического средства или на фоне общей диетотерапии, а также для создания функциональных пищевых продуктов.

Известен способ получения высококачественной биологически активной добавки (БАД), применяемой для непосредственного употребления в пищу в качестве профилактики или для создания функциональных пищевых продуктов. Фосфолипидная биологически активная добавка к пище, обладающая антиоксидантными свойствами, представляет собой масложировой фосфолипидный продукт. Продукт готовят путем экстракции этиловым спиртом фосфолипидных концентратов при соотношении фосфолипидные концентраты – этиловый спирт (1:3)÷(1:7) и температуре 40-60 °С с образованием спирторастворимой и спиртонерастворимой фракций фосфолипидов. Спиртонерастворимую фракцию фосфолипидов отделяют от спирторастворимой фракции фосфолипидов. Далее спиртонерастворимую фракцию сушат под вакуумом с получением целевого продукта. Придание фосфолипидной биологически активной добавке гепатопротекторных свойств достигается за счет присутствия в ней пищевых физиологически функциональных ингредиентов, таких как фосфоли-

пиды, в том числе фосфатидилэтаноламины, фосфатидилсерины и фосфатидилинозитолы, а также токоферолы и β-каротин [32].

Перспективны для производства БАД высококачественные фосфолипиды, выделенные из современных сортов подсолнечника и селекционных линий линолевого и олеинового типов, дополненные льняным маслом в качестве источника линоленовой кислоты [91].

Запатентован пищевой продукт "Миоактив-спорт" на основе БАД, который предназначен для питания людей, подверженных интенсивным физическим нагрузкам [63]. Продукт содержит 0,5-10,0 мас.% пептидов гидролизата головного мозга крупного рогатого скота с молеклярной массой 0,2-10 кДа, 5,0-30,0 мас.% белков сыворотки молока, 5,0-20,0 мас.% гидролизата белков сыворотки молока, 0,5-5,0 мас.% гемоглобина, 1,0-5,0 мас.% сухого концентрата куриного бульона, 1,0-10,0 мас.% среднецепочечных триглицеридов, 1,0-10,0 мас.% линолевой кислоты, 0,5-5,0 мас.% лецитина, 0,05-0,5 мас.% янтарной кислоты, 0,025-0,25 мас.% фумаровой кислоты, 1,0-10,0 мас.% инулина, 1,0-10,0 мас.% лактита, 0,01-0,1 мас.% стевиозида, 0,01-0,1 мас.% комплекса витаминов группы В, 1,0-10,0 мас.% топинамбура пищевого сушеного, 0,05-0,5 мас.% аскорбиновой кислоты, 0,002-0,015 мас.% йодированных молочных белков, 0,5-5,0 мас.% минерального кальциевого обогатителя. Данный пищевой продукт может быть использован как в качестве специализированной добавки к функциональным пищевым продуктам питания, так и в качестве самостоятельного полноценного продукта питания, и дополнительно может включать функциональные добавки и носитель, например, шоколадную массу, молоко, орехи кондитерскую выпечку и др. С учетом состава продукт "Миоактив-спорт" может выпускаться в форме порошка, пластичного изделия произвольной формы, таблеток и иных твердых или текучих материальных объектов.

Принципы разработки рецептур функциональных фосфолипидных продуктов. Авторами [147] предложенаметодика экспериментально-статистической оптимизации рецептур продуктов для достижения специализированного воздействия на организм, которая включает следующие этапы:

– анализ предпосылок и перспектив для создания продукта с заданным влиянием (гиполипидемическим, антиоксидантным и радиопротекторным, адаптационным, иммунно- и мембранозащитным, гепатонротекторным) на конкретные нарушения в организме;

– выбор и обоснование состава (факторов) моделируемого продукта и уровней варьирования компонентов в соответствии с физиологическими нормами и техническим заданием медиков на продукт;

– совместное со специалистами в области экспериментальной и клинической медицины выявление показателей, характеризующих данное свойство (функций отклика);

– технологические исследования по составлению рецептур и выработка опытных партий продуктов для определения сроков их гарантийного хранения с учетом динамики изменений пищевой и физиологической ценности в зависимости от состава и продолжительности хранения продуктов;

– экспериментальная или клиническая апробация опытных партий; - статистическая обработка результатов для составления регрессионных моделей, описывающих количественную взаимосвязь компонентного состава продуктов и медико-биологических или клинических характеристик прогнозируемых свойств;

– оптимизация рецептур продуктов для достижения максимального воздействия и клиническая оценка достоверности ожидаемого влияния продукта оптимального состава.

– выбор определяющих факторов для дальнейшего совершенствования рецептур с целью расширения сферы применения продуктов в функциональном питании для коррекции различных нарушений обменных, адаптационных и защитных процессов в организме;

– моделирование новых комплексных продуктов на основе сопоставительной статистической обработки эффективности ранее созданных продуктов (без экспериментальных и клинических исследований).

Используя предложенную методику разработана серия комплексных фосфолипидных продуктов на основе «Тонуса» путем введения в их состав жирорастворимых витаминов, CO_2–экстрактов из лекарственных растений, проявляющих свойства биоантиоксидантов и иммунокорректоров, а также других полезных компонентов.

Эффективность применения предложенной авторами [147] методики подтверждена использованием разработанных продуктов в функциональном питании при различных проблемах в организме (сахарном диабете, избыточном весе, гипертонической болезни и пр.)

Оценка конкурентоспособности фосфолипидных БАД. Фосфолипидные продукты и БАД находят все более широкое применение в различных отраслях пищевой промышленности.

В настоящее время наряду с технологиями и линиями получения обезжиренных фосфолипидов и фракционированных фосфолипидных продуктов зарубежных фирм (Stern: Lecithin & Soya, Lucas Meyer, НПО "Биолар") введены в эксплуатацию отечественные линии, разработанные КубГТУ [3, 4].

Для определения конкурентоспособности отечественных линий и технологий, а также получаемых на них продуктов проведена их сравнительная технико-экономическая оценка с наиболее часто используемыми зарубежными аналогами (табл. 6.1, 6.2) [80].

Таблица 6.1. Технико-экономические показатели различных технологий

Показатель	Зарубежная технология	Технология КубГТУ
Расход сырья на 100 кг готового продукта, кг	220	200
Расход вспомогательных материалов на 100 кг готового продукта:		
ацетон, кг	2500	1350
лимонная кислота, кг	-	0,1
перекись водорода (3%-ный раствор), кг	3,3	-
азот, $дм^3$	100	100
Потери ацетона, кг	275	150
Выход продукта, %, не менее	45,5	50,0

Как видно из данных табл. 6.1, линия производства обезжиренного фосфолипидного продукта "Витол" является более экономичной по расходу сырья и вспомогательных материалов. Кроме того, "Витол" не только не уступает по физико-химическим показателям импортным образцам, но и превосходит их по некоторым технологическим свойствам, отличается высокой физиологической активностью и пищевой ценностью.

Таблица 6.2. Технико-экономические показатели технологий Днепропетровского МЖК и КубГТУ

Показатель	Технология на Днепропетровском МЖК	Технология КубГТУ
Расход сырья на 100 кг готового продукта, кг	1100	1050
Расход вспомогательных материалов на 100 кг готового продукта:		
ацетон кг	5440	1350
лимонная кислота, кг	—	0,1
перекись водорода (3%-ный раствор), кг	3,3	—
этанол, кг	6370	3250
сернокислый натрий, кг	0,1	—
азот, л	100	100
Потери ацетона, кг	1400	150
Потери этанола, кг	2500	325
Выход фосфолипидного продукта, обогащенного фосфатидилхолином, %, не менее	9,1	9,5
Выход фосфолипидного продукта, обогащенного фосфатидилинозитолом и фосфатидилэтаноламином, %, не менее	В качестве готового пищевого продукта не получают	42

Из данных табл. 6.2 видно, что предлагаемая КубГТУ технология и линия получения фосфолипидного продукта, обогащенного фосфатидилхолином, является менее материалоемкой, существенно более экономичной по расходу экстрагентов и требует меньших затрат на оборудование по сравнению с линией, действующей на Днепропетровском МЖК.

Следует особо отметить, что отечественная технология наряду с продуктом, обогащенным фосфатидилхолином, предусматривает также и производство пищевого фосфолипидного продукта, обогащенного фос-

фатидилэтаноламином и фосфатидилинозитолом. Он содержит не менее 95 % ацетоннерастворимой фракции, проявляет свойства эмульгатора и стабилизатора обратных ("вода в масле") эмульсий и является аналогом продукта Натин 3-КЕ, выпускаемого фирмой Stern: Lecithin & Soya. Исследованиями установлено, что такой продукт может быть с успехом использован в качестве эмульгатора, стабилизатора и антиразбрызгивающего агента при выработке маргаринов, а также в качестве улучшителя муки и теста [80].

Фосфолипидный продукт, получаемый по технологии КубГТУ и обогащенный фосфатидилхолином, обладает более высокими качественными показателями и более устойчив к окислительной порче (табл. 6.3).

Таблица 6.3. Качественные показатели фосфолипидных продуктов, вырабатываемых по различным технологиям

Показатель	Продукт, обогащенный		
	фосфатидилхолином		фосфатидилинозитолом и фосфатидилэтаноламином
	по известной технологии	по технологии КубГТУ	
Массовая доля фосфолипидов, %	44,0	90,0	95,5
Массовая доля фосфатидилхолина, % суммы фосфолипидов	78	78	8
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	-	-	2,0
Массовая доля неполярных липидов, %	6,0	5,0	2,5
Массовая доля этанола, %	50,0	5,0	-
Перекисное число, 1/2 ммоль О/кг:			
свежевыработанный продукт	2,5	0,3	0,1
через 6 мес. хранения	14,5	1,2	0,3

Кроме того, известная технология предусматривает получение готового продукта в виде 50 %-ного раствора в спирте. Высокое содержание

спирта связано с дополнительными затратами и ограничивает область применения получаемых фосфолипидов в качестве самостоятельного продукта. Его в основном целесообразно использовать для обогащения фосфатидных концентратов фосфатидилхолиновой фракцией или в качестве сырья для производства комплексных пищевых добавок.

Минимальное содержание спирта в аналогичном фосфолипидном продукте, получаемом по технологии КубГТУ, составляет не более 5 %. Однако при необходимости по данной технологии можно получить продукт и с большим содержанием спирта.

В табл. 6.4 приведены усредненные данные по результатам оценки органолептических и физико-химических показателей различных партий фосфолипидных БАД "Витол-Холин" и "Витол-ФЭИ" (обогащенная фосфатидилсеринами, фосфатидилинозитолами и фосфатидилэтаноламинами) [82]. Для сравнения приведены также указанные показатели импортных фосфолипидных БАД, полученных из семян сои.

Показано, что по органолептическим показателям отечественные и импортные фосфолипидные БАД идентичны, однако по физико-химическим показателям, таким, как кислотное и перекисное числа, импортные фосфолипидные БАД уступают отечественным.

Учитывая, что групповой и жирнокислотный состав фосфолипидов определяет их основные функции в организме человека, изучали групповой состав и состав жирных кислот фосфолипидных БАД.

Исследования группового состава различных партий БАД "Витол Холин" и БАД "Витол-ФЭИ" показали, что БАД "Витол-Холин" содержит более 75 % фосфатидилхолинов, способствующих максимальной нормализации липидного и углеводного обмена в организме, а БАД "Витол ЭИ" содержит в сумме до 70 % фосфатидилэтаноламиноламинов, фосфатидилсеринов и фосфатидилинозитолов, обеспечивающих в организм оптимальные показатели системы "перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита". Полученные данные подтверждены медикобиологическими и клинико-биохимическими исследованиями. При исследовании жирнокислотного состава фосфолипидных БАД установлено, что они содержат значительное количество полиненасыщенных жирных кислот. При этом соотношение полиненасыщенных и насыщенных кислот соответствует 3:1 – для фосфолипидной БАД "Витол-Холин" и 2:1 – для фосфолипидной БАД "Витол-ФЭИ" (оптимальное соотношение должно приближаться к 2:1). Следует отметить, что по всем показателям безопасно-

сти фосфолипидные БАД соответствуют предъявляемым к данной группе продуктов требованиям [82].

Таблица 6.4. Органолептические и физико-химические показатели фосфолипидных БАД [82]

Наименование показателя	Значение показателя для фосфолипидных БАД			
	отечественных		импортных (фирма Штерн)	
	"Витол-Холин"	"Витол-ФЭИ"	обога-щенные ФХ	обогащен-ные ФС, ФИ и ФЭА
Запах и вкус	Свойственные фосфолипидам			
Цвет	Светло-коричне-вый	Светло-орехо-вый	Светло-коричневый	
Массовая доля, %: спирта и летучих веществ, в том числе влаги	1,40-1,45 0,10-0,15	0,50-0,65 0,50-0,60	2,35 0,45	0,95 0,80
нейтральных липидов	0,70-1,00	1,30-1,90	1,50	5,00
фосфолипидов, в том числе	97,50-98,00	97,00-98,10	97,15	94,25
фосфатидилхолинов	75,50-78,00	13,20-13,50	60,20	13,50
Перекисное число, ммоль1/2 О/кг	1,02-1,10	0,60-0,70	2,90	1,50

Технологии производства обезжиренных фосфолипидов (фосфолипидного продукта "Витол") и фракционированных продуктов, разработанные КУБГТУ, являются экономичными и позволяют получать конкурентоспособные высококачественные фосфолипидные продукты, обладающие физиологической активностью и эффективными технологическими свойствами. Они могут быть использованы при производстве широкого ассортимента продуктов питания, в том числе функционального назначения, а также в качестве сырья для получения биологически активных добавок [80].

7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕЦИТИНОВ В САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Благодаря специфическим химическим свойствам лецитины находят применение в различных отраслях пищевой промышленности, в том числе в сахарной промышленности.

Запатентован способ очистки сахаросодержащего раствора [20], предусматривающий преддефекацию сахаросодержащего раствора, в частности диффузионного сока, дефекацию, введение в дефекованный сок поверхностно-активного вещества в количестве 0,001-0,005 % к его массе и сатурацию. В качестве указанного вещества используют смесь фосфатидов растительного масла и эфиров сахарозы, полученных переэтерификацией триглицеридов, содержащихся в подсолнечном масле, и сахарозы в присутствии катализатора карбоната калия. Соотношение компонентов в смеси составляет от 1 : 1 до 9 : 1. Изобретение обеспечивает повышение эффекта очистки раствора и улучшение его качества.

Запатентован способ очистки диффузного сока [18], предусматривающий преддефекацию, дефекацию, первую сатурацию, фильтрацию, вторую сатурацию, сгущение суспензии сока второй сатурации и ее активацию путем сатурации до pH 7,5-8,0. В активированную суспензию сока второй сатурации вводят фосфатиды растительного масла в количестве 0,005-0,015 % к массе сока. Затем активированную суспензию возвращают на преддефекацию. Изобретение обеспечивает повышение эффекта очистки сока, снижение цветности сока и массовой доли солей в очищенном соке.

Перелыгиным В.М. с соавторами запатентован способ очистки сахаросодержащего раствора [2], который предусматривает преддефекацию и дефекацию сахаросодержащего раствора, в частности диффузионного сока. В дефекованный сок вводят поверхностно-активное вещество, в качестве которого используют фосфатиды растительного масла в количестве 0,001-0,005 % к массе раствора. После этого проводят сатурацию дефекованного сока в присутствии этого вещества. Изобретение обеспечивает повышение эффекта очистки раствора и упрощение процесса.

Способом очистки сахаросодержащего раствора [8] предусмотрено приготовление известкового молока путем гашения извести водой с добавкой, введение известкового молока в сахаросодержащий раствор и

сатурацию. В качестве добавки предложено использовать поверхностно-активное вещество, такое как ацетилированный моноглицерид стеариновой кислоты, оксиэтилированные жирные спирты, лецитин, фосфатиды растительного масла, в количестве 1-5 % к массе извести. Изобретение позволяет улучшить качество очистки, повысить чистоту сахаросодержащего раствора, снизить цветность, содержание солей кальция в очищенном соке второй сатурации. Для достижения одинакового значения pH при добавлении известкового молока расход последнего снижается в предложенном способе вследствие увеличения растворимости гидроксида кальция в присутствии поверхностно-активного вещества.

Лосевой В.А. с соавторами предложен способ очистки сахаросодержащего раствора, предусматривающий приготовление известкового молока с добавкой поверхностно-активного вещества – фосфатидов растительного масла, введение известкового молока в сахаросодержащий раствор, первую сатурацию, введение известкового молока, вторую сатурацию и фильтрование. Известь гасят водой и готовое известковое молоко делят на две части. Одну часть, составляющую ¾ от всей массы известкового молока, смешивают с фосфатидами растительного масла в количестве 0,03-0,12 % к массе извести и подают в неочищенный сахаросодержащий раствор. Остальную часть известкового молока без фосфатидов подают в сахаросодержащий раствор перед его второй сатурацией. Изобретение обеспечивает уменьшение расхода ПАВ и увеличение скорости гашения извести в 2,0-2,4 раза по сравнению с известным способом. Вязкость известкового молока, приготовленного по предложенному способу, меньше вязкости известкового молока, приготовленного по известному способу, в 1,6-2,0 раза. В результате очистки улучшается качество очищенного сахаросодержащего раствора [13].

8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕЦИТИНОВ В ДРУГИХ ОТРАСЛЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Лецитины находят применение в производстве пищевых пленкообразующих составов для покрытия плодоовощной, мясной и других видов пищевой продукции [24]. Данный состав содержит сахароглицерин и производные моноэфира глицерина с фосфатидами при соотношении моноэфир глицерина и фосфатиды от 1 : 3 до 1 : 6. Технический результат заключается в сокращении потерь пищевых продуктов за счет образования на их поверхности равномерной влагоудерживающей пленки.

Запатентован способ получения белково-жировой композиции на основе компонентов растительного происхождения для использования ее в качестве рецептурной составляющей фаршевых мясных продуктов [56], в котором предусмотрена гидратация соевого белкового изолята, соевого лецитина, ламинарии японской при температуре 18±2 °С при соотношении, г ингр./г воды: соевый белковый изолят : вода – 1 : 4 ÷ 1 : 10, соевый лецитин : вода – 1 : 1 ÷ 1 : 7, ламинария японская : вода – 1 : 2 в течение 30 мин. Гидратированные ингредиенты смешивают в соотношениях (%): соевый изолят : соевый лецитин : ламинария японская – 60 : 30 : 10. Смесь гомогенизируют в течение 4 мин при скорости 4000 об/мин. Продукт имеет пролонгированный срок хранения и улучшенные функционально-технологические свойства.

Введение в мясной фарш фосфолипидов обеспечивает при куттеровании более тонкое диспергирование жира в водно-белковой среде с образованием прочных адсорбционных слоев на поверхности раздела фаз, стабилизирует структуру готового продукта. Присутствующие в составе фосфолипидов изофлавоны блокируют образование пероксидов в жире и, тем самым, снижают интенсивность окислительных процессов [56].

Фосфолипиды находят применение и в пищеконцентратной отрасли. Запатентован способ производства экструдированного продукта из зерновых с начинкой [35], который содержит тестовую оболочку и начинку, включающую сахарную пудру, крахмал тапиоковый, масло подсолнечное рафинированной и дезодорированное, сухое молоко, ароматизатор «Ирис», жир кулинарный, эмульгатор лецитин, а также термофильную молочную культуру FD DVS ABT-5.

9. КАЧЕСТВЕННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОСФОЛИПИДОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

Для анализа фосфолипидов возможно использование ГЖХ, ВЭЖХ, ВЭЖХ-МС, ВЭЖХ-ЯМР, капиллярный электрофорез, ИК-спекттроскопия, тонкослойная хроматография и многие другие инструментальные методы анализа [133, 134, 160]. Наряду с фосфолипидами в жировой продукции анализируются и так называемы *числа* – интегральные показатели качества продукции. В табл. 9.1 представлены некоторые методы хроматографического анализа жиров, часто применяемые в аналитической практике.

Таблица 9.1. Современные хроматографические методы определения качества жиров

Метод анализа	Определяемые показатели	Стоимость анализа
Хромато-масс-спектрометрия	жирнокислотный состав, состав стеринов	очень высокая
Капиллярная ГЖХ		средняя
Насадочная ГЖХ	наличие фитостеринов (β-ситостерина), наличие бутилоксианизола и бутилокситолуола	средняя
ВЭЖХ со спектрофотометрическим детектором	жирнокислотный и триглицеридный состав, жирорастворимые витамины (A,D,E,K), антиоксиданты, красители, фосфолипиды	высокая
ВЭЖХ в тандеме с ЯМР	жирнокислотный состав, состав стеринов	очень высокая
ВЭЖХ-МС	состав фосфолипидов, витаминов, пигментов и др.	высокая
Парофазный анализ (хэдспейс-анализ)	летучие компоненты над образцом жира	средняя
Тонкослойная ЖХ	то же, что и ВЭЖХ, фосфолипиды	низкая
Капиллярный электрофорез	водорастворимые витамины, аминокислотный и белковый состав, фосфолипидный состав, свободные карбоновые кислоты, качество воды, неорганические и органические соли	средняя

9.1. Газожидкостная хроматография как достоверный метод определения жирнокислотного состава пищевых продуктов

Капиллярная ГЖХ – самый распространенный способ анализа жирнокислотного состава. Детектируют жирные кислоты в этом методе чаще всего с применением пламенно-ионизационного детектора, в последнее время стали применять и масс-сектрометрический. Триглицериды и высшие жирные кислоты являются нелетучими соединениями. Газовая хроматография позволяет анализировать соединения, испаряющиеся без разложения до 300...350 °С. В связи с этим липиды из пищевых продуктов вначале выделяют экстракционным методом, исключающим термическое воздействие на объект. Затем жирные кислоты переводят в летучие метиловые, реже этиловые, сложные эфиры.

Получение метиловых эфиров жирных кислот производят метанолизом нейтральных масел и жиров (кислотное число менее 2) в щелочной среде. Подготовка к проведению реакции заключается в следующем. Получают 2 н раствор метилата натрия в метаноле, растворяя 10,8 г метилата натрия или 4,6 г металлического натрия в 100 мл абсолютного метанола, и 2 н раствор гидроксида калия в метаноле, растворяя 11,2 г KOH в 100 мл абсолютного метанола. Затем проводят реакцию. В стеклянную пробирку вместимостью 5 мл помещают 2...3 капли (около 50 мг) образца жира, добавляют 1 мл гексана, 0,5 мл 2 н метанольного раствора метилата натрия или гидроксида калия. Закрывают пробирку пробкой и встряхивают вручную в течение 20...60 с. Оставляют отстояться для отделения метанольно-глицеринового слоя, верхний гексановый слой используют для хроматографического или другого анализа. В зарубежных методиках предусмотрена добавка реактивов, связывающих глицерин.

Если кислотное число жира больше 2, или имеют дело непосредственно с жирными кислотами, метанолиз проводят иначе. Растворяют 1 г натрия в 100 мл абсолютного метанола, содержащего не более 0,5 % воды. Готовят метанол, насыщенный HCl. Для этого следует получить безводный хлористый водород путем внесения концентрированной соляной кислоты (плотностью 1,18 г/см^3) по каплям в концентрированную серную кислоту (плотностью 1,84 г/см^3). Газообразный HCl, высушенный барботированием через концентрированную H_2SO_4, пропускают через

абсолютный метанол до получения 1 н раствора. Вместо 1 н раствора HCl в абсолютном метаноле можно использовать 1 н раствор серной кислоты в метаноле. Однако при этерификации время реакции увеличивается до 20 мин, выпадающий осадок сульфата натрия препятствует кипению и необходимо использовать магнитную мешалку для постоянного перемешивания.

Омыление образцов жира и получение метиловых эфиров жирных кислот осуществляют следующим образом. В колбу вместимостью 250 мл берут навеску образца около 4 г с записью результата до первого десятичного знака. Добавляют в колбу 40 мл раствора метилата натрия и кипелки из битого фарфора. Подсоединяют обратный холодильник на шлифе и доводят до кипения, кипятят около 15 мин, до тех пор, пока раствор не станет прозрачным. Если в образце присутствует большое количество неомыляемых веществ (более 1 %), то метилирование дополняют операцией удаления неомыляемых веществ: после омыления раствор разбавляют дистиллированной водой и экстрагируют неомыляемые вещества диэтиловым эфиром или гексаном.

Метилирование жирных кислот. В колбу вместимостью 250 мл берут навеску кислот около 4 г с записью результата взвешивания до первого десятичного знака. Добавляют 50 мл метанольного раствора соляной кислоты и кипелки. Присоединяют обратный холодильник и кипятят 10 мин. Колбу охлаждают под струей воды, добавляют в колбу 100 мл воды и переносят содержимое в делительную воронку вместимостью 250 мл. Метиловые экстракты экстрагируют гексаном 2 раза по 30 мл. Объединенные экстракты промывают дистиллированной водой до полного удаления кислоты по метилоранжу. Высушивают экстракт над безводным сульфатом натрия и фильтруют в коническую колбу вместимостью 100 мл.

Переэтерификацию липидов метанолом в среде хлористого водорода проводят следующим образом. Приготавливают 1 н раствор HCl в метаноле, как описано выше. Кроме того, 1 н раствор хлористого водорода в метаноле можно получить, осторожно добавляя 5 мл хлористого ацетила к 100 мл метанола. Для проведения реакции 20...25 мг (1...2 капли) липидов помешают в пробирку емкостью 5 мл, растворяют в 0,1 мл серного эфира, добавляют 0,2 мл 1 н раствора хлористого водорода в метаноле (можно 0,2 мл абсолютного метанола и 2 капли хлористого ацетила). Пробирку присоединяют к обратному холодильнику,

снабженному хлоркальциевой трубкой, кипятят в течение 1 ч, упаривают на роторном испарителе при комнатной температуре до удаления хлористого водорода. Образовавшиеся метиловые эфиры жирных кислот растворяют в гексане и используют для хроматографического анализа.

Для определения абсолютного количества жирных кислот в продукте получают метиловые эфиры липидов в смеси с внутренним стандартом. В пробирку вместимостью 10 мл взвешивают с точностью до 0,0002 г 20...25 мг липидов и около 5 мл внутреннего стандарта. В качестве внутреннего стандарта используют маргариновую кислоту ($C_{17:0}$) или дибутилфталат. Липиды с внутренним стандартом растворяют в 0,5 мл гексана, добавляют 1 гранулу едкого кали и 5 мл метанола. Гидролиз проводят при комнатной температуре в течение суток, после чего по каплям добавляют концентрированную кислоту до pH 4,0. Содержимое пробирки встряхивают, дают постоять в течение 5 мин, добавляют 3 мл воды. Всплывший гексановый раствор метиловых эфиров жирных кислот и внутреннего стандарта анализируют на хроматографическом приборе.

При отсутствии нужного количества образца можно использовать меньшее количество (до 10 мг и менее) с пропорциональным уменьшением количества реагентов и размеров аппаратуры. При гидролизе растворимых в метаноле масел (например, касторового) прозрачность раствора не служит основанием для окончания реакции. При использовании метиловых эфиров жирных кислот для газожидкостной хроматографии с применением внутреннего стандарта навески берут с записью результата до четвертого десятичного знака. Растворы метиловых эфиров в гексане следует использовать по возможности быстро. Хранить можно в холодильнике не более 1 суток. Метиловые эфиры низкомолекулярных кислот хранению не подлежат.

Хроматографический анализ сложных эфиров жирных кислот. Метод ГЖХ основан на прямом газохроматографическом анализе метиловых (этиловых) эфиров жирных кислот. Результаты выражают в массовых долях каждого индивидуального компонента или в мг в 100 г продукта. В качестве газа-носителя применяют инертный газ (азот, гелий, аргон и т.д.), совершенно сухой с содержанием кислорода менее 10 мг/кг. Вспомогательные газы: водород (чистота 99,9 %) без органических примесей; воздух без органических примесей. Эти газы служат для поддержания пламени в пламенно-ионизационном детекторе.

Эталонный стандарт – смесь метиловых эфиров известного состава, желательно, аналогичного составу анализируемого вещества. Если отсутствуют стандартные образцы смесей, для градуировки колонки применяют смеси метиловых эфиров жирных кислот подсолнечного, льняного и кунжутного масел, состав которых хорошо известен и легко идентифицируется. Так, подсолнечное масло, вне зависимости от сорта подсолнечника, всегда имеет в заметном количестве только четыре жирные кислоты. На хроматограммах обычного и высокоолеинового подсолнечного масла легко определяются четыре пика, соответствующие по порядку выхода метиловым эфирам пальмитиновой ($C_{16:0}$), стеариновой ($C_{18:0}$), олеиновой ($C_{18:1}$) и линолевой ($C_{18:2}$) кислот. Использование льняного масла обусловлено, во-первых, тем, что по сравнению с подсолнечным маслом в его состав входит еще и линоленовая кислота ($C_{18:3}$). Причем ее содержание в льняном масле превышает содержание остальных кислот, т.е. пик, соответствующий метиловому эфиру линоленовой кислоты, на хроматограмме льняного масла будет самым большим. Для анализа необходим газовый хроматограф с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой.

Система ввода пробы (инжекционная система) должна обеспечить минимальный мертвый объем. Инжектор должен быть снабжен системой сброса газа-носителя. Температура нагрева инжектора должна быть по возможности на 20...50 °С выше температуры колонки. Термостат хроматографа должен нагревать колонку до температуры минимум 220 °С и поддерживать желательную температуру с точностью до 1 °С. При наличии насадочной колонки следует помнить, что она не обеспечивает хорошего разделения пиков кислот. Колонка должна быть выполнена из материала, инертного к анализируемым веществам (стекло или нержавеющая сталь). Полиненасыщенные жирные кислоты с более чем 3 двойными связями могут разлагаться в колонке из нержавеющей стали. Длина колонки 1...3 м. Относительно короткую колонку можно применять при наличии жирных кислот с длинными цепями (20...24 углеродных атома). При наличии анализируемых кислот с 4...6 атомами углерода рекомендуется применять колонку длиной не менее 2 м. Внутренний диаметр колонки 2...4 мм.

Капиллярная колонка может быть выполнена из стекла, кварца или нержавеющей стали, меди. Предпочтительно применение стеклянных и

кварцевых колонок. Длина колонки 20...50 м, внутренний диаметр 0,3...0,5 мм.

В качестве насадки в насадочных колонках применим инертный носитель – промытый кислотой, силанизированный кизельгур или другой приемлемый химически инертный носитель (хроматон N-AW, хромосорб W, целит-545) с ограниченным диапазоном размеров частиц, средний размер частиц зависит от внутреннего диаметра и длины набивной колонки. Неподвижная фаза: полиэфиры типа полярных жидкостей (например, полиэтиленгликольадипинат, полипропиленгликольадипинат, диэтиленгликольсукцинат), цианосиликоны (SP-100, FFAP, силары, OV-275) или другие жидкости, дающие необходимое хроматографическое разделение. Неполярная фаза должна составлять 5-20 % инертного носителя для набивных колонок. Толщина пленки жидкой фазы в капиллярных колонках должна находиться в пределах 0,1...1,5 мкм. Наиболее подходящей неподвижной фазой является FFAP.

Температуру нагрева детектора необходимо поддерживать на 10...15 °С выше температуры колонки.

Если хроматограф не снабжен автосемплером, для ввода пробы в случае набивных колонок можно использовать шприц емкостью 10 мкл с градуировкой 0,1 мкл, для капиллярных колонок – шприц емкостью 1...10 мкл.

Подготовку хроматографа к анализу и вывод его на режим выполняют согласно инструкции по монтажу и эксплуатации прибора. При выборе условий эксперимента необходимо принять во внимание следующее: тип колонки (набивная или капиллярная) и ее параметры; природу неподвижной фазы и ее количество (для набивной колонки); температуру колонки; поток газа-носителя; требуемое разрешение; количество анализируемых веществ, выбранных таким образом, чтобы имеющийся хроматограф давал линейную характеристику; продолжительность анализа: для достижения желаемых результатов необходимо, чтобы эффективность колонки была выше 2000 теоретических тарелок для метилстеарата и метилолеата при разрешении этих пиков $R > 1,25$.

Определение эффективности колонок и разрешение пиков метилстеарата проводят так. Готовят смесь метиловых эфиров, содержащую примерно одинаковое количество метилстеарата и метилолеата (например, метиловые эфиры масла-какао). Устанавливают условия хроматографии так, чтобы метилолеат выходил из колонки примерно за 15 мин и высота пика была не менее ¾ ширины диаграммной бумаги (если приме-

няют самописец с диаграммной бумагой). Число теоретических тарелок (эффективность) вычисляют по формуле:

$$N=(4X/Y_1)^2, \qquad (9.1)$$

и разрешение по формуле:

$$R=2\Delta/(Y_1+Y_2), \qquad (9.2)$$

где X – расстояние между пиком растворителя и максимумом пика метилстеарата, мм; Y_1 и Y_2 – ширина пиков метилстеарата и метилолеата, измеренная между точками пересечения касательных к местам перегиба кривой и линией основания, мм; Δ – расстояние между максимумами пиков метилстеарата и метилолеата, мм (рис. 9.1).

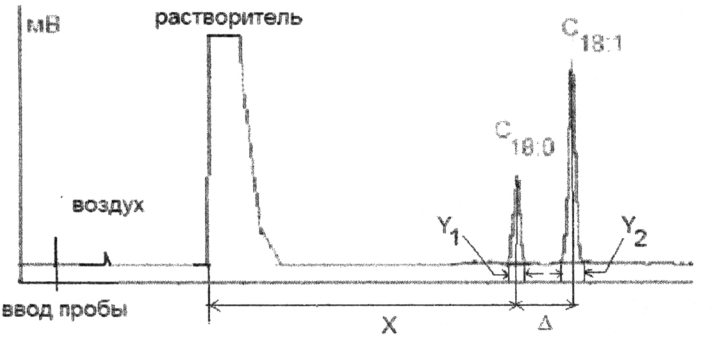


Рис. 9.1. Хроматограмма для определения эффективности и разрешающей способности колонки

При использовании специального программного обеспечения расчеты проводят, используя соответствующие опции программы. Формула (9.2) пригодна для приблизительной оценки эффективности, однако ее точность достаточна для контроля качества колонки. Более точным является измерение X от точки ввода пробы.

Условия анализа определяются, исходя из следующих позиций. Температура термостата колонок при анализе смесей метиловых эфиров жирных кислот с длиной цепи более 14 углеродных атомов в изотермическом режиме выбирается в интервале 170...190 °С, так чтобы метило-

леат выходил из колонки за 15 мин; при анализе смесей метиловых эфиров, содержащих низкомолекулярные компоненты, температуру термостата программируют в пределах от 120 до 195 °С со скоростью 6...8 °С в 1 мин (при наличии метилового эфира масляной кислоты начальная температура программирования 70 °С). Величина вводимой пробы – около 2 мкл раствора метиловых эфиров в гексане для набивных колонок и 0,2...0,3 мкл – для капиллярных. В случае необходимости рекомендуется производить анализ на 2 неподвижных фазах с различными полярностями с целью проверки отсутствия скрытых пиков (для рыбьего жира или в случае одновременного присутствия кислот $C_{18:3}$, $C_{20:0}$, $C_{20:1}$).

При качественном анализе регистрируют хроматограмму эталонной смеси метиловых эфиров. В качественном анализе хроматограмм наиболее ответственным и сложным этапом является идентификация пиков. В соответствии с ГОСТ 30418-96 идентификацию пиков проводят сопоставлением полученных величин относительного объема удерживания метиловых эфиров с табличными значениями, приведенными в ГОСТе, или (для масел, содержащих низкомолекулярные жирные кислоты) просто по порядку выхода. Однако величина относительного объема удерживания значительно варьирует в зависимости от типа и параметров колонки, и даже для разных экземпляров однотипных колонок могут иметь место некоторые различия. Поэтому для каждой колонки необходимо по результатам градуировки определять свои собственные табличные значения.

Таким образом, предлагаемые стандартом таблицы объемов удерживания могут быть использованы только для предварительной ориентировки. Алгоритм идентификации пиков более корректно описан в ГОСТ Р 51483-99. В нем предполагается использование стандартных смесей метиловых эфиров жирных кислот или их смеси, полученной из жиров известного состава, для построения градуировочного графика зависимости логарифма величины относительного объема удерживания от числа атомов углерода в углеводородной цепи жирной кислоты. Строятся отдельные графики для метиловых эфиров насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. С учетом того, что такие графики имеют линейный вид и что графики для метиловых эфиров кислот с различной степенью ненасыщенности приблизительно параллельны, для построения всего семейства прямых достаточно получить по 2 точки для метиловых эфиров жирных кислот различной степени ненасыщенности (рис. 9.2). Полный набор стандартов жирных кислот или их метиловых эфиров, реко-

мендуемый для градуировки колонки, достаточно дорог, а более дешевые стандартные смеси не позволяют провести однозначную идентификацию пиков хроматограммы.

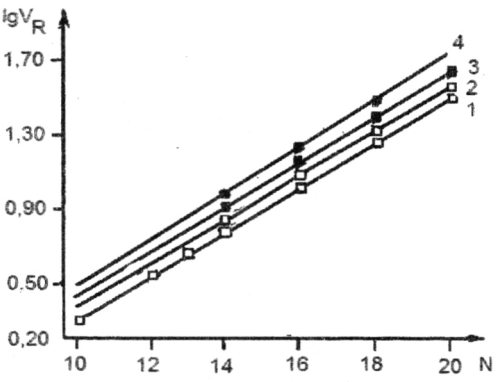


Рис. 9.2. Зависимость логарифма объема удерживания от числа N атомов углерода в цепи для метиловых эфиров жирных кислот:
1 – насыщенные;
2 – мононенасыщенные;
3 – диненасыщенные;
4 – триненасыщенные кислоты

Не дорогим, но приемлемым способом градуировки колонки является второй из упомянутых в ГОСТ Р 51483-99 способов, а именно, использование смеси сложных эфиров, полученных из жиров известного состава. Для этих целей достаточно использовать набор масел, включающий подсолнечное, льняное, горчичное и кокосовое или пальмоядровое масла (при отсутствии двух последних можно использовать сливочное масло).

Подсолнечное масло, благодаря низкой стоимости, редко фальсифицируется и вне зависимости от сорта подсолнечника всегда имеет только четыре жирные кислоты с относительным содержанием свыше 2,5 %. На хроматограммах (рис. 9.3) низко- и высокоолеинового подсолнечного масла легко определяются четыре пика, соответствующие (в порядке выхода) метиловым эфирам пальмитиновой ($C_{16:0}$), стеариновой ($C_{18:0}$), олеиновой ($C_{18:1}$) и линолевой ($C_{18:2}$) кислот. В льняное масло в заметном количестве (>2,5 %) входит 5 жирных кислот. Наряду с теми жирными кислотами, которые присутствуют в подсолнечном масле, льняное масло содержит большое количество линоленовой ($C_{18:3}$) кислоты, пик, соответствующий метиловому эфиру линоленовой кислоты, на хроматограмме льняного масла будет самым большим (рис. 9.4). Это дает

возможность уверенно идентифицировать время удерживания данной кислоты, учитывая, что сорта льна не подвергались селекции с целью изменения жирнокислотного состава масла. Для определения времен удерживания эфиров низкомолекулярных кислот удобно кокосовое масло. Оно содержит в значительных количествах капроновую ($C_{6:0}$), каприловую ($C_{8:0}$), каприновую ($C_{10:0}$), лауриновую ($C_{12:0}$) и миристиновую ($C_{14:0}$) кислоты (рис. 9.5).

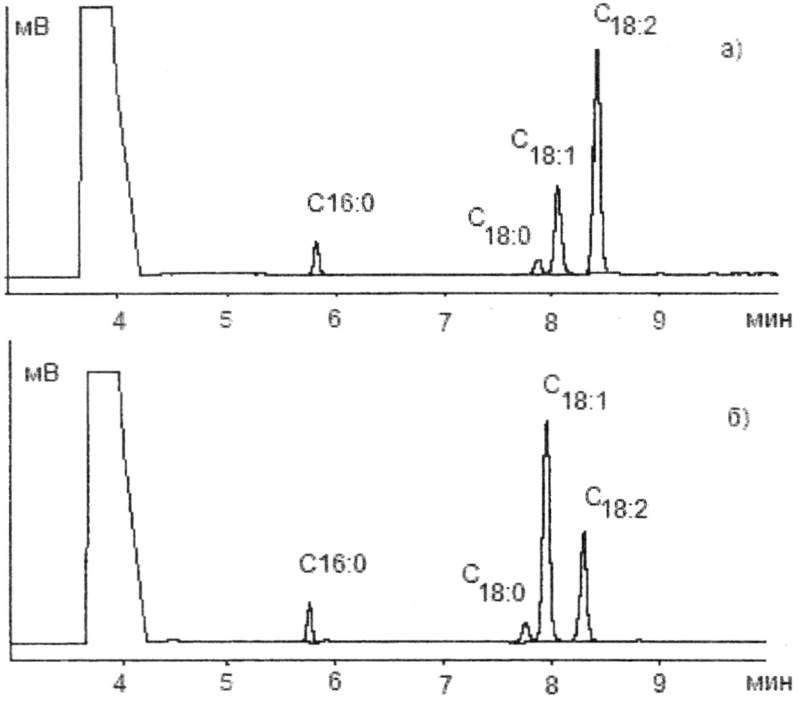


Рис. 9.3. Хроматограммы образцов:
а) низкоолеинового подсолнечного масла;
б) высокоолеинового подсолнечного масла.
Условия анализа: детектор – ПИД; колонка Zb-50, 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм, толщина слоя неподвижной фазы df=1 мкм; температура колонки – 250 °С; носитель – N_2, 50 кПа; объем образца – 1 мкл

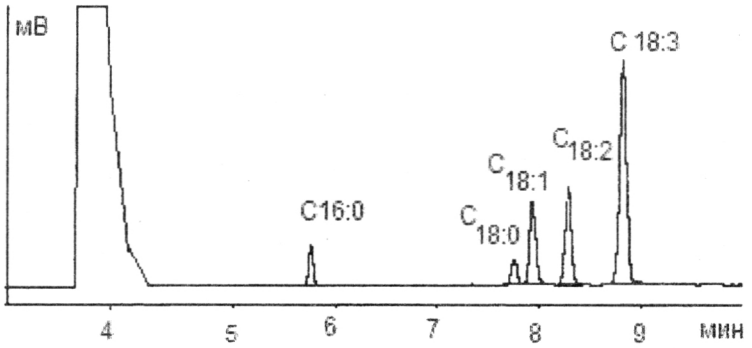


Рис. 9.4. Хроматограмма образца льняного масла.
Условия анализа см. рис. 9.3.

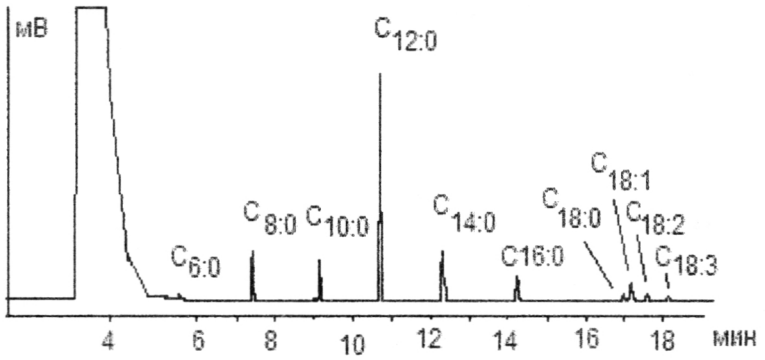


Рис. 9.5. Хроматограмма образца кокосового масла.
Условия анализа: детектор – ПИД; колонка Zb-50, 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм, толщина слоя неподвижной фазы df=1 мкм; программирование температуры колонки – 70 °С (1 мин), нагрев до 250 °С, 20 °С/мин; газ-носитель – N_2, 50 кПа; объем образца – 1 мкл

Горчичное масло технических сортов используют для идентификации времени удерживания эруковой ($C_{22:1}$) и гондоиновой кислот ($C_{20:1}$) (рис. 9.6).

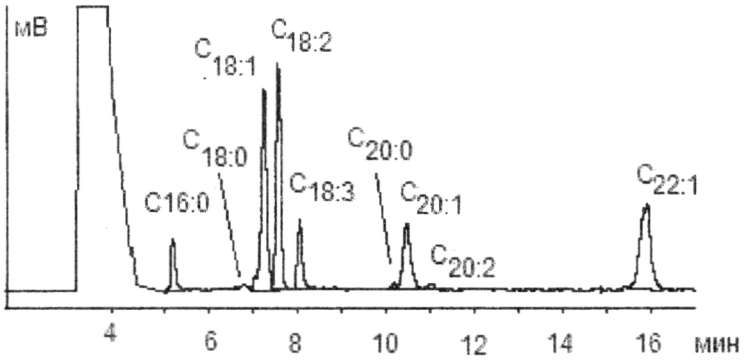


Рис. 9.6. Хроматограмма образца горчичного масла.
Условия анализа см. рис. 9.5.

Таким образом, использование подсолнечного, льняного, горчичного и кокосового масел позволяет получить 8 точек градуировочного графика для метиловых эфиров насыщенных жирных кислот, 3 точки градуировочного графика для метиловых эфиров мононенасыщенных жирных кислот и по одной точке градуировочного графика для метиловых эфиров ди- и триненасыщенных жирных кислот, что достаточно, для построения всех градуировочных графиков, необходимых для проведения испытаний с использованием методов по ГОСТ 30418-96 и ГОСТ Р 51483-99.

Основные жирные кислоты достаточно просто идентифицируются по хроматограмме натурального молочного жира. На рис. 9.7 представлена хроматограмма образца молочного жира, из которой наглядно видно многообразие жирнокислотного состава этого продукта, резко отличающего его от растительных жиров с весьма ограниченным составом жирных кислот.

Устанавливать все компоненты молочного жира затруднительно, достаточно проконтролировать 7...9 основных жирных кислот, чтобы сделать заключение об аутентичности жирового продукта. Следует обратить внимание и на наличие в нем в заметных количествах масляной кислоты ($C_{4:0}$), которая отсутствует в растительных жирах.

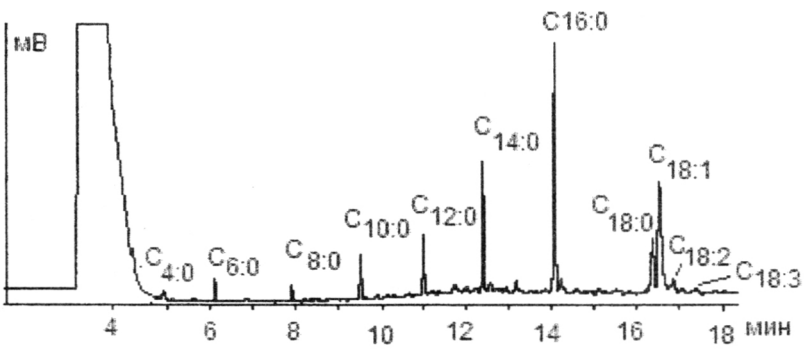


Рис. 9.7. Хроматограмма образца сливочного масла.
Условия анализа см. рис. 9.5.

Количественный анализ жирных кислот за исключением специальных анализов проводят методом внутренней нормализации, когда все компоненты смеси представлены на хроматограмме и площадь всех пиков компонентов составляет 100 %. При наличии интегратора или специальной компьютерной программы для обработки хроматограмм пользуются полученными с их помощью цифрами. При отсутствии интегрирующих устройств площади пиков измеряют, умножая высоту пика на полуширину (ширину пика на половине его высоты), учитывая переключения чувствительности усилителя, используемые во время записи хроматограммы. При этом не учитываются поправочные коэффициенты, характеризующие чувствительность детектора к конкретному аналиту. Расчет массовой доли i-го компонента в % проводят по формуле:

$$C=100S_i/\Sigma S_i\,, \qquad (9.3)$$

где C – массовая доля i-го компонента; S_i – площадь пика i-го компонента; ΣS_i – сумма площадей всех пиков.

В случае, когда в анализируемой смеси присутствуют кислоты с 12 и менее углеродными атомами в цепи, точный расчет ведется с применением поправочных коэффициентов. Поправочные коэффициенты (K_i) рассчитывают по хроматограммам эталонных смесей известного состава, полученным в условиях, применяемых для анализа образца, по формуле:

$$K_i=M_i\cdot\Sigma S_i/S_i\Sigma M_i\,, \qquad (9.4)$$

где M_i – масса i-го компонента в эталонной смеси, г; ΣM_i – масса эталонной смеси, г.

Часто используют относительные поправочные коэффициенты (K_i') по отношению к поправочному коэффициенту метилпальмитата ($K_{C16:0}$):

$$K_i' = K_i / K_{C16:0} \qquad (9.5)$$

Массовую долю i-го компонента анализируемой смеси определяют по формуле:

$$C = 100 K_i S_i / \Sigma K_i \cdot S_i \qquad (9.6)$$

За результат анализа принимают среднеарифметическое из двух параллельных измерений с записью до первого десятичного знака.

В тех случаях, когда не все компоненты в анализируемой смеси элюируются из колонки или присутствуют очень летучие компоненты, для количественного расчета используют метод внутреннего стандарта. В качестве внутреннего стандарта применяют метиловые эфиры кислот, отсутствующие в анализируемой смеси. При анализе проб, содержащих масляную кислоту, в качестве внутреннего стандарта используют валериановую кислоту, в остальных случаях пентадекановую ($C_{15:0}$) или маргариновую кислоту ($C_{17:0}$). Массовую долю i-го компонента пробы определяют по формуле:

$$C = 100 m K_i S_i M_S / M K_S S_S \,, \qquad (9.7)$$

где m – содержание липидов в продукте, мг в 100 г; M_S – масса внутреннего стандарта, мг; M – масса образца, мг; K_S – поправочный коэффициент внутреннего стандарта; S_S – площадь пика внутреннего стандарта.

Допустимые расхождения двух независимых единичных определений при P=0,95, выполненных в одной лаборатории одним аналитиком на одном приборе, равны 0,2 % (абсолютное значение) при содержании жирной кислоты менее 5 %, 1 и 3 % (абсолютное значение) при содержании жирной кислоты равном или превышающим 5 %.

9.2. Идентификация масложировой продукции по жирнокислотному составу

Под *идентификацией*, согласно международным стандартам ИСО серии 9000, понимается процедура, позволяющая отличить данный объект от всех остальных. Уже в классических работах по хроматографии приведены хроматограммы сливочного масла и отмечено, что "для целей практического контроля не требуется такая хроматограмма, которая давала бы возможность получить исчерпывающий химический анализ данного вещества. Достаточно получить лишь такое разделение на компоненты, которое обеспечило бы точное опознавание данного вещества и позволило обнаружить возможные фальсификации". Введение ГОСТ 30623-98 и ГОСТ Р 52253-2004 как раз и позволяет проводить испытания масложировой продукции по выявлению аутентичности растительных масел, маргаринов и молочного жира, обнаружению фактов фальсификации с использованием метода ГЖХ на законных основаниях. Не умаляя значения и полезности ГОСТ 30623-98, в нем можно отметить наличие некоторых неточностей. Так, в таблице Приложения В этого стандарта "Группа 7. Растительные масла с наибольшей массовой долей линолевой кислоты (26...81 %)" в данных по жирнокислотному составу подсолнечного масла, скорее всего, допущена опечатка. Приведенные значения границ интервала массовой доли линолевой кислоты (18,3...74,0 %) не согласуются ни с заголовком указанной таблицы, ни с другими данными по жирнокислотному составу подсолнечного масла. Например, в ГОСТ 1129-93 дан интервал для линолевой кислоты 50,0...75,0 %. Вторая недоработка ГОСТ 30623-98, на которую обращают внимание практики – жирнокислотный состав большей части маргариновой продукции дан не в виде интервалов, а в виде среднеарифметических значений. Очевидно, что если исходное для маргаринов сырье имеет определенный разброс в содержании жирных кислот, частичная гидрогенизация, переэтерификация, комбинирование разных видов жиров и другие технологические процессы не могут кардинально уменьшить или исключить вариативность жирнокислотного состава получаемых маргаринов. Из-за того, что допустимые для метода ГЖХ расхождения дают более узкий идентификационный диапазон, чем реально наблюдаемые для маргариновой продукции, этот ГОСТ создает определенные проблемы производителям маргариновой продукции, обязанным жестче контро-

лировать жирнокислотный состав и подгонять его под нормативные значения. Предлагаемый в ГОСТ 30623-98 алгоритм обработки результатов испытаний применим только для однородных по происхождению растительных масел и тех видов маргаринов, жирнокислотный состав которых приведен в Приложении В этого стандарта. Подтверждение подлинности других видов маргариновой продукции и спредов возможно при условии дополнения указанного алгоритма методом расчета жирнокислотного состава по рецептуре, по технологической инструкции или проверки заявленных в технических условиях диапазонов.

Выше было показано, что жирнокислотный состав натуральных жиров колеблется в определенных диапазонах. Эти колебания обусловлены различием в процессах метаболизма, вызванных разными климатическими условиями, сезонными колебаниями климата, сортом растительного или породой животного источника сырья. Дорогие натуральные жиры (молочный жир, кедровое масло, облепиховое масло, масло какао и др.) часто фальсифицируются эрзацами из более дешевого сырья, т.е. в фальсифицированном продукте будут находиться те же компоненты, что и в натуральном, но изменяется их соотношение.

Как показано в работах Рудакова О.Б. и др. [133, 134] предел обнаружения фальсифицирующей добавки обусловлен не столько чувствительностью метода ГЖХ, сколько непостоянством состава жиров. Именно в связи с тем, что пределы обнаружения лабильны (от долей процента до полного отсутствия), сильно зависят от партии жира, сорта и партии фальсифицирующей добавки, необходим контроль над содержанием нескольких кислот, что повышает вероятность того, что хотя бы один критерий среагирует на добавку. Иначе говоря, только при совокупном использовании данные о составе жирных кислот пригодны для идентификации жира.

Например, в качестве идентификационных критериев натурального молочного жира рекомендовано содержание в нем 6 высших жирных кислот, выраженное в массовых процентах относительно суммарного содержания кислот: миристиновой ($C_{14:0}$), пальмитиновой ($C_{16:0}$), стеариновой ($C_{18:0}$), олеиновой ($C_{18:1}$), линолевой ($C_{18:2}$) и линоленовой кислоты ($C_{18:3}$). По выбранным критериям (содержанию указанных выше кислот) животные жиры в целом сложнее отличить от молочного, чем растительные. Понижена вероятность идентификации по этим кислотам подделки молочного жира жирами рыб и морских животных, а также кокосовым,

пальмоядровым и пальмовым маслами. Последние индивидуальные жиры, а также комбинированные жиры часто используются недобросовестными производителями жировой продукции для фальсификации. Контролируя состав 6-9 жирных кислот, можно уверенно выявлять любые грубые фальсификации молочного жира, содержащие 25-80 % эрзаца из немолочных жиров.

Для контроля более тонких фальсификаций следует увеличить количество контролируемых кислот и других показателей. По ГОСТ Р 52253-2004 рекомендуется контролировать соотношения пальмитиновой кислоты к лауриновой, стеариновой к лауриновой, олеиновой к миристиновой, линолевой к миристиновой, а также суммы олеиновой и линолевой к сумме лауриновой, миристиновой, пальмитиновой и стеариновой. При аутентификации жиров по жирнокислотному составу целесообразно применять контрольные карты, построенные по нормам (например, ГОСТ 30623-98).

На рис. 9.8 приведен пример *растительного масла лауриновой группы*, содержащего низкомолекулярные жирные кислоты C_6-C_{12} более 2 %, а на рис. 9.9 – пример *растительного масла пальмитиновой группы*, с массовой долей пальмитиновой кислоты более 17 %.

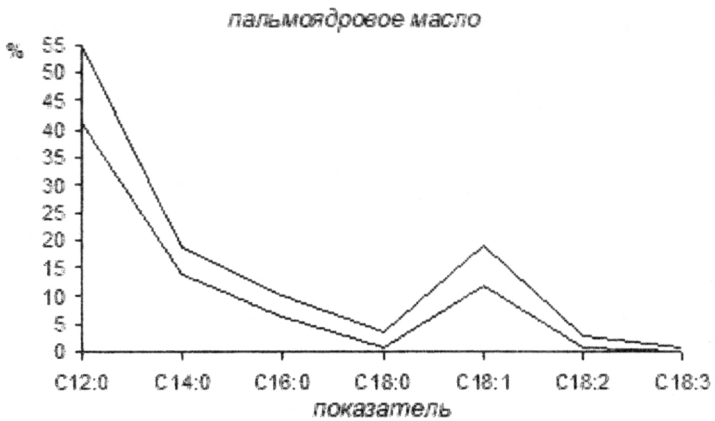


Рис. 9.8. Контрольная карта пальмоядрового масла по диапазонам содержания 7 жирных кислот $C_{12:0}$-$C_{18:3}$

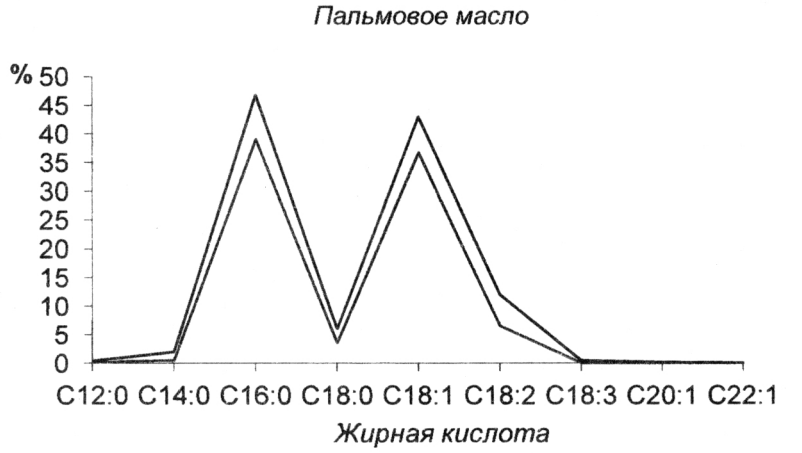


Рис. 9.9. Контрольная карта пальмового масла по диапазонам содержания 9 жирных кислот $C_{12:0}$-$C_{22:1}$

Пример *растительного масла 8 группы* (линоленовой) с массовой долей линоленовой кислоты более 20 % на рис. 9.10.

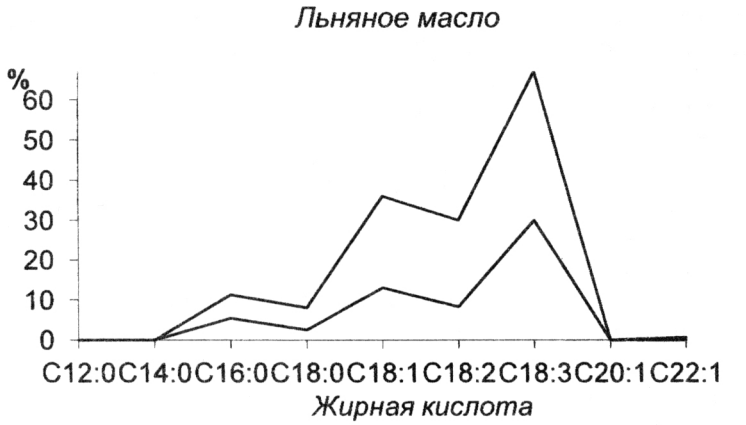


Рис. 9.10. Контрольная карта льняного масла по диапазонам содержания 9 жирных кислот $C_{12:0}$-$C_{22:1}$

9.3. Жидкостная хроматография в контроле качества жиров

В общем случае к жидкостной хроматографии относят все хроматографические методы, в которых подвижной фазой является жидкость. Для анализа нативных липидов, как триглицеридов, так и фосфолипидов может быть использована *высокоэффективная жидкостная хроматография* (ВЭЖХ).

Доминирующим методом ВЭЖХ стал обращено-фазовый ее вариант (ОФ ВЭЖХ). Среди рутинных методик анализа 70...80 % основаны на том или ином варианте ОФ ВЭЖХ. Причины широкого внедрения метода в том, что для него налажено производство сорбентов, имеющих привитые алкилсилильные группы разной длины (от C_2 до C_{18} с прямой алкильной цепью, фенильной и дифенильной группами), а растворители, используемые для этого метода (ацетонитрил, метанол, тетрагидрофуран, вода), позволяют работать с ультрафиолетовыми и спектрофотометрическими детекторами в УФ и видимом диапазоне спектра, так как они прозрачны в УФ свете.

Пределы прозрачности подвижных фаз в зависимости от состава и химической чистоты модификатора лежат в области 190...220 нм. Наиболее доступный УФ детектор в условиях ОФХ приближается по возможностям к неселективному универсальному детектору, делая возможным анализ углеводов, липидов, фосфолипидов, сложных эфиров, спиртов и олефинов.

Растворители, используемые в ОФ ВЭЖХ, относительно легко растворяют многие практически важные органические и природные вещества, находящиеся в организме человека, биологических объектах, в пище, лекарственных препаратах, и т.д.

Сорбенты в обращенно-фазовой ВЭЖХ быстро приходят в равновесие с новыми растворителями и при изменении состава растворителя, что позволяет без проблем переходить от одной методики к другой с использованием одной и той же колонки, а также широко применять градиентное элюирование с быстрым восстановлением равновесия сорбента с исходным растворителем. Сорбенты дают возможность использовать растворители в широком диапазоне свойств, а также добавки разных типов (соли, кислоты и основания, ион-парные реагенты, органические модификаторы).

Одна из важных причин, способствовавших быстрому росту применения обращенно-фазовых сорбентов в ВЭЖХ, это их способность четко

разделять серии гомологов в порядке возрастания их молекулярной массы, что важно для контроля тех же фосфолипидов.

Бюджетный вариант жидкостной хроматографии, активно применяемый в контроле фосфолипидов – тонкослойная хроматография (ТСХ) – планарная хроматография, в которой процессы разделения смеси веществ осуществляются в тонких слоях сорбента нанесенного на инертную твердую подложку или в пленках пористого полимерного материала. В методе ТСХ, как и в колоночной хроматографии, могут быть реализованы нормально-фазовый, обращенно-фазовый, мицеллярный и другие варианты хроматографирования. Наиболее распространенный вариант – нормально-фазовый (НФХ).

В методе ТСХ неподвижная фаза тонким слоем (100-300 мкм) наносится на стеклянную, металлическую или пластмассовую пластинки. В качестве сорбента чаще всего используют силикагель, оксид алюминия, целлюлозу, кизельгур, полиамиды. На линию старта (1,5-2,0 см от края пластинки) очень малым пятном наносятся анализируемая смесь и стандартные вещества. Для этого используют капилляры, микропипетки или микрошприцы. Затем пластинку в герметичной камере погружают в растворитель, который выполняет роль подвижной фазы. Под действием капиллярных сил растворитель движется вдоль слоя сорбента до финиша и с разной скоростью переносит компоненты смеси, что приводит к их разделению. Принцип разделения такой же, как в других видах хроматографии – неодинаковое сродство разделяемых органических веществ к подвижной жидкой фазе и стационарному сорбенту. После достижения элюентом линии финиша, пластинку высушивают и проводят идентификацию компонентов. Разделенные компоненты на пластинке или полоске бумаги образуют отдельные зоны (пятна). Многие вещества не обнаруживаются в видимой области, и для их определения невидимые зоны проявляют опрыскиванием пластины ТСХ специальными реагентами. Для обнаружения пятен можно использовать УФ излучение или термическую деструкцию веществ. Количественный анализ в последнее время осуществляют либо непосредственно на хроматограмме (на слое сорбента), проводя инструментальное измерение интенсивности поглощения электромагнитного излучения при сканировании хроматографической пластинки (сканирование денситометром, флуориметром и др.). В результате регистрируется хроматограмма в виде хроматографических пиков, аналогичная хроматограмме в ВЭЖХ, которая обрабатывается затем

по стандартным алгоритмам, только вместо времени или объема удерживания фиксируется величина $R_f=x/y$ – отношение расстояния от центра пятна на пластинке (максимума пика) до линии старта (x) к расстоянию (y), пройденному растворителем от линии старта до финиша. Величина R_f является характеристикой природы определяемого соединения и зависит от сорбента и растворителя, используемых для разделения.

Высокоэффективная жидкостная хроматография липидов. Наиболее часто в ВЭЖХ липидов применяют фотометрические детекторы, работа которых основана на измерении поглощения (абсорбции) света в ультрафиолетовой или видимой областях спектра. Это связано с тем, что липиды и их производные имеют достаточно интенсивные полосы поглощения в диапазоне длин волн 200–800 нм. Наличие подходящих растворителей, прозрачных в этом диапазоне длин волн, делает фотометрические методы особенно пригодными для градиентного элюирования. Фотометрические детекторы имеют достаточно высокую чувствительность для поглощающих свет веществ, широкий линейный динамический диапазон (до 10^5), малый рабочий объем ячеек (<1мкл), небольшое экстраколоночное расширение пиков и высокую воспроизводимость показаний. Они являются недеструктивными, относительно нечувствительными к колебаниям потока подвижной фазы и изменениям температуры. Чувствительность фотометрических *ультрафиолетовых детекторов* может доходить до 0,001 единиц оптической плотности на всю шкалу при 1 % шума. При такой высокой чувствительности могут быть зафиксированы малые количества (до нескольких нг) слабо абсорбирующих УФ веществ. Широкая линейная область позволяет анализировать как примеси, так и основные компоненты на одной хроматограмме. Дополнительные возможности в детектировании *дают спектрофотометрические детекторы*, позволяющие работать в поливолновом режиме. Такие детекторы предназначены для фотометрирования элюата, выходящего из хроматографической колонки при различных длинах волн, например, в спектральном диапазоне 190...360 нм. На мониторе ВЭЖХ прибора фиксируется хроматограмма при нескольких аналитических длинах волн, в остановленном потоке имеется возможность зарегистрировать спектр поглощения индивидуального сорбата.

Для ВЭЖХ жирных кислот и триглицеридов применяют также рефрактометрический детектор. В отличие от фотометрических детекторов, реагирующих только на вещества, поглощающие свет в ультрафиолетовой или

видимой области спектра, *рефрактометрические детекторы* являются универсальными. Они особенно полезны, когда вещества не имеют интенсивного поглощения в УФ свете, не флуоресцируют и не обладают электрохимической активностью. Их принцип действия основан на дифференциальном измерении показателя преломления чистого растворителя и раствора анализируемого вещества в этом растворителе. Рефрактометрические детекторы оптимальны для применения, когда нет необходимости в высокой чувствительности, например, в препаративной жидкостной хроматографии. ИНдивидуальные фосфолипиды получают именно этим методом.

ВЭЖХ может использоваться в качестве альтернативного метода определения жирнокислотного состава. Полученные методом микропрепаративной ВЭЖХ липиды могут быть идентифицированы с помощью масс-спектрометрии, который в настоящее время сочетается не только с газохроматографической системой, но и с ВЭЖХ. Другим методом идентификации микроколичеств липидов, выделенных при помощи ВЭЖХ, является ядерно-магнитный резонанс. ЯМР-спектрометры в настоящее время, как и масс-спектрометры, все чаще используют в тандеме с ВЭЖХ. Широкому распространению этих гибридных методов анализа препятствует только высокая стоимость оборудования.

Для анализа жирнокислотного и триглицеридного состава Дейнека В.И. предложил использовать жидкостной хроматограф с рефрактометрическим детектором, снабженным стандартной колонкой (250 × 4,0 мм) заполненной сорбентом Диасфер-110-С18 (БиоХимМак, Россия), средний диаметр частиц 6 мкм (средняя эффективность по триглицеридам $N \approx 10\,000$ теоретических тарелок); подвижная фаза ацетонитрил – ацетон (90:10 по объему); расход подвижной фазы 1 мл/мин. Последовательность времен удерживания жирных кислот в этих условиях наблюдалась следующая: $C_{8:0}$, $C_{10:0}$, $C_{12:0}$, $C_{13:0}$, $C_{18:2}$, $C_{14:0}$ $C_{18:1}$, $C_{16:0}$, $C_{18:0}$. Установлена последовательность удерживания триглицеридов в этих условиях: ЛЛЛ, ЛЛО, ЛЛП, ЛОО, ЛЛС, ЛОП, ЛПП, ООО, ЛОС, ООП, ЛПС, ОПП, ОСС. Соответствующими буквами даны остатки кислот (Л – ленолеил, О – олеиноил, П – пальмитил, С – стеарил), входящие в состав триглицерида, без учета их положения в молекуле. На рис. 9.11 приведен пример порядка выхода соответствующих триглицеридов в оливковом масле, а на рис. 9.12 дана хроматограмма подсолнечного масла.

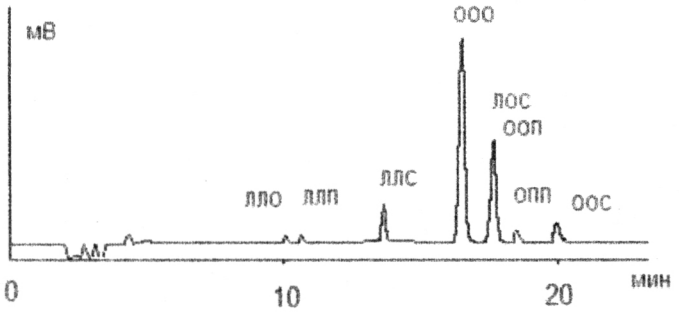


Рис. 9.11. Разделение триглицеридов оливкового масла.
Рефрактометрический детектор R-401, колонка Диасфер-110-С18 (250×4,0 мм), 6 мкм, подвижная фаза ацетонитрил – ацетон (90:10), 1 мл/мин: ЛЛО, ЛЛП, ЛЛС, ООО, ЛОС, ООП, ОПП, ООС – триглицериды содержащие остатки соответствующих кислот (Л – линолевой, О – олеиновой, П – пальмитиновой, С – стеариновой) без учета их положения в молекуле

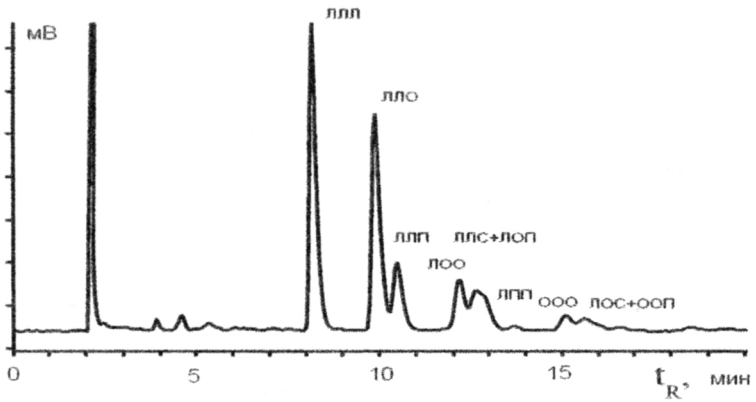


Рис. 9.12. Разделение триглицеридов подсолнечного масла.
Рефрактометрический детектор R-401, колонка Диасфер-110-С18 (250×4,0 мм), 5 мкм, подвижная фаза ацетонитрил – ацетон (90:10),1 мл/мин: ЛЛЛ, ЛЛО, ЛЛП, ООО, ЛОО, ЛОС, ОПП – триглицериды содержащие остатки соответствующих кислот (Л – линолевой, О – олеиновой, П – пальмитиновой, С – стеариновой) без учета их положения в молекуле

Недостатком предложенных условий ВЭЖХ является достаточно низкая чувствительность рефрактометрического детектора к жирам, что приводит к необходимости применять в пробах достаточно большие концентрации жира. Это приводит к уширению и увеличению ассиметричности пиков, ухудшению селективности разделения и перегрузке колонки.

Микроколоночная высокоэффективная жидкостная хроматография триглицеридов. В современной аналитической жидкостной хроматографии наблюдается тенденция к миниатюризации хроматографических колонок. Отметим, что микроколонки имеют, в отличие от стандартных колонок, в 15...20 раз меньший объем сорбента при уменьшении длины колонки в 3...5 раз, диаметра колонки в 2-10 раз, а размеров частиц в 1,5...2 раза. Для микроколоночной ВЭЖХ характерна в 5...10 раз меньшая объемная скорость потока элюента. Примерно в 2-5 раз меньше и максимальное рабочее давление. Микроколоночные хроматографы сконструированы таким образом, чтобы обеспечить стабильные малые скорости потока и малое уширение концентрационных зон. Насос должен стабильно подавать растворитель при высоких давлениях (4...40 МПа) и небольших расходах (10...200 мкл/мин). Как правило, обычные насосы для ВЭЖХ либо не работают при таких параметрах, либо не обеспечивают стабильной подачи. Отечественный серийный микроколоночный хроматограф среднего давления серии «Милихром» нашел широкое применение как в исследовательской работе, так и для контроля на производстве. Серийно выпускают хроматографы, предназначенные для микроколоночной ВЭЖХ, и различные зарубежные фирмы: «Alltech», «Bio-Rad», «Jasco», «Gilson», «Hewlett-Packard», «LKB/Pharmacia», «Knauer», «Shimadzu», «Varian», «Waters».

В Белгородском университете на биолого-химическом факультете Дейнекой В.И. разработана методика исследования триглицеридов растительных масс применением микроколоночной обращенно-фазовой ВЭЖХ с УФ-детектированием при 210 нм. В качестве элюентов предложены смеси ацетонитрила и диэтилового эфира (10:4...6,5 по объему). Методика применена для идентификации масел (льняного, кукурузного, оливкового, подсолнечного, тыквенного), обнаружения фальсификации масел (на примере оливкового и облепихового масел), определения степени ненасыщенности масел. Методика реализована на колонке (60×2 мм) Диасфер-110-С18 (БиоХимМак, Россия), средний диаметр частиц 6 мкм, средняя эффективность по триглицеридам $N \approx 3000$ теорети-

ческих тарелок; расход подвижной фазы 100 мкл/мин. В качестве подвижной фазы рекомендована смесь растворителей ацетонитрил - диэтиловый эфир в соотношении 10:6. Исходные растворители: ацетонитрил, ос.ч. УФ-205 (ООО «ХромРесурс»), диэтиловый эфир фармакопейный, (НПФ «Биореактив»). Уменьшенный размер микроколонки по сравнению со стандартной колонкой приводит к снижению эффективности и селективности разделения триглицеридов. В микроколоночной ВЭЖХ, например, дилинолеатолеат (ЛЛО) и дилинолеатпальмитат (ЛЛП), хорошо разделяющиеся в стандартных хроматографических условиях, элюируются в виде пика с «плечом». Раздвоение пика наблюдается только при относительно большом содержании ЛЛП и при уменьшении элюирующей силы подвижной фазы.

Несмотря на слабую селективность разделения, различия в соотношении пиков, то есть профили хроматограмм, весьма характерны для многих типичных растительных масел, что позволяет по банку хроматографических данных проводить качественную идентификацию масел. На рис. 9.13 представлены примеры хроматограмм триглицеридного состава льняного (линоленовая группа), кукурузнолго (линолевая группа) и оливкового (олеиновая группа) масел, а на рис. 9.14 – подсолнечного и тыквенного масел.

Применение микроколоночной ВЭЖХ позволило установить факты фальсификации дорогого оливкового масло соевым маслом и фальсификацию декларируемой добавки оливкового масла в подсолнечное. Поскольку чувствительность УФ-детектора по оливковому маслу почти втрое меньше, чем по подсолнечному маслу, то решающим в данном случае является анализ с использованием градуировки по суммарной площади пиков (в качестве стандарта использовали подсолнечное масло «Слобода»). Метод микроколоночной хроматографии позволяет легко выявить фальсификацию или разбавление облепихового масла подсолнечным.

Недостатком методик, вследствие конструкционных особенностей прибора Милихром, является непостоянство состава подвижной фазы. Контейнеры для элюента негерметичны, имеют отверстие для ввода иглы автосемплера, из-за чего из элюента довольно быстро испаряется эфир. Поэтому для обеспечения постоянства времен удерживания триглицеридов контейнер для элюента следует заполнять непосредственно перед набором в шприц.

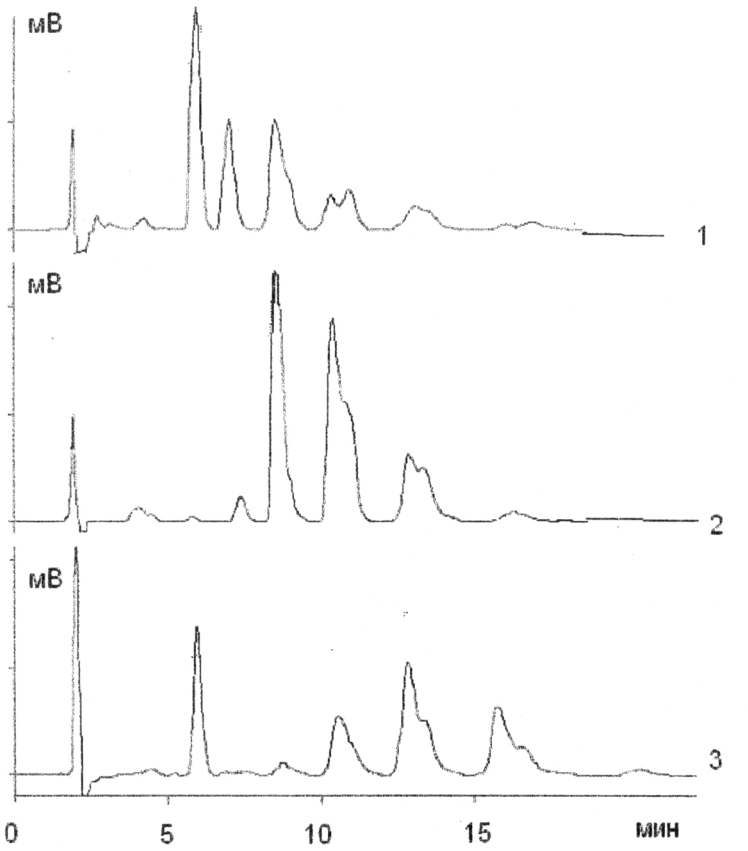


Рис. 9.13. Хроматограммы льняного (1), кукурузного (2) и оливкового (3) масел в условиях микроколоночной ВЭЖХ.
Концентрация масел в образцах 10 мг/мл.
Диасфер-110-С18 (60×2 мм), ацетонитрил - диэтиловый эфир (10:6), 100 мкл/мин, 210 нм.

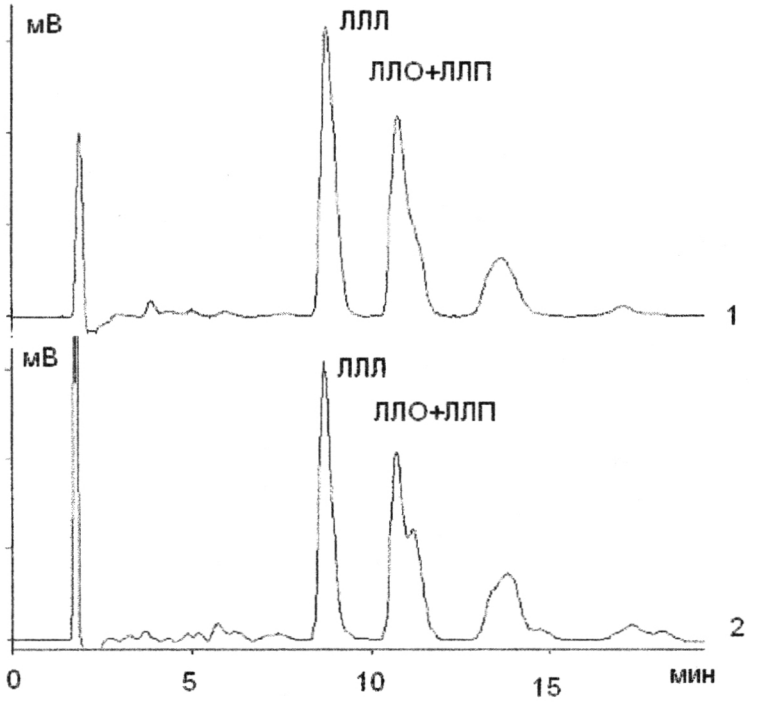


Рис. 9.14. Хроматограммы подсолнечного (1) и тыквенного (2) масел в условиях микроколоночной ВЭЖХ.
Концентрация масел в образцах 10 мг/мл.
Диасфер-110-С18 (60×2 мм), ацетонитрил - диэтиловый эфир (10:6), 100 мкл/мин, 210 нм.

Микроколоночная высокоэффективная жидкостная хроматография фосфолипидов. Анализ фосфолипидов начинают с проверки чистоты хлороформа, используемого в качестве растворителя для пробы анализируемого образца. Для этого при условиях анализа вводят в хроматограф 5 мкл чистого хлороформа. Отсутствие пиков, кроме пика, соответствующего хлороформу, со временем удерживания 1,5...2 мин, стабильность нулевой линии и отсутствие шумов, превышающих 2...4 мВ, говорят об удовлетворительной чистоте растворителя. Регистрацию хромато-

граммы производят при длине волны 204 нм, при которой наблюдаются самые интенсивные пики. Используют режим полярной жидкостной хроматографии. В качестве неподвижной фазы берут Силасорб-600 с размером частиц 5 мкм. Колонка размером 2×62 мм или 2×80 мм с эффективностью 3000-5000 теоретических тарелок. Подвижная фаза имеет следующий состав: ацетонитрил – метанол – 85 %-ная ортофосфорная кислота в соотношении 780:10:9; скорость расхода 200 мкл/мин. Объем вводимой пробы 5 мкл. Для анализа навеску фосфолипидного концентрата (10±0,1) мкг растворяют в 1 мл хлороформа.

Для качественного анализа или расшифровки полученных хроматограмм используют время удерживания для индивидуальных групп фосфолипидов, рассчитанное по хроматограммам соответствующих стандартных растворов химически чистых индивидуальных групп.

Для количественного расчета хроматограмм необходимо также знание поправочного коэффициента K_i, который рассчитывают как отношение навески, взятой для приготовления стандартного раствора, к площади хроматографического пика.

Примерные времена удерживания и поправочные коэффициенты для отдельных групп фосфолипидов представлены в табл. 9.2. Следует напомнить параметры t_R и K_i для конкретной хроматографической системы следует находить экспериментально. Данные табл. 9.2 могут служить только для ориентировочной оценки.

Таблица 9.2. Параметры удерживания и количественного анализа фосфолипидов

Группы фосфолипидов	Время удерживания t_R, мин	Поправочный коэффициент K_i, мг/мВ·с
Фосфатидилинозитолы	3,5	0,090
Фосфатидилсерины	4,5	0,012
Фосфатидилэтаноламины	8,0	0,003
Фосфатидилхолины	11,5	0,026
Лизофосфатидилхолины	27,0	0,060

По экспериментальной хроматограмме после определения площади пиков S_i отдельных групп фосфолипидов производят расчет суммарной доли фосфолипидов в фосфолипидном концентрате $C_{ФЛ}$ в % по формуле

$$C_{ФЛ}=100(\sum S_i K_i)/CV, \qquad (9.8)$$

где S_i – площадъ соответствующего пика на хроматограмме в мВ·с, K_i – поправочный коэффициент индивидуальной группы фосфолипидов, мг/мВ·с; C – концентрация фосфолипидного концентрата в хлороформе, мг/мкл; V – объем вводимой пробы, мкл.

Расчет массовой доли в процентах индивидуальных групп фосфолипидов C_i·проводят по формуле

$$C_J= 100S_jK_j/(\sum S_i K_i) \qquad (9.9)$$

Методика применима для анализа концентратов фосфолипидов, если их содержание составляет в концентрате не менее 50 %. Если доля нейтральных липидов выше 50 %, то фосфолипидный концентрат целесообразно отделить от нейтральных липидов.

Особые требования предъявляются к чистоте растворителей для подвижной фазы. Ацетонитрил и метанол должны быть марки "ОСЧ" для ВЭЖХ, т.е не должны иметь интенсивного поглощения при длинах волн выше 200 нм.

9.4. Тонкослойная жидкостная хроматография фосфолипидов

Тонкослойная хроматография (ТСХ). В методе ТСХ неподвижная фаза тонким слоем (100...300 мкм) наносится на стеклянную, металлическую или пластмассовую пластинки. В качестве сорбента чаще всего используют силикагель, оксид алюминия, кизельгур, полиамиды.

На линию старта (1,5...2 см от края пластинки) очень малым пятном наносятся анализируемая смесь и стандартные вещества. Для этого используют капилляры, микропипетки или микрошприцы. Затем пластинку в герметичной камере погружают в растворитель, который исполняет роль подвижной фазы.

Под действием капиллярных сил растворитель движется вдоль слоя сорбента до финиша и с разной скоростью переносит компоненты смеси, что приводит к их разделению.

Принцип разделения такой же, как в других видах хроматографии, - неодинаковое сродство разделяемых органических веществ к подвижной жидкой фазе и стационарному сорбенту. После достижения элюентом линии финиша пластинку высушивают и проводят идентификацию компонентов.

Разделенные компоненты на пластинке или полоске бумаги образуют отдельные зоны (пятна). Многие вещества не обнаруживаются в видимой области, и для их определения невидимые зоны проявляют опрыскиванием пластины ТСХ специальными реагентами. Для обнаружения пятен можно использовать УФ излучение или термическую деструкцию веществ.

Для получения информации о качественном и количественном составе анализируемой смеси можно использовать различные методы детектирования – как химические, так и физические. Выделив вещество из сорбирующего слоя пластинки тем или иным способом, его можно подвергнуть идентификации методами ИК-, ЯМР- или масс-спектрометрии.

Пластинки ТСХ выполняют роль носителя, с которого химическая или физическая информация может быть считана в любом месте и в любое удобное время. Отсюда следует, что селективность (избирательность) метода ТСХ складывается из селективности процесса разделения и специфичности детектирования, взятых вместе. Это преимущество присуще только ТСХ.

Важной характеристикой степени разделения определяемых соединений в ТСХ является величина $R_f=x/y$ – отношение расстояния от центра пятна на пластинке до линии старта (x) к расстоянию (y), пройденному растворителем от линии старта до финиша.

Величина R_f является характеристикой природы определяемого соединения и зависит от сорбента и растворителя, используемых для разделения (рис. 9.15).

Для надежности идентификации веществ при определении R_f часто используют "свидетели". Для этого на пластинке вместе с разделяемой смесью веществ хроматографируют стандартные вещества ("свидетели", метчики).

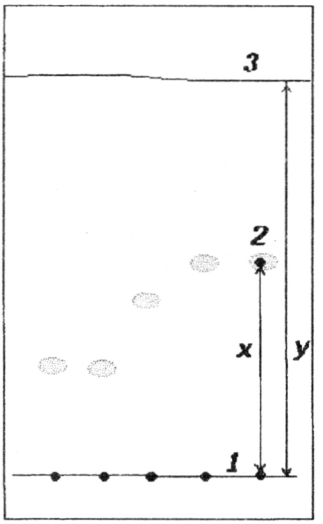


Рис. 9.15. Определение R_f на тонкослойной хроматограмме:
1 – линия старта;
2 – пятно;
3 – фронт растворителя

Правильный выбор сорбента и подвижной фазы определяет эффективность (полноту) разделения. Подбор хроматографической системы обусловливается природой анализируемой смеси. Например, насыщенные углеводороды сорбируются в очень малой степени и поэтому движутся в сорбенте с более высокой скоростью. Ненасыщенные углеводороды сорбируются тем сильнее, чем больше в них содержится двойных связей. Для их разделения следует использовать наиболее активные сорбенты и малополярные растворители.

Для органических веществ, содержащих разные функциональные группы, адсорбционное сродство повышается в следующем ряду: алканы, алкены, арены, простые эфиры, сложные эфиры, кетоны, альдегиды, спирты, амиды, диолы, карбоновые кислоты, полифункциональные соединения. Это приводит к тому, что на слоях силикагеля или окиси алюминия при применении в качестве растворителя, например, бензола, простые или сложные эфиры располагаются в верхней части хроматограммы, кетоны и альдегиды – примерно в середине, спирты – ближе к линии старта, а кислоты остаются на старте. Отличия от указанного порядка могут быть связаны с сильной разницей в молекулярной массе или в структуре углеродного скелета.

Таким образом, идентификацию веществ (качественный анализ) проводят в первую очередь по равенству значений R_f анализируемого вещества и стандарта ("свидетеля"), а также по цветной реакции, присущей искомому компоненту.

Если на хроматограмме образуются окрашенные зоны, то это значительно упрощает ее обработку. Невидимые хроматограммы проявляют (находят зоны разделенных веществ) химическими и физическими способами. При химическом способе пленку опрыскивают раствором или держат в парах взаимодействующего с компонентами анализируемой смеси реагента. Эти реактивы разделяют на два типа: 1) реактивы общего назначения, позволяющие обнаружить большое число соединений различных классов; 2) специфичные реактивы, позволяющие обнаружить соединения определенного класса или с определенной функциональной группой.

К реагентам общего назначения относятся концентрированная серная кислота, раствор бихромата калия в концентрированной серной кислоте, 1 %-ный спиртовый раствор иода, фосфорномолибденовая кислота, родамин.

При физическом способе проявления зон пластинку облучают УФ лучами. Сорбент обычно содержит флуоресцентные индикаторы (силикаты цинка, сульфиды цинка или кадмия, вольфраматы щелочноземельных металлов), и пластина при облучении светится бледно-голубым или зеленоватым светом. Пластины с флуоресцентными индикаторами (люминофорами) с λ=254 и 365 нм выпускают многие фирмы. Если на пластинке есть вещества, способные поглощать УФ излучение (ароматические и содержащие сопряженные C=C–связи вещества), то происходит ингибирование флуоресценции. Поэтому на ярком фоне пластинок появляются темные зоны, соответствующие определяемому соединению.

Количественный анализ осуществляют либо непосредственно на хроматограмме (на слое сорбента), либо зону вещества извлекают из тонкого слоя пластины, затем переводят в раствор или другую форму пробы, удобную для анализа тем или иным методом. Предпочтение отдается анализу *in situ*, т.е. непосредственно на пластине. Визуально оценивается размер пятна (площадь) или проводится инструментальное измерение интенсивности поглощения электромагнитного излучения при сканировании хроматографической пластинки денситометром. В резуль-

тате регистрируется хроматограмма, которая имеет форму, аналогичную для инструментальных видов жидкостной хроматографии.

Многие фирмы выпускают оборудование для оптического сканирования тонкослойных хроматограмм. Например, фирма «Opton» выпускает универсальную сканирующую установку, на которой можно работать в проходящем, отраженном свете, измерять флуоресценцию, гашение флуоресценции. Все операции автоматизированы. Фирма "Shimadzu" выпускает сканирующие устройства с двухволновым сканированием в интервале 200-800 нм, с использованием однолучевой системы с переменной и постоянной длиной волны, двухлучевой системы и флуориметра. Двухлучевая система позволяет количественно определять какой-либо компонент в хроматографическом пятне, в котором присутствует еще одно вещество. Фирма "Camag" выпускает сканеры, позволяющие измерять поглощение, флуоресценцию, гашение флуоресценции в различных вариантах ТСХ. Приборы для количественной ТСХ выпускают также фирмы "Ленхром" и "Сорбполимер". Например, видеоденситометр Сорбфил, выпускаемый последней фирмой, предназначенный для расчета параметров и количественной оценки в ТСХ, отличается простотой конструкции, умеренной ценой, достаточно высокой точностью результатов (погрешность 3...10 %) и ориентирован на малобюджетную лабораторию.

Качественная идентификация фосфолипидов методом ТСХ. Типичными реагентами, используемыми для обнаружения фосфолипидов (ФЛ), являются фосфорномолибденовая кислота (ФМК), нингидрин, родамин Ж и реагент Драгендорфа. Все детектирующие растворы готовятся непосредственно перед употреблением.

ФМК является неспецифическим проявителем. Для анализа используется 5 %-ный раствор ФМК в этаноле. Сухую хроматограмму обрабатывают раствором ФМК и помещают на 10-15 мин в нагретый термостат. На желто-зеленом фоне проявляются темно-синие пятна ФЛ (рис. 9.16).

Родамин 6Ж также является неспецифическим проявителем. Хроматограмму обрабатывают 0,0012 %-ным водным раствором реагента и во влажном состоянии просматривают в УФ–свете (366 нм). На пластине отмечают флуоресцирующие пятна фосфолипидов: кислые фосфолипиды имеют розовую или оранжевую окраску, а нейтральные фосфолипиды – голубую или фиолетовую.

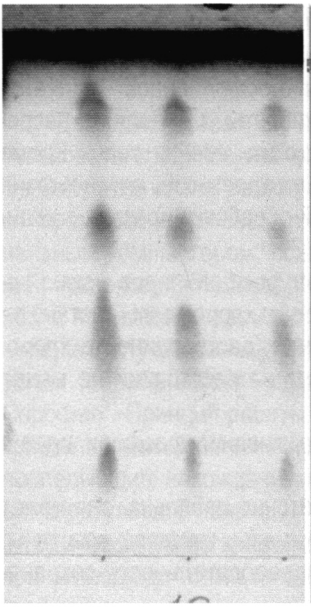


Рис. 9.16. Обнаружение фосфолипидов с помощью фосфорномолибденовой кислоты

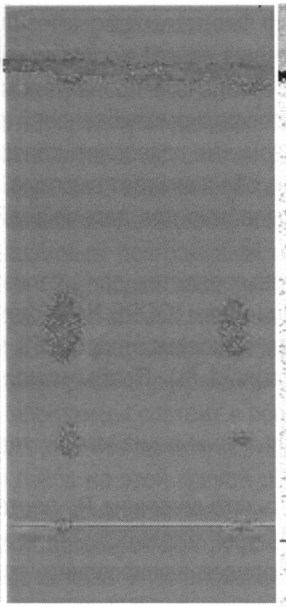


Рис. 9.17. Обнаружение холинсодержащих фосфолипидов с использованием реактива Драгендорфа

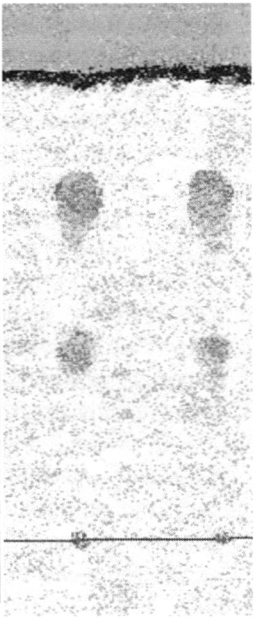


Рис. 9.18. Проявление аминосодержащих фосфолипидов раствором нингидрина

Реагент Драгендорфа используется для обнаружения фосфатидилхолина и лизофосфатидилхолина. Приготовление растворов: раствор А состоит из 1,7 г основного нитрата висмута, который растворяют в 100 мл 20 %-ной уксусной кислоте. Раствор В: 40 г йодистого калия растворяют в 100 мл дистиллированной воды. Для приготовления реактива смешивают 20 мл раствора А с 5 мл раствора В и добавляют 70 мл дистиллированной воды. На хроматограмме оранжевого цвета видны зоны холинсодержащих липидов, окрашенные в красный цвет (рис. 9.17).

Нингидрин используется для обнаружения фосфолипидов, имеющих в своем составе аминогруппу (фосфатидилсерин и фосфатидилэтаноламин). Для этого хроматограмму обрабатывают 1 %-ным раствором нин-

гидрина в ацетоне. Фиолетово-розовые пятна фосфатидилсерина и фосфатидилэтаноламина проявляются без нагревания (рис. 9.18).

Наиболее универсальным проявителем фосфолипидов является спиртовой раствор фосфорномолибденовой кислоты, т.к., являясь неспецифическим реагентом, он позволяет обнаружить все их типы. Кроме того, этот проявитель обеспечивает высокую контрастность пятен и фона пластинки, что немаловажно для дальнейшей обработки пластин в количественном анализе.

В качестве типовых пластин для анализа фосфолипидов можно рекомендовать пластины марки "СОРБФИЛ"; элюент: хлороформ – метанол – вода (65:25:4); объем наносимой пробы 10 мкл (растворенной в хлороформе до концентрации 1 %). Пробы наносят на расстоянии не менее 15 мм друг от друга.

В табл. 9.3 приведены в диапазоны удерживания фосфолипидов в выбранных условиях.

Следует помнить, что величина R_f достаточно лабильна, она может меняться от температуры, влажности, типа камеры, качества пластины, но относительный порядок элюирования, последовательность сохраняется.

Таблица 9.3. Параметры удерживания фосфолипидов в типовых условиях ТСХ

Группа фосфолипидов	Величина R_f
Лизофосфатидилхолины	0,06...0,07
Фосфатидилинозитолы	0,15...0,16
Фосфатидилхолины	0,20...0,22
Фосфатидилсерины	0,30...0,33
Фосфатидилэтаноламины	0,38...0,42
Фосфатидилглицерины	0,54...0,57
Фосфатидные кислоты	0,82...0,84
Нейтральные липиды	0,94...0,96

9.5. Количественное определение фосфолипидов методом тонкослойной хроматографии

Для количественной интерпретации данных ТСХ необходимо использовать специальные сканирующие денситометрические устройства. Однако, если пятна регистрируются в видимой области спектра, возможно применение типовых планшетных сканеров, сопряженных с персональным компьютером, оснащенным программами обработки изображений, например, "Photoshop" и "Видеоденситометр Сорбфил". Сразу же после проявления хроматографических зон пластины сканируют на сканере, а полученные изображения сохраняют в оболочке "Photoshop" и затем обрабатывают компьютерной программой "Видеоденситометр Сорбфил". Принцип работы программы состоит в построении аналоговой кривой хроматограммы по отклонению яркости пятен от яркости фона с последующим нахождением пиков на этой кривой и расчетом их площади. В результате получают треки в координатах R_f – интенсивность (рис. 9.19). Максимум на кривой соответствует центру зоны, площадь под кривой – площади пятна, а высота пика – интенсивности хроматографической зоны.

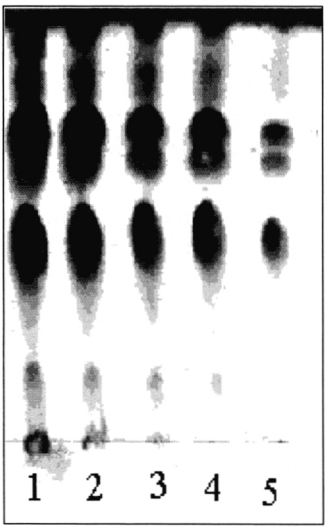


Рис. 9.18. ТСХ растворов лецитина в хлороформе с разными концентрациями:
1 – 4,92 мг/мл; 2 – 3,28 мг/мл;
3 – 2,19 мг/мл; 4 – 1,46 мг/мл;
5 – 1,00 мг/мл.

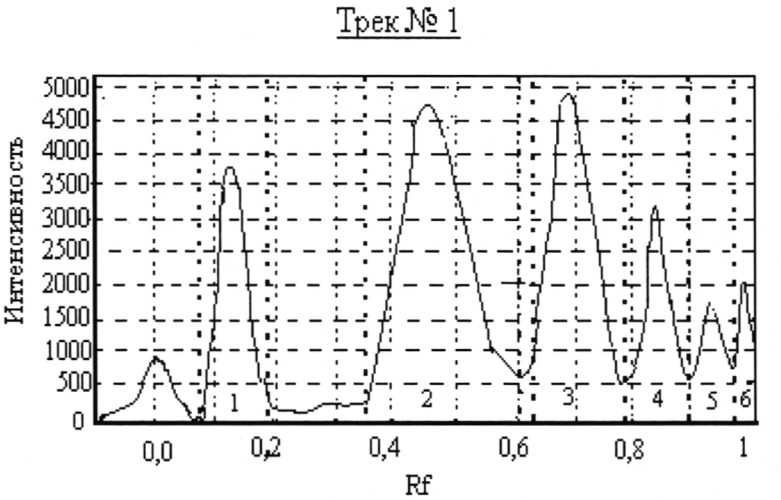


Рис. 9.19. Аналоговая кривая раствора лецитина в хлороформе (с=2,19мг/мл), полученная в оболочке программы "Видеоденситометр Сорбфил", после обработки сканированной ТСХ

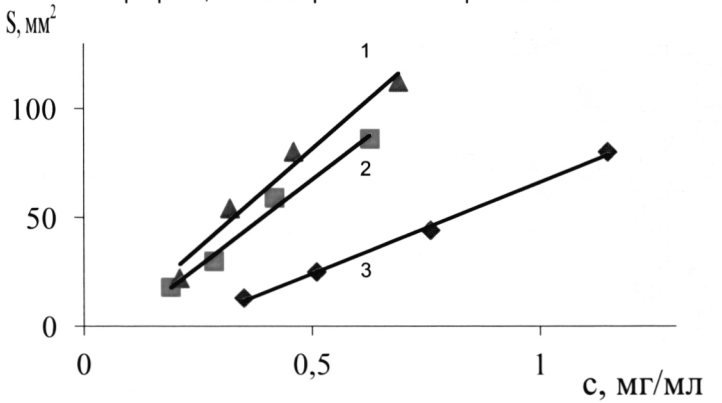


Рис. 9.20. График зависимости площади зоны от концентрации вещества: 1 – фосфатидилэтаноламин, 2 – фосфатидилинозитол, 3 – фосфатидилхолин

Следует отметить, что расчет R_f с помощью специальной программы дает более точные результаты, поскольку в данном случае центром пятна считается область с максимальной интенсивностью окрашивания. В случае размытых зон неправильной формы такое определение центра является более точным, чем при визуальной оценке, так как истинный центр зоны неправильной формы не совпадает с геометрическим. Кроме того, видимый размер пятна почти вдвое меньше его фактической площади.

По полученным данным строят калибровочные зависимости в графическом или аналитическом виде «площадь пятна – концентрация фосфолипидной группы» (рис. 9.20).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ обширной информации о функциональных и технологических свойствах лецитинов, входящих в их состав растительных фосфолипидов, о разработанных способах их применения в различных областях пищевой промышленности, представленный в монографии убедительно показал перспективность и целесообразность использования этой ценной пищевой добавки в технологиях продуктов питания.

Лецитины, выделенные из растительного сырья, кроме фосфолипидной фракции содержат и другие природные биологически активные вещества, что с одной стороны повышает их биологическую ценность, с другой строны усложняет получение продукции идентичного качества. Поэтому при оптимизации составов и рецептур продуктов питания, содержащих лецитины (как эмульгаторы и стабилизирующие ингредиенты, как добавки, повышающие биологическую ценность продукции), при усовершенствовании их технологий требуется учитывать не только количественный, но и качественный состав вводимых лецитинов, их происхождение, вариативность фракционного и химического состава, хранимоспособность, а для этих целий необходимо обеспечивать аналитический контроль как исходного сырья, так и готовой продукции.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Арахидоновая кислота, индекс $C_{20:4}$, незаменимая полиненасыщенная жирная кислота, растворима в эфире, ацетоне, метаноле. Быстро окисляется на свету, при хранении приобретает рыбный запах. Содержится в липидах животных.

Арахиновая кислота, индекс $C_{20:0}$, насыщенная жирная кислота, имеет твердую консистенцию при комнатной температуре, растворима в эфире, бензоле, хлороформе, горячем спирте. Входит в состав триглицеридов многих растительных и животных жиров (обычно в количестве не более 2% от общей массы кислот, в арахисовом масле – до 7,3 %).

Арахисовое масло – бесцветная или зеленовато-желтая жидкость. Температура застывания колеблется от 3 до –5 °С; хорошо растворяется в углеводородах, плохо – в низших спиртах; температура вспенивания около 225 °С. Представляет собой невысыхающее масло. Получают из измельченной мякоти земляного ореха (арахиса) прессованием или экстракцией органическим растворителем. Пищевой продукт; входит в состав майонезов, сырье в производстве маргарина, мыла, связывающее медицинских мазей.

Аминокислоты – органические соединения, содержащие карбоксильные группы $COOH$ и аминогруппы NH_2, 20 протеиногенных α-аминокислот входят в состав белков.

Алкалоиды – азотсодержащие циклические соединения, синтезируемые растениями, оказывающие активное физиологическое воздействие на человека и животных.

Аргинин – протеиногенная α-аминокислота, 2-амино-5-гуанидиновалериановая кислота, имеет основные свойства, в значительных количествах встречается в резервных и зародышевых органах растений.

Белок – биополимер (полипептид), состоящий из одной или нескольких полипептидных цепей, каждая из которых содержит 100 и более аминокислотных остатков, соединенных пептидными связями (первичная структура). Для натуральных белков характерны также вторичные, третичные и четвертичные структуры, обусловленные наличием водородных связей, солевых и дисульфидных мостиков и гидрофобных и иных взаимодействий, молекулярная масса белка >10000.

Буфер (буферный раствор) – система, состоящая из кислотно-основной пары, в которой отношение акцептора к донору протонов равно приблизительно единице; система способна сопротивляться изменениям pH.

Вещества, нерастворимые в ацетоне – смесь фракций полярных липидов, содержащая преимущественно фосфолипиды и гликолипиды (ГОСТ 32052).

Винтеризация – вымораживание, метод очистки масла от восков и водной составляющей, при котором масло медленно охлаждают при слабом перемешивании, а затем фильтруют. При этом масло становится прозрачным, сохраняя ярко выраженные вкус и запах.

Витамины – (от лат. *vita* – жизнь), группа органических соединений разнообразной химической природы, необходимых для питания человека, животных и других организмов в ничтожных количествах по сравнению с основными питательными веществами (белками, жирами, углеводами и солями), но имеющих огромное значение для нормального обмена веществ и жизнедеятельности. Первоисточником витаминов служат главным образом растения. Большинство витаминов являются составной частью коферментов. Различают водо– (C, группа B) и жирорастворимые витамины (A, D, E, K, незаменимые жирные кислоты).

Водородный показатель (pH) – показатель относительной концентрации протонов в растворе, равен отрицательному логарифму концентрации протонов; pH изменяется в диапазоне от 0 до 14; в нейтральных растворах pH равен 7, в кислых – меньше 7, в щелочных – больше 7.

Водородная связь – относительно слабое межмолекулярное взаимодействие между атомом водорода, ковалентно связанным с атомом кислорода или азота, одной молекулы или фрагмента с электроотрицательными атомами (кислородом или азотом) другой молекулы или фрагмента. Обозначается тремя точками или штрихами, например R-O-H···O=CH-R. Обусловлена электростатическим притяжением между электроотрицательными атомами и атомом водорода.

Время удерживания вещества, t_R – время пребывания исследуемого вещества в хроматографе. Практически время удерживания определяют от момента ввода пробы вещества в хроматограф до момента регистрации максимума сигнала детектора.

Высокоэффективная жидкостная хроматография – колоночная или планарная хроматография, в которой применяют сорбенты с размером частиц 3–10 мкм, в результате чего резко возрастает эффективность хроматографического разделения.

Газожидкостная хроматография – колоночная или капиллярная газовая хроматография, в которой подвижной фазой является газ, а в качестве неподвижной фазы используют нелетучую жидкость, нанесенную на поверхность сорбента или стенки капилляра.

Гидратация – взаимодействие веществ с водой при котором молекулы воды не разрушаются в отличии от гидролиза и других реакций с участием воды. Осуществляется в растворах, в твердой и иногда газовой фазе. В результате гидратации часто образуются соединения постоянного или переменного состава – гидраты.

Гидролиз – расщепление молекул сложных веществ на более простые под действием воды и присоединение ионов H^+ и OH^-.

Гидрофильно-липофильный баланс – показатель, количественно характеризующий соотношение гидрофильных и липофильных свойств поверхностно-активной молекулы.

Гидроксикислоты – органические кислоты, которые содержат в молекуле карбонильную и гироксильную группу (по одной или более). В зависимости от взаимного расположения этих групп различают α, β, γ, δ - гидроксикислоты. Многие гидроксикислоты имеют один или несколько асимметричных атомов С и существуют в виде энантиомеров. Кислотные свойства выражены сильнее, чем у соответствующих карбоновых кислот. Они сравнительно легко отщепляют воду, при этом из α-гидроксикислот образуются лактиды, из β-оксикислот - α, β - непредельные кислоты, из γ и δ-оксикислот – лактоны. Широко распространены в растительном мире. Некоторые гидроксикислоты, например, лимонная и яблочная кислоты, играют важную роль в биохимических процессах происходящих в живых организмах.

Детектор – составная часть хроматографа, которая служит для преобразования физических или физико-химических параметров элемента детектора (ячейки), чувствительного к изменению концентрации определяемых веществ, в электрический сигнал, передаваемый на регистратор хроматограммы.

Дозатор (инжектор) – составная часть хроматографа, предназначенная для ввода анализируемой пробы. Проба вводится микрошприцем в количестве от 1 мкл (капиллярная ГЖХ), до нескольких (насадочная ГЖХ). Автоматический дозатор называют *автосемплером*.

Диполь – поляризованная молекулярная структура, фрагменты которой обладают избытком и недостатком электронной плотности (положительным и отрицательным зарядом), например, молекула воды.

Жирная кислота – карбоновая кислота, встречающаяся в жирах, как правило неразветвленного строения с четным числом углеродов в цепи.

Жиры – органические вещества, являющихся сложными эфирами глицерина и трех молекул жирных кислот (триглицериды). Жидкие жиры называются маслами.

Инфракрасная спектроскопия – оптический метод анализа химических соединений, при котором поглощается энергия в пределах инфракрасного (теплового) излучения.

Касторовое масло – светло-желтая или почти бесцветная вязкая жидкость; температура застывания не выше –16 °С, не растворимо в воде и бензине, растворимо в других умеренно полярных органических растворителях, в том числе этаноле. Получают из семян клещевины прессованием или экстрагированием органическими растворителями. Смазочный материал; гидравлическая жидкость; сырье в производстве ализаринового масла, алкидных смол, пластификаторов, нитролаков, компонент мазей, косметическое средство.

Каприловая кислота – насыщенная жирная кислота, индекс $C_{8:0}$. Температура плавления 16..17,7 °С, температура кипения 237...239,7 °С, растворимость в воде – 0,068 г на 100 г, хорошо растворима в хлороформе, бензоле, ледяной уксусной кислоте, спирте, эфире, ацетоне. Легко летуча с водяным паром. Входит в состав триглицеридов молочных жиров (до 5,8 % от общей массы кислот), масла бабассу (до 6,5 %), пальмового и пальмоядрового (до 4,3 %), кокосового (5,4...9,5 %) масел.

Каприновая кислота – насыщенная жирная кислота, индекс $C_{10:0}$. Температура плавления 31...31,6 °С, растворимость в воде – 0,015 г в 100 г, растворима в хлороформе, метаноле, этаноле, ледяной уксусной кислоте, бензоле, ацетоне. Легко летуча с водяным паром. Входит в со-

став триглицеридов молочных жиров (до 14,2 % от общей массы кислот), кокосового и пальмоядрового (до 7...10 %), а также масла бабассу (до 6,6 %).

Кокосовое масло – полутвердое вещество с желтоватым оттенком; температура застывания 19...26 °С, не растворимо в воде, растворимо в органических растворителях; устойчиво к окислению. Невысыхающее масло. Получается из подсушенной мякоти кокосовых орехов прессованием или экстракцией органическими растворителями. Пищевой продукт; сырье в производстве маргарина, синтетического масла какао, алкидных смол, жирных кислот, глицерина, мыла.

Конопляное масло – жидкость зеленого цвета, температура застывания от –15 до –28 °С, плотность 0.923...0,933 г/см^3 , показатель преломления 1,470...1,479; кинематическая вязкость 56 мПа·с. Йодное число 145...175% I, число омыления 185...195, не растворимо в воде, растворимо в органических растворителях (в этаноле плохо). Высыхающее масло, жирнокислотный состав которого: пальмитиновая и стеариновая кислоты около 10 %, олеиновая 6...16 %, линолевая 36...50 %, линоленовая 15...28 %. Получают из семян конопли прессованием или экстрагированием органическими растворителями. Сырье в производстве олиф, алкидных смол, масляных лаков и др. (заменяет льняное масло); в некоторых странах пищевой продукт.

Лецитин Е322 (i) – смесь веществ, нерастворимых в ацетоне (в основном фракций фосфатидилхолинов, фосфатидилэтаноламинов, фосфатидилинозитов, фосфатидных кислот) с сопутствующими веществами (гликолипидами, углеводами, триацилглицеринами, свободными жирными кислотами и др.), полученная из животных или растительных источников (ГОСТ 32052).

Лецитин жидкий – пищевая добавка, представляющая собой гомогенную текучую жидкость от светло-желтого до темно-коричневого цвета, содержащая не менее 60 % веществ, нерастворимых в ацетоне, и около 40 % триацилглицеринов свободных жирных кислот и других сопутствующих веществ (ГОСТ 32052).

Лецитин жидкий гидролизованный – пищевая добавка, представляющая собой гомогенную текучую жидкость от светло-желтого до темно-коричневого цвета, полученная в результате ферментативного гидролиза фосфолипидов, содержащая не менее 56 % веществ, нерастворимых в ацетоне, с повышенным содержанием лизофосфолипидов, и около 44 %

триацилглицеринов, свободных жирных кислот и других сопутствующих веществ (ГОСТ 32052).

Лецитин обезжиренный – пищевая добавка, представляющая собой порошок или гранулы от светло-желтого до темно-коричневого цвета, содержащая не менее 95 % веществ, нерастворимых в ацетоне, и остатки триацилглицеринов, свободных жирных кислот и других сопутствующих веществ (ГОСТ 32052).

Лецитин обезжиренный гидролизованный – пищевая добавка, представляющая собой порошок или гранулы от светло-желтого до темно-коричневого цвета, полученная в результате ферментативного гидролиза фосфолипидов, содержащая не менее 95 % веществ, нерастворимых в ацетоне, с повышенным содержанием лизофосфолипидов (ГОСТ 32052).

Лецитин фракционированный – пищевая добавка, представляющая собой вязкую жидкость или воскообразную массу, или порошок, или гранулы от светло-желтого до темно-коричневого цвета, содержащая заданный набор фракций веществ, нерастворимых в ацетоне (ГОСТ 32052).

Лецитин частично гидролизованный Е322 (ii) – лецитин, полученный с помощью ферментативного гидролиза фосфолипидов, с увеличенным содержанием лизофосфолипидов, и выпускаемый в виде лецитина гидролизованного и лецитина обезжиренного гидролизованного (ГОСТ 32052).

Липиды – обширная группа неполярных органических соединений жироподобного строения. Липиды нерастворимы в воде, хорошо растворимых в некоторых органических растворителях – гексане, диэтиловом эфире, бензине и др.

Миллиграмм-процент (мг%) – внесистемная единица измерения концентрации. Применяются для указания содержания малых концентраций витаминов в растениях и продуктах питания; мг% определяется как количество миллиграммов (мг) искомого вещества, содержащееся в 100 г исследуемого вещества.

Микроколоночная хроматография – жидкостная колоночная хроматография, в которой используются колонки с внутренним диаметром ≤2 мм.

Мисцелла – раствор масла в растворителе, полученный в процессе экстракции.

Модификатор – активный растворитель, применяемый для увеличения элюирующей способности подвижной фазы в жидкостной хроматографии.

Молекулярная масса – сумма масс отдельных атомов в составе молекулы, выраженная в единицах, равных $^1/_{12}$ массы наиболее распространенного изотопа атома углерода, измеряется в относительных атомных единицах (дальтонах).

Незаменимые аминокислоты – протеиногенные аминокислоты, которые не могут синтезироваться организмом человека и должны поступать извне с пищей.

Незаменимые жирные кислоты – группа полиненасыщенных жирных кислот, которые обязательно должны содержаться в пище человека. К ним относятся в первую очередь линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты.

Неподвижная фаза – твердый сорбент или несмешивающаяся с подвижной фазой жидкость, на которых осуществляется дифференцированное удерживание и разделение компонентов смеси.

Нормально-фазовая хроматография – жидкостная хроматография, в которой неподвижная фаза более полярна, чем подвижная.

Пальмитиновая кислота – насыщенная жирная кислота, индекс $C_{16:0}$, температура плавления 62,5...64,0 °С, температура кипения – 215 °С. Практически не растворима в воде; в органических растворителя умеренно растворима при комнатной температуре, хорошо – при нагревании. Входит в состав триглицеридов всех животных жиров и растительных масел, в состав некоторых восков (например, спермацета, пчелиного воска), стеарина и соответствующих фракций синтетических жирных кислот. Может быть выделена ректификацией или дробной кристаллизацией из смеси кислот, полученных гидролизом жиров. Входит в состав жирового сырья в производстве мыла.

Пальмовое масло – красно-оранжевое твердое вещество, температура застывания 31...41 °С. Невысыхающее масло. Получают из мякоти плодов масличной пальмы. Пищевой продукт, сырье в производстве маргарина, мыла, свечей, компонент смазочных материалов.

Пальмоядровое масло – желто-коричневое полутвердое вещество. Получают из ядер плодов масличной пальмы. Пищевой продукт, сырье в

производстве маргарина, шоколада, свечей, компонент смазочных материалов, косметических и фармацевтических препаратов.

Обращенно-фазовая хроматография – жидкостная хроматография, в которой неподвижная фаза менее полярна, чем подвижная.

Оливковое масло (прованское масло) – жидкое масло от светло-желтого до коричневого цвета. Температура застывания от –2 до –6 °С, йодное число 72...90, число омыления 185...196. Не растворимо в воде, растворимо в органических растворителях (кроме низших спиртов). Невысыхающее масло. Получают из мякоти и ядра косточек оливок прессованием или экстракцией органическими растворителями. Ценный пищевой продукт, сырье в производстве специальных текстильных мыл, компонент смазочных материалов, косметическое средство.

Олеиновая кислота – мононенасыщенная жирная кислота, индекс $C_{18:0}$, температура плавления 13,4...16,5 °С (характерен полиморфизм), температура кипения 232 °С, не растворима в воде, растворима в органических растворителях. Содержится в составе триглицеридов во всех растительных маслах и животных жирах. Получается гидролизом масел или жиров с последующим фракционированием образующейся смеси кислот и многократной перекристаллизацией из 90 %-ного метанола или кристаллизацией из ацетона при 40 °С.

Подвижная фаза – в случае ГЖХ поток газа, перемещающий компоненты разделяемой смеси вдоль неподвижной фазы.

Рафинация – процесс очистки растительных жиров от примесей, включающий несколько стадий, например, стадии гидратации, винтеризации, нейтрализации и дезодорации.

Разбавитель – сорбционно неактивный растворитель, компонент подвижной фазы в жидкостной хроматографии.

Сорбат – вещество, удерживаемое сорбентом, компонент хроматографически разделяемой смеси.

Сорбент – твердое вещество, жидкость или их смеси, способные поглощать или удерживать растворенные вещества и используемые в хроматографии в качестве неподвижной фазы.

Тонкослойная хроматография – планарная хроматография, в которой процессы разделения смеси веществ осуществляются в тонких слоях

сорбента нанесенного на инертную твердую подложку или в пленках пористого полимерного материала.

Углеводы – обширная группа органических соединений, входящих в состав всех живых организмов. Первые известные представители этого класса веществ по составу отвечали общей формуле $C_mH_{2n}O_n$, то есть углерод + вода (отсюда название); позднее к углеводам стали относить также их многочисленные производные с иным составом, образующиеся при окислении, восстановлении или введении заместителей. Углеводы классифицируют на моно-, ди- и полисахариды

Ультрафиолетовая спектрофотометрия – оптический метод анализа химических соединений, при котором поглощается энергия в пределах ультрафиолетового излучения.

Фосфолипиды – липиды, при гидролизе которых наряду со спиртами (чаще всего глицерином) и высокомолекулярными жирными кислотами образуется фосфорная кислота, азотистые основания, аминокислоты и ряд других соединений.

Шнек (от нем. *Schnecke*, буквально – улитка), винтовой конвейер, механизм, рабочий орган которого представляет собой стержень со сплошной винтовой стенкой (винт) или отдельными наклонными лопастями. Вращающийся стержень, помещенный в горизонтальный или наклонный жёлоб, перемещает сыпучий или мелкокусковой груз, а также жидкость вдоль жёлоба.

Шрот – (нем. *Schrot*, осн. значение – мелкие куски, обрезки), побочный продукт маслоэкстракционного производства, получаемый после извлечения жира из семян масличных растений экстрагированием органическими растворителями. В зависимости от вида сырья различают арахисовый, горчичный, клещевинный, конопляный, кукурузный и др. шроты. Шрот – ценный протеиновый корм. В 100 *кг* подсолнечникового шрота около 100 кормовых единиц и 37,6 *кг* переваримого протеина; в 100 *кг* конопляного — 82 кормовые единицы и 24,8 *кг* переваримого протеина. Шрот содержит витамины Е и группы В, калий и фосфор, беден натрием и кальцием. Скармливают всем видам сельскохозяйственных животных, в основном в составе комбикормов.

Хроматографическая колонка – трубка, наполненная сорбентом или полая трубка с нанесенным на внутреннюю поверхность сорбентом

(или неподвижной фазой), в объеме которого осуществляется хроматографическое разделение смеси веществ.

Хроматограф – прибор, на котором осуществляется хроматография и регистрируется хроматограмма.

Хроматограмма – записанная во времени функция концентрации определяемых веществ в подвижной фазе на выходе из колонки.

Хроматографический пик – участок хроматограммы, соответствующий выходу определяемого вещества из колонки.

Элюат – элюент, поступающий после прохождения через хроматографическую колонку и ячейку детектора в коллектор фракций или ёмкость для слива.

Элюент – растворитель, применяемый в качестве подвижной фазы в жидкостной хроматографии.

Экстракция – (от позднелат. *extractio* – извлечение), экстрагирование, процесс разделения смеси жидких или твёрдых веществ с помощью избирательных (селективных) растворителей (экстрагентов). Процесс экстракции включает 3 последовательные стадии: смешение исходной смеси веществ с экстрагентом; механическое разделение (расслаивание) двух образующихся фаз; удаление экстрагента из обеих фаз и его регенерацию с целью повторного использования. После механического разделения получают раствор извлекаемого вещества в экстрагенте (экстракт) и остаток исходного раствора (рафинат) или твёрдого вещества.

Ядерно-магнитный резонанс (ЯМР) – явление резонансного поглощения радиочастотной электромагной энергии веществом с ненулевыми магнитными моментами ядер, находящимся во внешнем постоянном магнитном поле. Ненулевым ядерным магнитным моментом обладают ядра ^{1}H,^{2}H,^{13}C,^{14}N, ^{15}N, ^{19}F,^{29}Si,^{31}Pи др. ЯМР обычно наблюдается в однородном постоянном магнитном поле на которое накладывается слабое радиочастотное поле. На явлении ЯМР основана спектроскопия ЯМР. Спектры ЯМР регистрируют с помощью радиоспектрометров и по ним с высокой надежностью идентифицируют строение органических веществ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент RU 131947 U1, МПК A23C 23/00. Линия для производства творожных глазированных сырков функционального назначения. Рыльская Л.А. Опубл. 10.09.2013. Бюл. № 25.

2. Патент RU 2130972 C1, МПК[6] C13D 3/04. Способ очистки сахаросодержащего раствора. Перелыгин В.М., Подгорнова Н.М., Ситников А.И. Опубл. 27.05.1999.

3. Патент RU 2134984 6 A23 D 9/00, 9/02. Фосфолипидный пищевой продукт «Витол» и способ его получения. Бондаренко И.Н., Корнена Е.П., Герасименко Е.О., Бутина Е.А., Швец Т.В., Ерешко С.А., Боковикова Т.Н., Кривенко В.Ф. Опубл. 27.08.1999.

4. Патент RU 2134985 6 A23 D 9/00, 9/02. Фосфолипидный пищевой продукт "Витол-Холин" и способ его получения. Бондаренко И.Н., Корнена Е.П., Герасименко Е.О., Бутина Е.А., Швец Т.В., Быков Ю.В., Крупенин А.В. Опубл. 27.08.1999.

5. Патент RU 2144770 C1, МПК[7] A21D 13/08. Состав для производства крекера. Иванов В.Н., Авдеев А.С., Афанасьева Г.А., Иванов Ю.И., Королева Т.М. Опубл. 27.01.2000.

6. Патент RU 2148348 C1, МПК[7] A23G 3/00. Состав для производства карамельной массы. Иванов В.Н. Опубл. 10.05.2000.

7. Патент RU 2150844 C1, МПК[7] A23G 1/00. Способ производства шоколадной массы. Карпунин А.А., Ткешелашвили М.Е., Овчинникова А.С., Макеева Е.С., Лукинова Н.М., Агеева С.В., Сянятуллов Р.М. Опубл. 20.06.2000.

8. Патент RU 2160314 C1, МПК[7] C13D 3/02. Способ очистки сахаросодержащего раствора. Подгорнова Н.М., Ситников А.И., Перелыгин В.М. Опубл. 10.12.2000.

9. Патент RU 2164070 МПК[7] A21 D 13/08. Состав для приготовления сахарного печенья. Шнейдер Е.А., Юмашкина А.А., Козельская Л.В., Овсянникова Т.Я., Базылева Н.А. Опубл. 20.03.2001.

10. Патент RU 2169468 C1, МПК[7] A23D 8/02. Способ приготовления хлебобулочного изделия. Корнен Н.Н., Мартовщук В.И., Асмаева З.И., Росляков Ю.Ф., Вершинина О.Л., Неженец Е.В. Опубл. 27.06.2001.

11. Патент RU 2169485 C1, МПК[7] A23G 3/00. Жевательная конфета (варианты) и способ ее получения. Рыжиков С.И., Андреев К.В., Красняк В.Т., Матвеев С.Б., Зубарева Н.А. Опубл. 27.06.2001.

12. Патент RU 2173520 C1, МПК[7] A21D 8/02. Способ приготовления хлебобулочного изделия. Корнен Н.Н., Мартовщук В.И., Асмаева З.И., Росляков Ю.Ф., Вершинина О.Л., Лобанов А.В. Опубл. 20.09.2001.

13. Патент RU 2182601 C1, МПК[7] C13D 3/02. Способ очистки сахаросодержащего раствора. Лосева В.А., Наумченко И.С., Ефремов А.А. Опубл. 20.05.2002.

14. Патент RU 2199231 C2, МПК[7] A23G 3/00. Карамельное изделие. Иванов В.Н. Опубл. 27.02.2003.

15. Патент RU 2235469 C1, МПК[7] A21D 13/08. Способ производства мучного кондитерского изделия. Кочетов В.К., Талейсник М.А., Щербакова Н.А., Солдатова Е.А., Савенкова Т.В., Самойлова Л.В., Аминева Н.П. Опубл. 10.09.2004.

16. Патент RU 2236139 C1, МПК[7] A21D 13/08. Способ производства заварного пряника. Кочетов В.К., Аксенова Л.М., Талейсник М.А., Щербакова Н.А., Солдатова Е.А., Самойлова Л.В., Аминева Н.П. Опубл. 20.09.2004.

17. Патент RU 2236141 C1, МПК[7] A21D 13/08. Способ производства заварного пряника. Кочетов В.К., Аксенова Л.М., Талейсник М.А., Щербакова Н.А., Солдатова Е.А., Самойлова Л.В., Аминева Н.П. Опубл. 20.09.2004.

18. Патент RU 2244011 C1 МПК[7] C 13Д3/02. Способ очистки диффузионного сока. Голыбин В.А., Кульнева Н.Г., Федорук В.А. Опубл. 10.01.2005. Бюл. № 1.

19. Патент RU 2244427 C2, МПК[7] A21D 8/02. Улучшитель для мучных кондитерских изделий. Красильников В.Н., Диденко В.М., Леонтьева Н.А., Нестеров Н.Н., Сидорок Г.И., Казонен Ю.А. Опубл. 20.01.2005. Бюл. № 2.

20. Патент RU 2247152 C2 МПК[7] C 13Д 3/02. Способ очистки сахарсодержащего раствора.Подгорнова Н.М., Перелыгин В.М., Сорокина Ю.Н., Петров С.М. Опубл. 27.02.2005. Бюл. № 6.

21. Патент RU 2251280 C2 МПК[7] A 23C 19/068, A23C 19/00. Способ производства сыра. Петрик А.А., Вертелецкая В.В., Корнена Е.П., Илларионова В.В., Ильинова С.А., Пахомов А.Н., Петракова В.В., Приходько О.В., Прибытко А.П. Опубл. 10.05.2005. Бюл. № 13.

22. Патент RU 2251281 C2 МПК[7] A 23C 19/068, A23C 19/00. Способ производства сыра. Петрик А.А., Вертелецкая В.В., Корнена Е.П., Илларионова В.В., Ильинова С.А., Пахомов А.Н., Петракова В.В., Приходько О.В., Прибытко А.П. Опубл. 10.05.2005. Бюл. № 13.

23. Патент RU 2251347 C1 МПК A 23L 1/24. Диетический майонез. Петрик А.А., Корнена Е.П., Хамула М.А., Спильник И.В., Бутина И.А., Приходькл О.В., Ильинова С.А., Шумакова Н.Б. Опубл. 10.05.2005. Бюл. № 13.

24. Патент RU 2252563 C2 МПК[7] A 23B4/10, A 23 L 3/00. Пищевой пленкообразующий состав. Кюргенян Г.П., Кюргенян О.Д., Комаров Н.В., Паронян В.Х., Дибирасулаев М.А. Опубл. 27.05.2005. Бюл. № 15.

25. Патент RU 2255506 C2, МПК[7] A23G 3/00. Способ производства карамельной массы. Тымчук В.В., Староженко В.К., Кузина Н.А., Квасенков О.И. Опубл. 10.07.2005. Бюл. № 19.

26. Патент RU 2260293 C1, МПК A23G 3/00. Способ производства карамели. Магомедов Г.О., Лобосов В.Г., Олейникова А.Я., Старчевая Л.Е., Плотникова И.В. Опубл. 20.09.2005. Бюл. № 26.

27. Патент RU 2266685 C1 МПК[7] A 23L1/24. Майонез диетический. Петрик А.А., Бутина Е.А., Пахомов А.Н., Калманович С.А., Федорова Н.Б., Корнена Е.П., Артеменко М.И. Опубл. 27.12.2005. Бюл. № 36.

28. Патент RU 2288584 C2, МПК A21D 8/02, 2/36. Способ приготовления хлеба. Пащенко Л.П., Курчаева Е.Е., Кулакова Ю.А., Тишанинова Н.В. Опубл. 10.12.2006. Бюл. № 34.

29. Патент RU 2294643 C2 МПК A21D 13/08. Диетический пряник и способ его производства (варианты). Галенко П.Н. Опубл. 10.03.2007. Бюл. № 7.

30. Патент RU 2300895 C1, МПК A23G 1/36. Способ получения шоколадных масс. Петрик А.А., Корнена Е.П., Сорокина В.В., Бутина Е.А., Ханаху З.Р., Вербицкая Е.А., Юхвид И.М., Кабалина Е.В. Опубл. 20.06.2007. Бюл. № 17.

31. Патент RU 2300896 C1, МПК A23G 1/36. Способ получения шоколадных масс. Петрик А.А., Корнена Е.П., Сорокина В.В., Бутина Е.А., Ханаху З.Р., Вербицкая Е.А., Юхвид И.М., Кабалина Е.В. Опубл. 20.06.2007. Бюл. № 17.

32. Патент RU 2302128 C1, МПК A23L 1/30, A23D 9/00, C11B 1/10. Фосфолипидная биологически активная добавка к пище, обладающая

гепатопротекторными свойствами. Петрик А.А., Бутина Е.А., Корнена Е.П и др. Опубл. 10.07.2007. Бюл. № 19.

33. Патент RU 2305942 C2, МПК A21D 13/08. Состав вафельных листов. Магомедов Г.О., Олейникова А.Я., Плотникова И.В., Шевякова Т.А., Киреев Д.Г. Опубл. 20.09.2007. Бюл. № 26.

34. Патент RU 2309617 C1 МПК A23L1/30, A23D9/00. Фосфолипидная биологически активная добавка к пище, обладающая антиоксидантными свойствами. Петрик А.А., Корнена Е.П., Руссу Е.И., Пахомова В.А., Илларионова В.В., Наумов Н.Н., Ханферян Р.А., Блягоз А.И., Карачанская Т.А., Шафорост А.И. Опубл. 10.11.2007. Бюл. № 31.

35. Патент RU 2310340 C2, МПК A23L 1/10, A23L 1/30, A23P 1/12. Экструдированыый продукт из зерновых с начинкой. Штин Л.Е. Опубл. 20.11.2007, Бюл. № 32.

36. Патент RU 2311044 МПК A23L1/30, A23D9/00. Фосфолипидная биологически активная добавка к пище, обладающая гепатопротекторными свойствами. Петрик А.А., Корнена Е.П., Руссу Е.И., Пахомова В.А., Илларионова В.В., Наумов Н.Н., Ханферян Р.А., Блягоз А.И., Карачанская Т.А., Фингерман М.А. Опубл. 27.11.2007. Бюл. № 33.

37. Патент RU 2323583 C1, МПК A23G 3/48. Состав для производства пралиновых конфет. Иванов В.Н., Мочалова И.П., Героева Т.Н. Опубл. 10.05.2008. Бюл. № 13.

38. Патент RU 2325070 C1, МПК A23G 3/00. Состав и способ для производства карамельной массы "мягкая карамель". Иванов В.Н., Афанасьева Г.А., Васильева Н.Г., Шарафутдинова Р.А. Опубл. 27.05.2008. Бюл. № 15.

39. Патент RU 2337565 C2, МПК A23G 3/50. Состав и способ производства конфет на основе сбивных масс типа нуги. Иванов В.Н., Афанасьева Г.А., Егорова И.В. Опубл. 10.11.2008. Бюл. № 31.

40. Патент RU 2342838 C1 МПК A 21Д 13/08. Состав для приготовления мучного кондитерского изделия. Красина И.Б., Агафонова Н.А., Джахимова О.И., Ходус Н.В. Опубл. 10.01.2009. Бюл. № 1.

41. Патент RU 2345533 C2, МПК A21D 13/08. Способ производства сахарного печенья. Носенко С.М., Ткешелашвили М.Е., Киселева М.В., Типисева И.А. Опубл. 10.02.2009. Бюл. № 4.

42. Патент RU 2351137 C1, МПК A21D 13/08. Способ производства печенья. Кондратьев Н.Б., Скокан Л.Е., Савенкова Т.В. Опубл. 10.04.2009. Бюл. № 10.

43. Патент RU 2360537 C2, МПК A23L 1/32, A23D 2/26. Композиция заменителя яиц и способ получения хлебобулочных изделий, содержащих его. Бодор Я. Опубл. 10.07.2009, Бюл. № 19.

44. Патент RU 2376767 C2 МПК A 21 D 13/02. Способ изготовления теста для хлебобулочных изделий. Сланин О.К., Сланина О.О. Опубл. 27.12.2009. Бюл. № 36.

45. Патент RU 2380946 C1, МПК A23G 3/34. Жевательная конфета и способ ее получения. Иванов В.Н., Иванова Т.В., Афанасьева Г.А., Шарафутдинова Р.А. Опубл. 10.02.2010. Бюл. № 4.

46. Патент RU 2381691 C1, МПК A23G 3/34. Способ производства ириса с начинкой. Меркушкин А.Н., Муравьев А.С., Грузинцев А.П., Пяткова С.П. Опубл. 20.02.2010. Бюл. № 5.

47. Патент RU 2391021 C2, МПК A23G 3/36. Вафельное изделие (варианты). Иванов В.Н. Опубл. 10.06.2010. Бюл. № 16.

48. Патент RU 2391022 C1, МПК A23G 3/36, A23G 3/50. Конфета и способ производства конфеты. Иванов В.Н., Афанасьева Г.А. Опубл. 10.06.2010. Бюл. № 16.

49. Патент RU 2403810 C2 МПК A23L1/30, A23D9/00. Фосфолипидная биологически активная добавка к пище, обладающая гиполипидемическими свойствами. Петрик А.А., Корнена Е.П., Руссу Е.И., Пахомова В.А., Илларионова В.В., Наумов Н.Н., Ханферян Р.А., Блягоз А.И., Карачанская Т.А., Погорелов С.В. Опубл. 20.11.2010. Бюл. № 32.

50. Патент RU 2405384 C1 МПК A23L1/24, A23L1/0532. Майонез. Каленик Т.К., Вершинина А.Г., Масленникова Е.В. Опубл. 10.12.2010 Бюл. № 34.

51. Патент RU 2412596 C2, МПК A21D 13/08. Способ приготовления сахарного печенья «веточка шиповника». Пащенко Л.П., Труфанова Ю.Н., Насильникова Е.В. Опубл. 27.02.2011. Бюл. № 6.

52. Патент RU 2422019 C1, МПК A21D 13/08. Состав для приготовления мучного кондитерского изделия. Тарасенко Н.А., Красина И.Б., Джахимова О.И., Капаева Е.В. Опубл. 27.06.2011. Бюл. № 18.

53. Патент RU 2450549 C1 МПК A 21L 1/32. Заменитель яичного порошка. Аммаев Р.М. Опубл. 20.05.2012. Бюл. № 14.

54. Патент RU 2460303 C1, МПК A21D 13/08, A23L 1/29. Композиция и способ производства овсяных пряников с использованием профилактической добавки – арабиногалактана. Медведева Е.Н., Бабкин В.А., Нестерук В.В., Верещако В.А., Лихова Н.В. Опубл. 10.09.2012. Бюл. № 25.

55. Патент RU 2478296 C2, МПК A23C 23/00. Способ получения низколактозного молочного напитка для геродиетического питания. Горлов И.Ф., Божкова С.Е., Духанина Е.Г., Погодина Н.С., Храмова В.Н., Антипова Т.А. Опубл. 10.04.2013. Бюл. № 10.

56. Патент RU 2478308 C2, МПК A23L 1/30, A23J 1/14. Способ получения белково-жировой композиции на основе компонентов растительного происхождения для использования ее в качестве рецептурной составляющей фаршевых мясных продуктов. Титов Е.И., Апраксина С.К., Митасева Л.Ф., Леонова В.Н. Опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10.

57. Патент RU 2488272 C1 МПК A21D8/02, A21D2/00. Способ производства хлебобулочных изделий. Маркова К.Ю., Нилова Л.П., Панкова Н.В., Пилипенко Т.В., Котоменкова О.Г. Опубл. 27.07.2013. Бюл. № 21.

58. Патент RU 2489893 C2 МПК A 23 D 9/013, A 23 J 7/00, C1 P/64, A 23 L 1/29. Композиция на основе лецитина и ее применение в пище. Тири Ж., Дежарден Ф., Шмиц К., Линьян Ж., Рамиресхернан Ф., Де Местер Ф. Опубл. 20.08.2013. Бюл. № 23.

59. Патент RU 2490924 C2, МПК A23G 3/36, A23L 1/06. Конфета с желейным корпусом с начинкой. Гусев С.А. Опубл. 27.08.2013. Бюл. № 24.

60. Патент RU 2490925 C2, МПК A23G 3/36, A23L 1/06. Конфета с желейным корпусом с начинкой. Гусев С.А. Опубл. 27.08.2013. Бюл. № 24.

61. Патент RU 2491817 C1, МПК A21D 13/08,8/02. Способ приготовления сахарного печенья. Аксенова Л.М., Савенкова Т.В., Талейсник М.А., Герасимов Т.В., Щербакова Н.А., Солдатова Е.А., Остапенкова Н.А. Опубл. 10.09.2013. Бюл. № 25.

62. Патент RU 2515636 C1, МПК A21D 13/08. SPA-вафли. Тарасенко Н.А., Красина И.Б., Никонович Ю.Н., Бузунарь А.Б. Опубл. 20.09.2007. Бюл. № 14.

63. Патент RU 2520036 C2, МПК A23L 1/30, A23L 1/302, A23L 1/304, A23L 1/305, A23L 1/308, A23 J 1/02, A23 J 1/06, A23 J 1/20. Пищевой продукт "Миоактив-спорт" для питания людей, подверженных интенсивным физическим нагрузкам. Каркищенко Н.Н., Каркищенко В.Н., Люблинская И.Н., Люблинский С.Л. Опубл. 20.06.2014, Бюл. № 17.

64. Патент RU 2524153 C1, МПК A23C 23/00, 9/133. Композиция для производства творожного глазированного сырка. Рыльская Л.А. Опубл. 27.07.2014. Бюл. № 21.

65. Патент RU 2527548 C1, МПК A21D 13/00. Способ производства вафельных хлебцев (варианты). Неживов Д.А. Опубл. 10.09.2014. Бюл. № 25.

66. Патент RU 2529060 C1, МПК A21D 13/08. Состав для приготовления сахарного печенья. Петрушина Т.В. Опубл. 27.09.2014. Бюл. № 27.

67. Патент RU 2530150 C1, МПК A23G 1/46. Способ производства молочной шоколадной глазури. Рысева Л.И., Линовская Н.В., Аксенова Л.М., Савенкова Т.В. Опубл. 10.10.2014. Бюл. № 28.

68. Патент RU 2532438 C1, МПК A21D 13/08. Способ получения бисквита без сахара. Зоркина Н.Н., Резниченко И.Ю. Опубл. 10.11.2014. Бюл. № 31.

69. Патент RU 2538109 C1 МПК A 21 D 13/06 (2006.01). Вафельные хлебцы. Тарасенко Н.А., Головнева А.В., Кожина А.С., Пилюк О.А. Опубл. 10.01.2015. Бюл. № 1.

70. Патент RU 2538400 C2 МПК A 21 D 13/08. Способ производства безглютенового мучного кондитерского изделия. Жаркова И.М., Хромых М.В. Опубл. 10.01.2015. Бюл. № 1.

71. Патент RU 2548498 C1, МПК A23D 9/02. Способ получения модифицированных лецитинов. Герасименко Е.О., Белина Н.Н., Бутина Е.А., Воронцова О.С., Войченко О.Н., Денисова Е.В. Опубл. 20.04.2015. Бюл. № 11.

72. Патент RU 2555563 C1, МПК A23L 1/36. Кокосовая масса. Терещук Л.В., Долголюк И.В. Опубл. 10.07.2015. Бюл. № 19.

73. Алексеев, Г.В. Повышение эффективности процесов в производстве лецитина / Г.В. Алексеев, А.А. Хрипов, Н.А. Шевченко // Масложировая промышленность. – 2014. – № 2. – С. 6–7.

74. Андреев, А.Н. Роль реометрии в оценке качества зернопродуктов /А.Н. Андреев / III международный конгресс. Зерно и хлеб России. СПб. – 2007. – С. 125–126.

75. Андреев, А.Н. Влияние фосфолипидов и ферментных препаратов на реологические свойства теста и качество вафель функционального назначения / А.Н. Андреев, О.О. Иванова // Электронный научный журнал "Процессы и аппараты пищевых производств" – СПбГУНТиПТ. – 2013. – Выпуск № 1.

76. Андреев, А.Н. Исследование влияния пшеничной клетчатки "Витацель" на свойства жидкого кондитерского теста и качество вафель / А.Н. Андреев, О.О. Иванова // Известия Санкт-Петербургского государст-

венного университета нихкотемпературных и пищевых технологий. – 2007. – № 3. – С. 38–41.

77. Арет, В.А. Физико-химические свойства сырья и готовой продукции / В.А. Арет, Б.Л. Николаев, Л.К. Николаев. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 448 с.

78. Берестова, А.В. Особенности технологии пищевых масложировых эмульсий функционального назначения / А.В. Берестова, Г.Б. Зинюхин, Л.В. Межуева // Вестник ОГУ. – 2014. – № 1 (162).– С. 150–155.

79. Бескоровайный, А.В. Исследование состава цианобактериальных липидов – сырья для производства лецитинов / А.В. Бескоровайный, Д.А. Бескоровайная, Д.С. Котелев, А.А. Новиков, В.А. Винокур // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – № 12. – С. 17–20.

80. Бондаренко, И.Н. Оценка конкурентоспособности технологий получения фосфолипидных БАД / И.Н. Бондаренко, Е.А. Бутина, И.П. Артеменко, А.В. Лобанов, Е.П. Корнена // Масложировая промышленность. – 2003. – № 3. – С. 78–79.

81. Буряк, Д.П. Влияние биологически активных добавок растительного происхождения на потребительские свойства и пищевую ценность кулинарных жиров / Д.П. Буряк, С.А. Ильинова, С.А. Калманович // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2004. – № 1. – С. 74–76.

82. Бутина, Е.А. Обоснование применения фосфолипидных БАД серии Витол для создания функциональных продуктов питания. / Е.А. Бутина, А.В. Казанцев, Е.П. Корнена, О.В. Приходько / Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Пищевая промышленность: интеграция науки, образования и производства" / Кубан. гос. технол. Ун-т. – Краснодар: Изд. КубГТУ. – 2005. – С. 358–360.

83. Вершинина, О.Л. Создание функциональных хлебобулочных изделий с заданными свойствами / О.Л. Вершинина, В.В. Гончар, Ю.Ф. Росляков // Хлебопродукты. – 2013. – № 12. – С.58–60.

84. Вершинина, О.Л. Пищевые добавки липидной природы и перспективы их применения в хлебопекарной промышленности / О.Л. Вершинина, Н.Н. Корнен, С.А. Ильинова // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2001. – № 1. – С. 25–28.

85. Восканян, О.С. Научные основы производства эмульсионных продуктов / О.С. Восканян, В.Х. Паронян, С.В. Круглов, Г.И. Козярина. – М.: Пищепромиздат, 2003 – 48 с.

86. Герасименко, Е.О. Совершенствование технологии переработки растительных лецитинов / Е.О. Герасименко, Н.Н. Белина, В.Н. Пащенко,

Э.А. Бутина, И.А. Дубровская // Масложировая промышленность. – 2013. – № 3. – С. 26–28.

87. Глаголева, Л. Э. Бутербродная паста с использованием льняного масла. / Л.Э. Глаголева / Материалы Международной научно-технической конференции "Современные технологии переработки животноводческого сырья в обеспечении здорового питания: наука, образование и производство", Воронеж, 1-4 октября 2003 г., Воронеж 2003. – С. 180–182.

88. Глаголева, Л.Э. Инновационные технологические решения при разработке десертов на молочной основе для специализированных предприятий общественного питания / Л.Э. Глаголева, О.В. Иванова // Экономика. Инновации. Управление качеством. – 2015. – № 1 (10) – С. 253–255.

89. Голубев, В.Н. Пищевые и биологически активные добавки / В.Н. Голубев, Л.В. Чичева-Филатова, ТВ. Шленская. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.

90. Гунар, Е.В. Улучшение качества вафельного полуфабриката для мороженого / Е.В. Гунар // Мороженщик России. – 2011. – № 4 (61) – С.12-13.

91. Данович, Н.К. Применение фосфолипидных продуктов для создания функциональных продуктов / Н.К. Данович, З.А. Баранова, И.Б. Красина // Тезисы докладов VIII Международной научной конференции студентов и аспирантов "Техника и технология пищевых производств", Могилев, 26–27 апреля 2012 г. / Учреждение образования "Могилевский государственный университет продовольствия" – Могилев, 2012. – С.117.

92. Диденко, В.М. Пищевые ПАВ в производстве мучных кондитерских изделий / В.М. Диденко // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2012. – № 4. – С. 30–31.

93. Дормидонтов, Т.А. Влияние эмульгаторов и ферментов на свежесть мучных кондитерских изделий / Т.А. Дормидонтов // Материалы девятой Международной конференции "Троты. Вафли. Печенье. Пряники-2014" (Международная промышленная академия, 25-27 февраля 2014). – 2014. – С. 28–31.

94. Драгилев, А.И. Производство мучных кондитерских изделий / А.И. Драгилев, Я.М. Сезанаев. – М.: ДеЛи, 2000. – 448 с.

95. Дроздов, А.Н. Повышение качества растительно-сливочных спредов / А.Н. Дроздов, С.А. Ильинова, С.А. Калманович, Е.А. Сидорова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с между-

народным участием "Пищевая промышленность: интеграция науки, образования и производства" / Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2005. – С. 313–314.

96. Духу, Т.А. Применение шортенингов ТМ Солпро и высокоолеинового подсолнечного масла в производстве кондитерских и хлебобулочных изделий / Т.А. Духу // Сборник докладов XV Международного форума "Пищевые ингредиенты XXI века" 18-23 марта 2014 г. – Москва, 2014. – С. 117–125.

97. Дыкань, В.Н. Использование тыквенного масла в составе комбинированных сливочных паст. / В.Н. Дыкань, Л.А. Рыльская, Е.В. Щербакова, Т.В. Фрампольская // Материалы 1-й Российской научно-практической конференции "Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными ресурсами и создания функциональных продуктов". Москва, 2001. – С. 209–210.

98. Елхов, В.Н. Перспективы использования пищевых ингредиентов в производстве мороженого / В.Н. Елхов // Сборник докладов XV Международного форума "Пищевые ингредиенты XXI века" 18-23 марта 2014 г. – Москва, 2014. – С. 87–92.

99. Жаркова, И.М. Применение амарантовой муки при производстве безглютеновых кексов / И.М. Жаркова // Хлебопродукты. – 2014. – № 5. – С. 40–41.

100. Жаркова, И.М. Технологические аспекты применения амарантовой муки при производстве безглютеновых кексов / И.М. Жаркова // Хлебопродукты. – 2014. – № 6. – С. 39–41.

101. Зубченко, А.В. Технология кондитерского производства / А.В. Зубченко. – Воронеж.гос.технол.акад. – Воронеж, 2001. – 430с.

102. Зубченко, А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий / А.В. Зубченко. – Воронеж. гос. технол. академия. Воронеж, 1997. – 416 с.

103. Ивлева, Е.Н. Изучение воздействия лецитина на эффективную вязкость и другие свойства теста и хлебобулочных изделий / Е.Н. Ивлева, А.С. Иванова, Г.В. Алексеев // Электронный научный журнал "Процессы и аппараты пищевых производств" – СПбГУНТиПТ. – 2012. – Выпуск № 1.

104. Илларионова, В.В. Исследование потребительских свойств низкокалорийных маргаринов функционального назначения / В.В. Илларионова, Е.И. Руссу // Новые технологии. – 2010. – № 2. – С. 40–43.

105. Илларионова, В.В. Научно-практическое обоснование применения подсолнечных лецитинов олеинового типа в производстве пищевых продуктов функционального назначения / В.В. Илларионова.– Автореф. дисс. на соиск. уч. степени д.т.н. – Краснодар, КубГТУ – 2010. – 50 с.

106. Использование лецитинов в производстве кондитерской продукции // Кондитерская сфера. – 2012. – № 1 (43). – С. 58.

107. Каталог «Промышленные жиры и маргарины "СолПро". Электронный ресурс: http://solpro.fitex.ru/upload/iblock/193/19370dda20d60-e22aed6a5bfd820a08a.pdf

108. Ковэн, С. Практические рекомендации хлебопекам и кондитерам. 202 вопроса и ответа / С. Ковэн, Л. Янг; пер. с англ. В.Е. Ашкинази. – СПб.: Профессия, 2007. – 238 с.

109. Копенкина, И.Н. Повышение эффективности разжижающего действия ПАВ в шоколадных массах / И.Н. Копенкина – Автореф. дисс. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. – Киев, 1983. – 22 с.

110. Леонтьева, Н.А. Использование композитов на основе лецитинов в вафельном тесте / Н.А. Леонтьева, Ю.А. Казонен, Н.Д. Синявская, Л.И. Щербинина // Кондитерское производство. –2003. –№ 4. – С. 20–21.

111. Леонтьева, Н.А. Преимущества использования пищевых премиксов на основе лецитина в изделиях из бисквитного теста / Н.А. Леонтьева, Н.Д. Синявская, Л.И. Кузнецова, В.М. Диденко // Материалы VI Всероссийской конференции "Специализированные жиры и комплексные улучшители для хлебобулочных и мучных кондитерских изделий" (С-Петербург, 13-14 апреля 2004 г.). – С-Пб. – С.64-68.

112. Лурье, И.С. Технохимический контроль сырья в кондитерском производстве / И.С. Лурье, А.И. Шаров. – М.: Колос, 2001. – 352 с.

113. Магомедов, Г.О. Совершенствование техники и технологии сахарного печенья / Г.О. Магомедов, А.Я. Олейникова, Н.М. Дерканосова [и др.]. – Воронеж, 2001. – 188 с.

114. Маркова, К.Ю. Разработка и товароведная оценка хлебобулочных изделий, обогащенных биологически активными веществами липидной природы / К.Ю. Маркова. – Дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. – ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет», Санкт-Петербург 2014. – 243 с.

115. Матвеева, Т.В. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры: монография / Т.В.

Матвеева, С.Я. Корячкина. – Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2011. – 358 с.

116. Мельникова, Г.В. Использование лецитинов при приготовлении бисквитов и пряников / Г.В. Мельникова, Н.Д. Синявская, Л.И. Кузнецова // Хлебопечение России. – 2002. – № 5. – С. 26–27.

117. Методические рекомендации "Специализированное лечебное питание в лечебно-профилактических учреждениях" (утв. Научным советом по медицинским проблемам питания при Министерстве здравоохранения и социального развития РФ и Российской академии медицинских наук 25 июля 2005 г.)

118. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 "Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации"

119. Нечаев, А.П. Пищевая химия / А.П. Нечаев. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 592 с.

120. Нечаев, А.П. Пищевые добавки / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова, А.Н. Зайцев. – М.: Колос, 2001. – 256с.

121. Никифорова, Т.А. Индустрия пищевых добавок: состояние и перспективы развития / Т.А. Никифорова // Молочная промышленность. – 2014. – № 3 – С. 43–45.

122. Никифорова, Т.А. Индустрия пищевых добавок: состояние и перспективы развития. Инновационная политика / Т.А. Никифорова, Т.Н. Губасова // Сборник докладов XV Международного форума "Пищевые ингредиенты XXI века" 18-23 марта 2014 г. – Москва, 2014. – С. 32–40.

123. Никонович, С.Н. Традиционные масложировые продукты и фосфолипидные БАД нового поколения / С.Н. Никонович, Т.Н. Тимофеенко // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2005. – № 5–6. – С. 59–60.

124. Оболкина, В.И. Совершенствование технологий кондитерских изделий / В.И. Оболкина, Н.О. Залевская, В.А. Дорошенко, С.А. Кишко, В.С. Гуреева // Продукты & ингредиенты. –2008. – № 6. – С. 36–38.

125. Пахомов, А.Н. Обоснование необходимости создания функциональных пищевых продуктов для нормализации пищевого статуса. / А.Н. Пахомов, Е.А. Бутина, Е.П. Корнена, О.В. Приходько // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Пищевая промышленность: интеграция науки, образования и производства"/ Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2005. – С. 27–29.

126. Пащенко, Л.П. Технология хлебопекарного производства: Учебник. / Л.П. Пащенко, И.М. Жаркова. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 672 с.

127. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траутенберг, А.А. Кочеткова и др. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 640 с.

128. Пожидаева, Р.С. Рапсовый лецитин – улучшитель хлебопекарных свойств муки / Р.С. Пожидаева, Е.В. Лисовая, Н.Б. Тарасова // Новые технологии. – 2012. – № 4. – С.22–25.

129. Полянский, К.К. Добавка "Витол" в молочных продуктах / К.К. Полянский, Л.Э. Глаголева, С.А. Железной, О.Б. Рудаков // Молочная промышленность. – 2001. – № 5. – С. 39–41.

130. Полянский, К.К. Технология функциональных и биологически полноценных нетрадиционных молочных продуктов / К.К Полянский, Л.Э. Глаголева. – Воронеж гос. технол. акад. Воронеж, 2003 – 60 с.

131. Полянский, К.К. Изучение функциональных свойств природных фосфолипидов в производстве мороженого / К.К. Полянский, Л.Э. Глаголева, О.Б. Рудаков // Материалы Международной научно-технической конференции "Современные технологии переработки животноводческого сырья в обеспечении здорового питания: наука, образование и производство" Воронеж, 1–4 октября 2003 г., Воронеж 2003. – С. 253–257.

132. Росляков, Ю.Ф. Перспективные исследования технологий хлебобулочных изделий функционального назначения /Ю.Ф. Росляков, О.Л. Вершинина, В.В. Гончар // Известия ВУЗов. Пищевая технология – 2010. – № 1. – С. 123–124.

133. Рудаков, О.Б. Технохимический контроль жиров и жирозаменителей / О.Б. Рудаков, Н.В. Королькова, К.К. Полянский, О.А. Котик, Л.В. Рудакова. – Изд-во "Лань". – Санкт-Петербург, 2011. – 576 с.

134. Рудаков, О.Б. Жиры. Химический состав и экспертиза качества / О.Б. Рудаков, А.Н. Пономарев, К.К. Полянский, А.В. Любарь. – Дели Принт. Москва, 2005. – 312 с.

135. Рудаков, О.Б. Новый метод извлечения фосфолипидов из подсолнечного масла / Рудаков О.Б., Тихонова Е.Л., Баканов А.Г., Жаркова И.М. // Масла и жиры. – 2006. – № 2. – С. 10–11.

136. Рудаков, О.Б. Исследование возможности применения фосфолипидной фракции подсолнечного масла в производстве пищевых продуктов / О.Б. Рудаков, Е.Л. Тихонова, И.М. Жаркова // Материалы научно-практич. конф., посвященной 75-летию кафедры "Технология хлебопе-

карного и макаронного производств" МГУПП и 100-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РФ Л.Я. Ауэрмана. – Москва, МГУПП, 29 марта 2005 г. – С. 80–84.

137. Скобельская, З.Г. Растительные пищевые волокна "Витацель" для улучшения качества печенья / З.Г. Скобельская, М.П. Иванова, Л.Н. Янина, В.В. Прянишников, Е.В. Гунар, Е.Ю. Рождественская // Кондитерское производство. – 2004. – № 4. – С. 36–37.

138. Смычагин, О.В. Разработка рецептур и исследование качества диетических майонезных соусов с применением продуктов переработки зародышей кукурузы: дис. канд. техн. наук: 05.18.15 / О.В. Смычагин – Москва, 2009. – 137 с.

139. Спильник, И.В. Разработка рецептур и оценка потребительских свойств майонезов функционального назначения: дис. канд. техн. наук: 05.18.15 / И.В. Спильник – Краснодар, 2007. – 159 с.

140. Старовойтова, К.В. Разработка и товароведная оценка соусов майонезных антиоксидантной направленности: дис. канд. техн. наук: 05.18.15 / К.В. Старовойтова – Кемерово, 2011. – 151 с.

141. Стопский, В. С. Химия жиров и продуктов переработки жирового сырья / В.С. Стопский, В.В. Ключкин, Н.В. Андреев. – М.: Колос, 1992. – 286 с.

142. Сулейманов, М.М. Эмульгаторы и улучшители "ЭГХ ингредиентс" для мучных кондитерских изделий" / М.М. Сулейманов // Материалы девятой Международной конференции "Троты. Вафли. Печенье. Пряники-2014" / Международная промышленная академия, 25-27 февраля 2014. – С. 7–11.

143. Творогова, А.А. Современное состояние нормативно-технической базы по производству вафельной продукции для мороженого / А.А. Творогова // Мороженщик России. – 2014 г. – № 3(78) – С. 14–15.

144. Творогова, А.А. Современные аспекты применения ингредиентов в производстве мороженого, замороженных взбитых десертов и пищевых льдов / А.А. Творогова // Сборник докладов XV Международного форума "Пищевые ингредиенты XXI века" 18-23 марта 2014 г. – Москва, 2014. – С. 93–100.

145. Творогова, А.А. К вопросу производства мороженого и замороженных десертов / А.А. Творогова, Т.В. Коновалова // Мороженщик России. – 2014. – № 2(77). – С. 8.

146. Технология мучных кондитерских изделий: Учебник / С.Я. Корячкина, И.В. Матвеева. – СПб.: Троицкий мост, 2011. – 400 с.

147. Тимофеенко, Т.И. Принципы разработки рецептур функциональных фосфолипидных продуктов. / Т.И. Тимофеенко, Н.Ф. Гринь, О.В. Пломодьяло, Д.А. Котельников // Материалы 1-й Российской научно-практической конференции "Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными ресурсами и создания функциональных продуктов". Москва, 2001. – С. 17–18.

148. Тимофеенко, Т.И. Масляные композиции биологически активных веществ из растительного сырья для функционального питания. / Т.И. Тимофеенко, Т.А. Шахрай, Н.С. Никонович, Л.А. Тарабаричева // Материалы 1-й Российской научно-практической конференции "Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными ресурсами и создания функциональных продуктов". Москва, 2001. – С. 243–244.

149. Тимошенко, Ю.А. Гидролизованные лецитины в хлебобулочных изделиях. / Ю.А. Тимошенко, В.Ю. Маркина, В.Н. Красильников. – Электронный ресурс: www.WebAgro.net.

150. Тихонова, Е.Л. Возможности гидромеханической обработки растительных масел / Е.Л. Тихонова, О.Б. Рудаков // Масла и жиры. – 2003. – №11(33). – С. 8–9.

151. ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции". Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880.

152. Фахретдинов, Р. Улучшенные виды маргарина для производства хлеба / Р. Фархетдинов, И. Матвеева, Т. Юдина, В Диденко, О. Васильева // Хлебопродукты. – 2005. – № 6. – С. 43–45.

153. Ханаху, З.Р. Формирование и оценка потребительских свойств шоколадных масс с применением фракционированных фосфолипидных продуктов / З.Р. Ханаху. – Автореф. дисс. на соискание уч. степени к.т.н. – Краснодар, КубГТУ. – 2008. – 26 с.

154. Химия жиров / Б.Н. Тютюнников, Ф.Ф. Гладкий, З.И. Бухштаб и др. – М.: Колос, 1992. – 448 с.

155. Химия липидов / Р. П. Евстигнеева, Е. Н. Звонкова, Г. А. Серебренникова и др. – М.: Химия, 1983. – 296 с.

156. Чахова, Е.И. Фосфолипиды – перспективные компоненты БАД. Пищевая промышленность: интеграция науки, образования и производства / Е.И. Чахова // Материалы Всероссийской научно-практической

конференции с международным участием. – Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2005. – С. 68–70.

157. Шаповалова, Л.А. Экстракт фосфолипидов – стабилизатор рыбьего жира / Л.А. Шаповалова // Масложировая промышленность. – 2002. – № 4. – С. 32–33.

158. Шахрай, Т.А. Диетический майонез с использованием фосфолипидного продукта. / Т.А. Шахрай, Т.И. Тимофеенко, Д.А. Котельников, С.Н. Никонович // Материалы 1-й Российской научно-практической конференции "Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными ресурсами и создания функциональных продуктов". Москва, 2001 – С. 200–201.

159. Эмульгаторы. Технические спецификации и области применения. Электронный ресурс: http:// www.brenntag.ru/ru/downloads/Food/RU_Food_Emulsifiers_FNFN201109/pdf

160. Fong B., Ma L., Norris C. Analysis of phospholipids in infant formulas using high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry // J Agric Food Chem. 2013 Jan 30;61(4):858-65. doi: 10.1021/jf304877k. Epub 2013 Jan 22. Электронный ресурс: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23297796.

161. Ghorbel D., Saïdi I., Slema M.B., Gharsallah M. Adjusting flow properties of molten milk chocolate by means of emulsifiers and fat // Journal of Food Process Engineering, 34: 317–331. doi: 10.1111/j.1745-4530.2009.00359.x Volume 34, Issue 2 April 2011 Pages 317–331.

162. Krezhova D. Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products. Published online 28, October, 2011 – 536 pages. Электронный ресурс: http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/22616.pdf.

163. Lallbeeharry P., Tian Y., Fu N., Wu W.D., Woo M.W., Selomulya C., Chen X.D. Effects of ionic and nonionic surfactants on milk shell wettability during co-spray-drying of whole milk particles // J Dairy Sci. 2014 Sep;97(9):5303-14. doi: 10.3168/jds.2013-7772. Epub 2014 Jul 3. Электронный ресурс: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24997659.

164. Lorenz K., Coulter L. Quinoa flour in baked products // Plant Foods Hum Nutr. 1991 Jul;41(3):213-23. Электронный ресурс: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1924185.

165. Montalvo G1, Pons R, Zhang G, Díaz M, Valiente M. Structure and phase equilibria of the soybean lecithin/PEG 40 monostearate/water system // Langmuir. 2013 Nov 26;29(47):14369-79. doi: 10.1021/la402764w. Epub 2013

Nov 18. Электронный ресурс: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24205925.

166. Rahmati NF., Mazaheri Tehrani M. Influence of different emulsifiers on characteristics of eggless cake containing soy milk: Modeling of physical and sensory properties by mixture experimental design // J Food Sci Technol. 2014 Sep; 51(9): 1697-710. Электронный ресурс: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25190826

167. Sereewatthanawut I. Nanofiltration process for the nutritional enrichment and refining of rice bran oil [Text] / I. Sereewatthanawut, I. I. R. Baptista, A. T. Boam, A. Hodgson, A. G. Livingston // Journal of Food Engineering. – 2011. – N 102. – P. 16-24.

168. Spence A.J., Jimenez-Flores R., Qian M., Goddik L. Phospholipid enrichment in sweet and whey cream buttermilk powders using supercritical fluid extraction // J Dairy Sci. 2009 Jun;92(6):2373-81. doi: 10.3168/jds.2008-1534. Электронный ресурс: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19447969.

169. The characteristics of lecithin in bakery products.Электронный ресурс: http://mastermilk.com/uploads/biblio/the_characteristics_of_lecithin_in_bakery_prod.pdf

170. Шоколадово. Шоколадные и кондитерские глазуои. Электронный ресурс: http://chocoladovo.by/glazuri-i-konditerskie-massy/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=chokoladovo.russia

171. Регламент (ЕС) № 1333/2008 европейского парламента и совета. Электронный ресурс: http://www.fsvps.ru/fsvps-docs/ru/laws/eu/1333-2008.pdf

172. Augason farms. Food storage emergency preparedness center. Электронный ресурс: http://www.augasonfarms.com/Gluten-Free-Food

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

БАД – биологически активная добавка

БМП – биомодифицированный продукт

ВЭЖХ – высокоэффективая жидкостная хроматография

ВЭЖХ-МС – высокоэффективная жидкостная хромато-масс-спектрометрия

ВЭЖХ-ЯМР – высокоэффективная жидкостная хроматография, сопряженная с ЯМР-спектрометром

ГЖХ – газожидкостная хроматография

ГЛБ – гидрофобно-липофильный баланс

ЖХ – жидкостная хроматография

ИК-спектроскопия – инфракрасная спектроскопия

МНЖК – мононенасыщенные жирные кислоты

НЖК – насыщенные жирные кислоты

ПАВ – поверхностно-активные вещества

ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты

СФГ – синтетический фосфоглицерид

ТАГ – триацилглицерины

ТМЭ – томатно-масляный экстракт

ТСХ – тонкослойная хроматография

УВТ-стерилизация – ультравысокотемпературная стерилизация

ФЛ – фосфолипиды

ФМК – фосфорномолибденовая кислота

ФФПМ – фосфолипидная фракция подсолнечного масла

ЯМР – ядерно-магнитный резонанс

Научное издание

ЖАРКОВА Ирина Михайловна
РУДАКОВ Олег Борисович
ПОЛЯНСКИЙ Константин Константинович
РОСЛЯКОВ Юрий Федорович

ЛЕЦИТИНЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Подписано в печать 08.10.2015. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 16,0. Тираж 500 экз. Заказ 118.

ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий"
(ФГБОУ ВО "ВГУИТ")
Отдел полиграфии ФГБОУ ВО "ВГУИТ"
Адрес университета и отдела полиграфии:
394036, Воронеж, пр-т Революции, 19