

ЦИС-, ТРАНС-ИЗОМЕРИЗАЦИЯ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ ЖИРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Любецкая Т.Р.¹, канд. техн. наук, Бронникова В.В.¹, канд. техн. наук,
Прошина О.П.², канд. хим. наук, Фадеев Г.Н.², доктор пед. наук,
Болдырев В.С.², канд. техн. наук, Иванкин А.Н.², доктор хим. наук

¹ Российский университет кооперации

² НИУ «МГТУ им. Н.Э. Баумана»

Ключевые слова: животные и растительные жиры, *цис*-, *транс*-изомеры, технология пищи

Реферат

Приводятся результаты изучения некоторых аспектов температурных превращений жирных кислот, входящих в состав используемых в технологии продуктов питания смесей жиров животного и растительного происхождения. Основное внимание уделено развитию процессов *цис*-, *транс*-изомеризации жирных кислот, входящих в состав исследуемых смесей жиров. В результате исследований представлены кривые плавления и охлаждения бинарных систем, что позволяет рассчитывать проявление фазовых переходов, которые могут сказываться на качестве получаемой продукции. Добавление в систему жидких растительных масел, содержащих в своем составе непредельные жирные кислоты, приводит к снижению температуры плавления систем. Установлено, что бинарные системы, состоящие из смесей животных и растительных жиров, а также смесей различных растительных масел, способны смешиваться в любых соотношениях, поскольку все они являются триглицеридами. Системы, состоящие из смесей растительных и животных жиров, имеют более низкие температуры застывания, по сравнению с бинарными системами, образованными смесями животных жиров, что облегчает их технологическое использование. При замене фритюрного жира смесью пальмового и рапсового масел для обжаривания полуфабрикатов *транс*-жиры практически не образуются вследствие быстротечности процесса тепловой обработки. Использование различных видов животного и растительного сырья для производства современных продуктов питания позволяет не только варьировать питательную ценность, но и регулировать жирнокислотный состав.

Введение

Питание является важнейшим фактором, определяющим здоровье населения. Технология изготовления пищи во многом предопределяет не только ее вкусовые характеристики, но и наличие вредных компонентов, образующихся в изготавливаемых продуктах вследствие развития физико-химических процессов трансформации составляющих ингредиентов. Значительную роль в этом играют жиры и масла. Качество и состав жиров, используемых для изготовления продуктов, играют важнейшую роль в питании населения, поскольку массовая доля содержания жира в конкретном продукте может превышать половину его состава.

В последнее время пищевым липидам посвящено много исследований, так как жировое сырье находит широкое применение в качестве компонентов в пищевой, медицинской, косметической продукции, в различных видах биотоплив и смазочных материалах [1–4, 11, 12]. Основной акцент исследований сосредоточен на проблеме превращения жирных кислот, находящихся во всех природных объектах в виде естественной *цис*-формы в *транс*-форму, наличие которой в пище может вызывать нарушение метаболических процессов в организме человека.

Считается, что *транс*-жирные кислоты представляют искусственный элемент, содержащийся в наших пищевых продуктах, и следует избегать их активного потребления, поскольку механизм их воздействия на процесс обмена веществ до конца не понятен. Фактически, люди потребляли *транс*-жирные кислоты всегда, поскольку они являются естественными составляющими в говядине, баранине, сливочном масле, молоке и молочных и др. продуктах. В литературе приводятся данные о содержании в говяжьем жире и сливочном масле разных производителей до 3–10 % *транс*-изомеров жирных кислот [1–4].

В связи с масштабным гидрированием жидких растительных масел с целью придания им твердой консистенции в качестве сырья в пищевой промышленности используется большое количество маргаринов и «спредов» с существенно большей долей насыщенных жирных кислот и вредных для организма человека *транс*-изомеров.

Проблема обострилась в последние годы в результате массового гидрирования жиров, введения в практику несвойственных жителям средней полосы масел тропического происхождения и потребления дешевых маргаринов, а также использования фритюров с высокими температурами обработки масел. Уста-

CIS-, TRANS- ISOMERIZATION OF BINARY MIXTURES OF FATS OF VEGETABLE AND ANIMAL ORIGIN

Lyubetskaya T.R.¹, Bronnikova V.V.¹,
Proshina O.P.², Fadeev G.N.², Boldyrev V.S.²,
Ivankin A.N.²

¹ Russian University of Cooperation

² Bauman Moscow State Technical University

Key words: animal and vegetable fats,
cis-, *trans*-isomers, food technology

Summary

The article presents the results of studying some aspects of the temperature transformations of fatty acids that are part of the mixtures of animal and vegetable fats used in food technology. The main attention is paid to the development of the processes of *cis*-, *trans*-isomerization of fatty acids that are the part of the composition of the investigated fat mixtures. As a result of the research, curves for melting and cooling of binary systems are presented, which makes it possible to calculate the manifestation of phase transitions that can affect the quality of the products obtained. The addition of liquid vegetable oils containing unsaturated fatty acids into the system leads to a decrease in the melting temperature of the systems. It is established that binary systems consisting of mixtures of animal and vegetable fats, as well as mixtures of different vegetable oils, are able to mix in any ratio, since they are all triglycerides. Systems consisting of mixtures of vegetable and animal fats have lower pour points, compared to binary systems formed by animal fat mixtures, which facilitates their technological use. When frying fat is replaced with a mixture of palm and rapeseed oils for frying semi-finished products, *trans*-fats are practically not formed due to the rapidity of the heat treatment process. The use of various types of animal and vegetable raw materials for the production of modern food products allows not only to vary the nutritional value, but also to regulate the fatty acid composition.

новлено, что длительная термическая обработка жиров приводит к существенному повышению содержания вредных *транс*-изомеров [7]. Проблему *транс*-изомеров сегодня называют одной из существенных причин развития «заболеваний века» у населения, поэтому в странах Евросоюза законодательно требуют указывать на этикетках их содержание. В нашей стране установлен предельный уровень содержания *транс*-изомеров в комбинированных маслах – не более 8 %, что практически в 4 раза выше разрешенного уровня в Европе [1, 2].

В последнее время в связи с расширением торговли со странами Юго-Восточной Азии существенное место в рецептурах продуктов стало занимать пальмовое масло. На сегодняшний день пальмовое масло – наиболее распространенный вид растительного масла в мире. Его получают из мясистой части плодов масличной пальмы *Elaeis guineensis*. Масло из семян этой пальмы называется пальмоядровым. Мировое производство пальмового масла составляет величину порядка 50 млн тонн в год. Основными производителями являются Малайзия и Индонезия. Свежее отжатое пальмовое масло имеет светло-оранжевый цвет, сладковатый вкус, плавится при температуре 18–27 °C [9]. Масло,

используемое в пищевой промышленности, бесцветное, его специально делают бесцветным, для чего масло быстро нагревают до температуры 240 °С, при этом оно теряет окраску. Используются две разновидности пальмового масла, пальмовый олеин с температурой плавления около 18–24 °С, и твердая фракция – пальмовый стеарин с температурой плавления 33–39 °С, по другим данным 44–56 °С [9]. Эти сведения представляют интерес для учета разработки новых жировых композиций для жарки продуктов на основе животных жиров и растительных масел. В **таблице 1** приведены основные жирные кислоты, содержащиеся в животных жирах, в сравнении с растительными маслами (**таблица 2**). Содержание этих жирных кислот оказывает существенное влияние на свойства жировых композиций. А все моно- и полиненасыщенные жирные кислоты семейств ω3 ω6 и ω9 могут участвовать в процессах *цис*-, *транс*-изомеризации при термическом нагреве.

Наиболее важным свойством жира, используемого для жарки, является его способность выдерживать высокую температуру нагрева без особых химических изменений. Жарка обычно проводится при температуре 180 °С. При этой температуре масла, содержащие большое количество ненасыщенных кислот, окисляются, полимеризуются и участвуют в других химических превращениях. Триглицериды пальмового масла содержат главным образом насыщенные и мононенасыщенные кислоты и менее 10 % полиненасыщенных кислот (**таблица 2**), поэтому оно достаточно устойчиво к окислению при тепловой обработке и хранении. Во всем мире пальмовое масло используется для жарки большинства продуктов в домашнем хозяйстве, общественном питании и в промышленном производстве пищевых продуктов.

Для большинства жироемких продуктов при технологической обработке жиры являются структурообразователями. При выборе технологии производства опираются, прежде всего, на твердость и температуру плавления жиров. Пальмовое масло при комнатной температуре имеет полутвердую консистенцию и может использоваться в качестве жирового компонента в кулинарных смесях специального назначения.

Одним из направлений совершенствования технологии приготовления различных блюд и пищевых продуктов с использованием жарки во фритюре можно рассматривать замену фритюрного жира на смесь пальмового и рапсового масел с добавлением животных жиров [6, 8].

Цель работы – физико-химическое изучение систем, состоящих из бинарных смесей жиров животного и растительного происхождения, используемых в общественном питании, в частности, в технологии производства продуктов быстрого приготовления.

Материалы и методы

В работе проводилось изучение систем, состоящих из смесей животных и растительных жиров. В качестве животных жиров использовались говяжий и свиной. В качестве растительных жиров – подсолнечное, пальмовое и рапсовое масла.

Исследования проводились визуально-политермическим методом [10]. Визуально – политермический анализ состоит в наблюдении за плавлением твердого вещества при нагревании с одновременной регистрацией температуры появления первых кристаллов, выделяющихся при охлаждении расплава. При плавлении веществ на кривых нагревание – охлаждение наблюдаются четко выраженные площадки, соответствующие изменению скорости нагрева или охлаждения пробы, что сигнализирует о наличии теплового

эффекта. В работе фиксировали кривые охлаждения. Используемые в данном исследовании жиры являются легкоплавкими веществами, процессы плавления протекают быстро, и обеспечивается простота эксперимента. При визуальном-политермическом методе образец известного состава нагревают и отмечают температуру плавления, а потом его охлаждают и измеряют температуру твердой фазы.

Образцы смесей жиров готовились в стеклянных бюксах. Взвешивание образцов чистых веществ и смесей проводилось на технических весах, с точностью взвешивания 0,01 г. Навески брались массой 10,0 г. В смеси включали добавки 20, 40, 60 и 80 % масс. бинарного компонента. Пробирки закрывали пробками, в отверстия которых вставлены термометры со шкалой от 0 до 100 °С, и помещали в песчаную баню с температурой 60–80 °С. После того как содержимое пробирки расплавилось и немного перегревалось, пробирку со смесью переносили в другую, более широкую пробирку (воздушная рубашка) и с интервалом в одну минуту регистрировали показания термометра. Отмечали момент появления твердой фазы по появлению помутнения прозрачного расплава. На основании полученных данных строили кривые охлаждения, по которым определяли температуру начала затвердевания и эвтектики.

Количественный анализ содержания отдельных жирных кислот определяли на интеграторе C-R6A Chromatorac фирмы Shimadzu по условиям, описанным в литературе [3, 6, 10]. Расчет проводили методом внутренней нормализации.

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные данные по исследованию систем говяжьего и свиного жира представляют собой кривые охлаждения – зависимость изменения температуры от времени. Состав исследуемых смесей веществ представлен в **таблице 3**.

Таблица 1
Содержание основных жирных кислот животных жиров, %

Наименование	Пальмитиновая	Стеариновая	Олеиновая ω9	Линолевая ω6	Линоленовая ω3
Сливочное масло	25	11	34	6	5
Бараний	38	30	35	3	9
Говяжий	31	26	40	2	2
Свиной	27	14	45	5	5
Организм человека	25	8	46	10	–

Таблица 2

Таблица 2
Содержание жирных кислот в наиболее распространенных растительных маслах, % от общей массы

Вид масла	Насыщенные	Мононенасыщенные (олеиновая ω9)	Полиненасыщенные (линолевая ω6)	Полиненасыщенные (линоленовая ω3)
Подсолнечное	9	33–72	38–40	–
Оливковое	9–15	70–87	4–12	–
Рапсовое	5	20	14	2–3
Пальмовое	40–50	35–45	3–10	–

Таблица 3

Таблица 3
Состав смеси говяжьего (А) и свиного (В) жира, % масс.

Состав	№ 1	№ 2	№ 6	№ 8	№ 10	№ 11
А	0	20	60	80	90	100
Б	100	80	40	20	10	0

На **рисунке 1** приведены кривые охлаждения для системы говяжий жир и свиной жир.

Результаты исследования системы говяжий жир – подсолнечное масло приведены на **рисунке 2**.

Исследования проводились по описанной выше методике. При температурах ниже комнатных охлаждение пробирок

со смесями образцов проводилось в растворе лед – раствор хлорида натрия. Поскольку температура застывания подсолнечного масла ниже минус 10 °С, ограничивались составом смеси 20 % масс. говяжьего жира и 80 % масс. подсолнечного масла. Температуры застывания смесей жиров в зависимости от состава показаны на **рисунке 2**. В работе проводилось также исследование температур плавления бинарной смеси жиров пальмового и рапсового масел в зависимости от состава политермическим методом (**рисунком 3**). Особенностью измерений в этом случае является необходимость первоначального охлаждения системы с использованием льда, поскольку наблюдаемые температуры плавления имеют значения ниже комнатной температуры.

Приведенные на **рисунках 1–3** изотермограммы позволяют рассчитывать появление фазовых переходов, которые могут сказываться на качестве получаемой продукции, что важно для формирования консистенции и, соответственно, вкусоароматических характеристик продуктов. Из представленных данных видно, что добавление в систему жидких растительных масел, содержащих в своем составе много олеиновой кислоты и др. непредельных жирных кислот, приводит к снижению температуры плавления системы. При определенных соотношениях компонентов в бинарной системе такое снижение может быть двукратным.

Хроматографический анализ состава R-жирных кислот позволяет оценивать происхождение и качество исходных жиров, а также оценить изменение их состояния в процессе высокотемпературной обработки полуфабрикатов.

В **таблице 4** приведены составы основных жирных кислот в исследованных жирах после температурной обработки. Обработку осуществляли путем обжарки во фритюре тестовых заготовок для производства макарон быстрого приготовления при температуре 180 °С в течение 5 мин. [7].

Для фритюра использовали специальный жир, полученный на основе жира животного (говяжьего) топленого.

Анализ представленных данных позволяет сделать несколько выводов.

Известно, что при нагреве свыше 100 °С органические вещества, содержащие двойные связи, способны переходить из *цис*-формы в *транс*-изомеры.

При использовании фритюрного жира в процессе обжарки образуется жир с содержанием 43 % элаидиновой кислоты и почти 2 % вакценовой кислот. Эти кислоты относятся к *транс*-жирам, т.е. в процессе нагрева фритюрного жира, повсеместно используемого на предпри-

Рисунок 1. Кривые охлаждения.

Составы смесей № 1, 2, 6, 8, 10 и 11 приведены в таблице 3

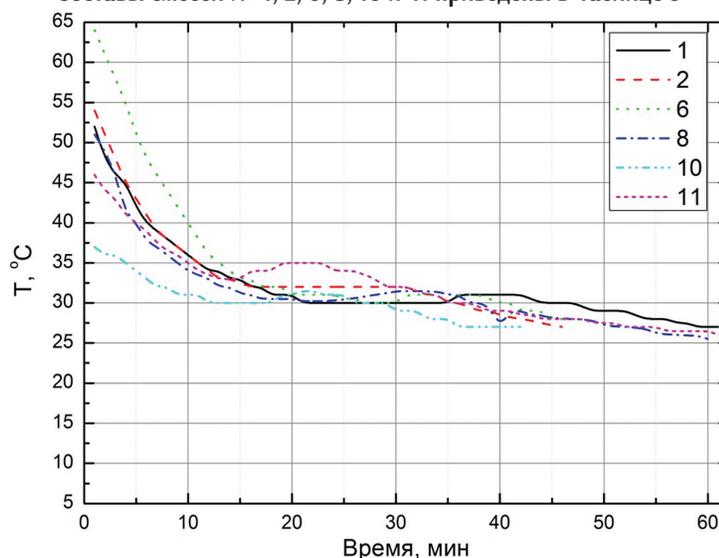


Рисунок 2. Система говяжий жир (А) – подсолнечное масло (Б)

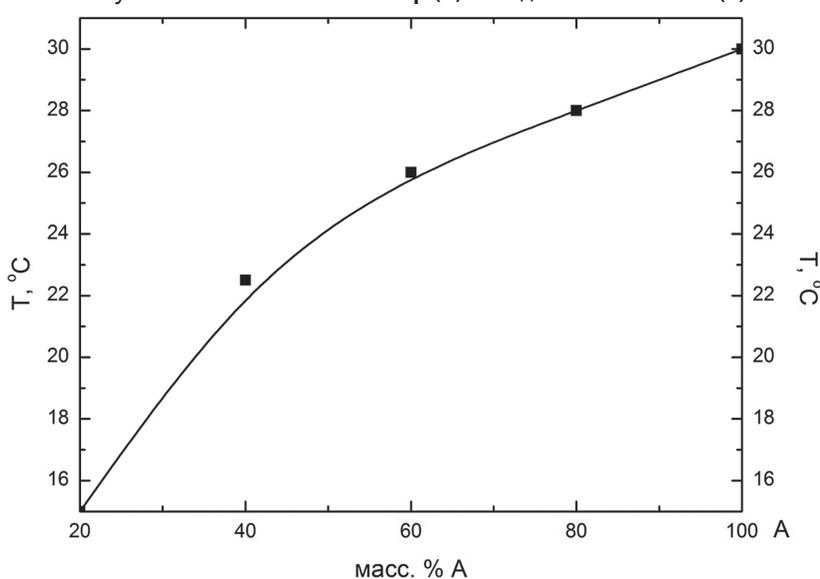


Рисунок 3. Система пальмовое масло (А) – рапсовое масло

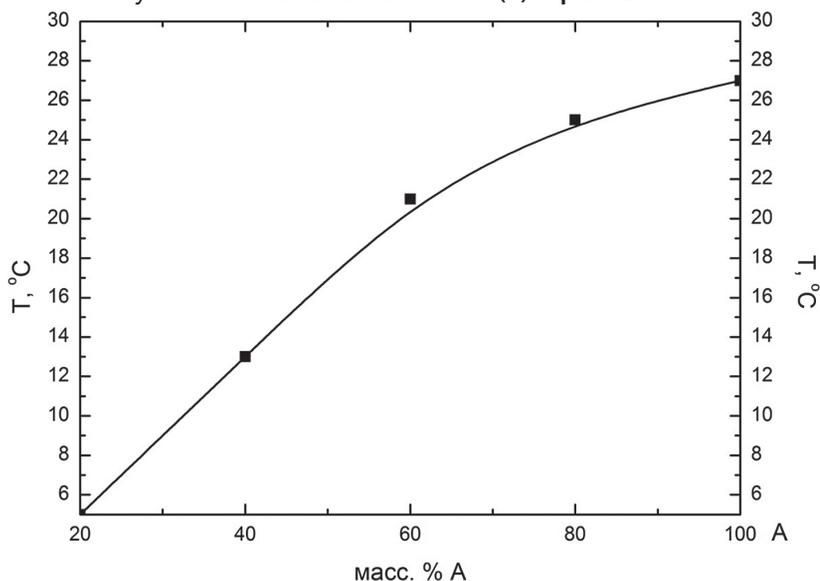


Таблица 4

Состав жирных кислот, % масс.

Жирная кислота	Индекс	Масло после прожарки		
		Пальмовое	Рапсовое	Фритюрный жир на основе животного (говяжьего)
Лауриновая	12: 0	0,2	0,03	0,42
Миристиновая	14: 0	1,1	0,10	0,28
Пальмитиновая	16: 0	43,0	6,68	9,91
Стеариновая	18: 0	4,6	2,95	8,21
Олеиновая	18: 1	39,0	37,0	22,9
Линолевая	18: 2	10,5	46,6	2,94
Другие	16: 1, 18: 3	0,3	0,3	0,42
Элаидиновая	18: 1 <i>транс</i>	0,1	0,03	43,03
Вакценовая	18: 1 <i>транс</i>	1,5	0,7	2,3

иях общественного питания, фритюрного жира получают *транс*-жиры в количестве близком к 50 %. Во фритюрных и кулинарных жирах, состоящих из смесей топленых жиров и растительных масел, уже изначально могут присутствовать *транс*-изомеры, поскольку они включают в себя компоненты, полученные при высокотемпературной обработке [7].

В работе [7] приведены химический состав и физико-химические показатели кулинарных жиров. Отмечается, что длительное высокотемпературное воздействие на растительные масла, в частности подсолнечное, приводит к изменению ИК-спектральных характеристик и появлению устойчивых линий *транс*-изомеров, т.е. спектр подтверждает элаидинизацию, протекающую при нагревании масел.

При замене фритюрного жира смесью пальмового и рапсового масел для обжаривания, как показывают приведенные в работе данные, *транс*-жиры практически не образуются вследствие быстротечности процесса тепловой обработки в течение 3–5 мин. Необходимо отметить, что применение смеси пальмового и рапсового масел приводит к улучшению вкуса большинства обрабатываемых продуктов на основе растительного сырья. Температура застывания такой смеси, как показывают наши данные, меньше температуры застывания пальмового масла. Известно, что продукты, обжаренные на твердых жирах, имеют специфический привкус и поэтому их приходится употреблять в пищу только в горячем виде.

Исследования показывают, что бинарные системы, состоящие из смесей животных и растительных жиров, а также смесей различных растительных масел, способны смешиваться в любых соотношениях, поскольку все они являются триглицеридами. Системы, состоящие из смесей растительных и животных жиров, имеют более низкие температуры застывания, по сравнению с системами, образованными смесями животных жиров, что облегчает их технологическое использование.

Правильное питание является одним из важных факторов в профилактике заболеваний, а как следствие повышение работоспособности [9]. Молочный жир, как наиболее сбалансированный природой продукт, пригодный для человека, может использоваться в качестве продукта сравнения, как это представлено в **таблице 1**, к которому следует приближать липидный состав новых пищевых композиций, включающих жиры различного происхождения [1, 4, 5]. Применение различных жиров

и масел в составе пищевой продукции делает важной задачу контроля их состава на предмет возможной фальсификации. Это особенно актуально из-за многочисленных фактов замены более дорогостоящих масел или молочного жира на дешевое растительное сырье.

Использование различных видов животного и растительного сырья для производства современных продуктов питания позволяет не только варьировать питательную ценность, но и регулировать жирнокислотную сбалансированность, придавая традиционным продуктам функциональные свойства.

📞 КОНТАКТЫ:

Любецкая Танзиля Рафаиловна

✉ ltanzilya@yandex.ru

Бронникова Валентина Викторовна

✉ vbronnikova@rucoop.ru

Прошина Ольга Петровна

✉ proshina@mgul.ac.ru

Фадеев Герман Николаевич

✉ gerfad@mail.ru

Болдырев Вениамин Станиславович

✉ veniamin_bk@mail.ru

Иванкин Андрей Николаевич

✉ aivankin@mgul.ac.ru

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Иванкин, А.Н. Жиры в составе современных мясных продуктов / А.Н. Иванкин // Мясная индустрия. – 2007. – № 6. – С. 8–13.
- Неклюдов, А.Д. Биохимическая переработка жиров и масел в липидные композиции с улучшенными биологическими и физико-химическими свойствами / А.Д. Неклюдов, А.Н. Иванкин // Прикладная биохимия и микробиология. – 2002. – Т. 38. – № 5. – С. 42–48.
- Бронникова, В.В. Изучение процессов кристаллизации молочного и немолочного жиров с целью улучшения пластичности масла / В.В. Бронникова // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. – 2010. – № 6. – С. 83–86.
- Бронникова, В.В. Особенности производства комбинированных молочных продуктов на основе молочного жира / В.В. Бронникова // Обзорная информация. – М.: АгроНИИТЭИММП, 1987. – 46 с.
- Любецкая, Т.Р. Улучшение качества макаронных изделий быстрого приготовления для использования в сети fast-food / Т.Р. Любецкая, В.В. Бронникова // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики, 2014. – № 5. – С. 137–141.
- Шильман, Л.З. Физико-химические изменения жиров при использовании их в общественном питании: Монография / Л.З. Шильман. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. – 115 с.
- Дубцов, Г.Г. Повышение потребительских свойств макаронных изделий быстрого приготовления для предприятий общественного питания / Г.Г. Дубцов, Т.Р. Любецкая; ред. Г.Г. Дубцова. – Ярославль-Москва: Изд. «Канцлер», 2016. – 160 с.
- Куликовский, А.В. Методы аналитического контроля в практике пищевых лабораторий / А.В. Куликовский, И.М. Чернуха, О.А. Кузнецова, А.Н. Иванкин // Все о мясе. – 2015. – № 6. – С. 24–27.
- Скиба, Г.С. Практикум по физической химии: Фазовые и химические равновесия. Химическая кинетика: учеб. пособие / Г.С. Скиба. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2007. – 136 с.
- Прошина, О.П. Оценка качества плодов сливы после дефростации / О.П. Прошина, В.В. Бронникова, А.Н. Иванкин, А.Н. Зарубина // Успехи современной науки и образования. – 2016. – № 8 (3). – С. 22–27.
- Иванкин, А.Н. Кинетика получения биодизеля каталитической трансформацией растительных липидов в этиловые эфиры жирных кислот / А.Н. Иванкин, О.П. Прошина, Г.Л. Олиференко, В.И. Панферов, М.И. Бабурина // Лесной вестник. – 2014. – № 4. – С. 138–145.
- Иванкин, А.Н. Жидкое биотопливо из растительного и животного сырья: технические и экономические аспекты / А.Н. Иванкин, О.П. Прошина, Д.Г. Горюхов, М.И. Бабурина // Лесной вестник. – 2010. – № 4. – С. 74–78.

REFERENCES:

- Ivankin, A.N. Dgiri v sostave sovremennih miasnih produktov [Fats in the composition of modern meat products] / A.N. Ivankin // Miasnaya Industriya. – 2007. – № 6. – P. 8–13.
- Neklyudov, A.D., Biokhicheskaya pererabotka dgirov i masel v lipidnie kompozitsii s uluchshennimi biologicheskimi svoystvami [Biochemical processing of fats and oils in lipid compositions with improved biological and physicochemical properties] // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2002. – Vol. 38. – No 5. – P. 42–48.
- Bronnikova, V.V. Izucheniye processov kristallizatsii molochnogo i nemolochnogo dgirov s celyu uluchsheniya plastichnosti masla [Study of the processes of crystallization of dairy and non-dairy fats in order to improve the plasticity of the oil] / V.V. Bronnikova // Fundamental and applied research of the cooperative sector of the economy. – 2010. – No 6. – P. 83–86.
- Bronnikova, V.V. Osobennosti proizvodstva kombinirovannyh molochnih produktov na osnove molochnogo dgira [Features of the production of combined dairy products based on milk fat] / V.V. Bronnikova // Obzornaya informatsia. – Moscow: Agri- NIITEMMP, 1987. – 46 p.
- Lyubetskaya, T.R. Uluchsheniye kachestva makaronnich izdeli bistrogo prigotovleniya dlya ispolzovaniya v seti fast-food [Improving the quality of fast food pasta for use in fast-food chains] / T.R. Lyubetskaya, V.V. Bronnikova // Fundamental and applied research of the cooperative sector of the economy. – 2014. – No 5. – P. 137–141.
- Shilman, L.Z. Fiziko-himicheskie izmeneniya dgirov v obshchestvennom pitanii: Monografiya [Physico-chemical changes in fats when using them in public catering: Monograph] / L.Z. Shilman. – Saratov: FGOU VPO «Saratovskiy GAU», 2003. – 115 p.
- Dubtsov, G.G. Povisheniye potrebitelskih svoystv makaronnich izdeli bistrogo prigotovleniya dlya predpriyatii obshchestvennogo pitania [Increase of consumer properties of fast food pasta for public catering establishments] / G.G. Dubtsov. – Yaroslavl-Moscow: Kantsler, 2016. – 160 p.
- Kulikovskiy, A.V. Metodi analiticheskogo kontrolya v praktike pishhevih laboratoriy [Methods of analytical control in practice of food laboratory] / A.V. Kulikovskiy, I.M. Tchernukha, O.V. Kuznetsova, A.N. Ivankin // Vsyo o myase. – 2015. – No 6. – P. 24–27.
- Skiba, G.S. Praktikum po fizicheskoi khimii: Fazovie i himicheskie ravnovesiya [Practical work on physical chemistry: Phase and chemical equilibria. Chemical kinetics: a tutorial] / G.S. Skiba. – Murmansk: MG TU, 2007. – 136 p.
- Proshina, O.P. Otsenka kachestva plodov slivi posle defrostatsii [Assessment of the quality of plum fruit after defrosting] / O.P. Proshina, V.V. Bronnikova, A.N. Ivankin, A.N. Zarubina // The successes of modern science and education. – 2016. – No 8 (3). – P. 22–27.
- Ivankin, A.N. Kinetika polucheniya biodizelya kataliticheskoy transformatsiei rastitelnykh lipidov v etilovye efiry dgirnykh kislot [Kinetics of biodiesel production by catalytic transformation of plant lipids into ethyl esters of fatty acids] / A.N. Ivankin, O.P. Proshina, G.L. Oliferenko, V.I. Panferov, M.I. Baburina // Forest Herald. – 2014. – No 4. – P. 138–145.
- Ivankin, A.N. Dgidkoe biotoplivo iz rastitel'nogo i dgivotnogo siria: tehnicheckie i ekonomicheskie aspekti [Liquid biofuel from plant and animal raw materials: technical and economic aspects] / A.N. Ivankin, O.P. Proshina, D.G. Gorokhov, M.I. Baburina // Forest Herald. – 2010. – No 4. – P. 74–78.