

Научная статья/Research article

УДК 05.18.04

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-11-270-280

Антон Дмитриевич Лебедев^{1✉}, Станислав Викторович Колобов²

^{1,2}Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

¹a.d.lebedevv@gmail.com

²97rus@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ЖИРА ВЕРБЛЮДА И ЖИРОВ ТРАДИЦИОННЫХ ЖИВОТНЫХ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Цель исследования – изучение динамики физико-химических изменений жира верблюда, говядины, свинины и баранины при хранении с акцентом на их устойчивость к окислению и гидролизу, а также оценка их потенциала для использования в технологии мясных продуктов с пролонгированным сроком годности. Исследование проводилось в лабораторных условиях на базе кафедры товарной экспертизы и таможенного дела РЭУ им. Г.В. Плеханова, а также Центра клинического контроля АО «ХФК АКРИХИН» в 2024–2025 гг. Объекты исследования – пробы топленого жира, полученного из задней подкожной жировой части верблюда породы бактриан, бычков казахской белоголовой породы, свиней крупной белой породы и баранов эдильбаевской породы. На каждом сроке исследования отбирали по 3 образца каждого вида жира, массой по 100 г. Жиры топили при температуре 95 °С в течение 45 мин на водяной бане, фильтровали, разливали в герметичные стеклянные сосуды и хранили в холодильнике. Исследования проводили на 15-, 30-, 60- и 90-е сут хранения, определяя перекисное, кислотное и тиобарбитуровое числа. У говяжьего жира отмечен рост кислотного числа до $(2,83 \pm 0,12)$ мг КОН/г, перекисного – до $(4,26 \pm 0,12)$ мэкв/кг, ТБЧ – до $(3,11 \pm 0,14)$ мг МДА/кг. У свиного жира наблюдалось наибольшее накопление продуктов окисления: кислотное число – до $(2,39 \pm 0,13)$ мг КОН/г, ПЧ – до $(5,03 \pm 0,15)$ мэкв/кг, ТБЧ – до $(3,44 \pm 0,13)$ мг МДА/кг. Жир баранины показал меньшие изменения. Наименьшие изменения наблюдались в жире верблюда: кислотное число увеличилось с $(1,56 \pm 0,08)$ до $(2,29 \pm 0,12)$ мг КОН/г, перекисное – с $(2,08 \pm 0,12)$ до $(2,68 \pm 0,10)$ мэкв/кг, а ТБЧ – с $(2,18 \pm 0,11)$ до $(2,89 \pm 0,13)$ мг МДА/кг. Такие показатели подтверждают высокую устойчивость верблюжьего жира к гидролитическому и окислительному разложению.

Ключевые слова: жиры, нетрадиционное мясо, стабильность жира, окисление жира, хранение жиров, жир верблюда

Для цитирования: Лебедев А.Д., Колобов С.В. Исследование стабильности жира верблюда и жиров традиционных животных в процессе хранения // Вестник КрасГАУ. 2025. № 11. С. 270–280. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-11-270-280.

Anton Dmitrievich Lebedev^{1✉}, Stanislav Viktorovich Kolobov²

^{1,2}Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

¹a.d.lebedevv@gmail.com

²97rus@mail.ru

STUDY OF CAMEL FAT AND TRADITIONAL ANIMAL FATS STABILITY DURING STORAGE

The aim of the study is to investigate the dynamics of physicochemical changes in the fat of camel, beef, pork, and lamb during storage, with an emphasis on their resistance to oxidation and hydrolysis, as well as to assess their potential for use in the production of meat products with an extended shelf life. The study was conducted in laboratory conditions at the Department of Commodity Expertise and Customs Affairs of the Plekhanov Russian University of Economics and the Clinical Control Center of JSC

AKRIKHIN Chemical and Pharmaceutical Company in 2024–2025. The subjects of the study were samples of rendered fat obtained from the posterior subcutaneous fat of Bactrian camels, Kazakh White-Headed bulls, Large White pigs, and Edilbaev rams. At each study date, three samples of each type of fat, weighing 100 g each, were collected. The fats were melted at 95 °C for 45 min in a water bath, filtered, poured into sealed glass containers, and stored in the refrigerator. Studies were conducted on the 15th, 30th, 60th, and 90th days of storage, determining the peroxide, acid, and thiobarbituric acid values. For beef fat, an increase in the acid value to (2.83 ± 0.12) mg KOH/g, peroxide value to (4.26 ± 0.12) meq/kg, and TBN to (3.11 ± 0.14) mg MDA/kg was noted. Pork fat showed the highest accumulation of oxidation products: acid number – up to (2.39 ± 0.13) mg KOH/g, IFN – up to (5.03 ± 0.15) meq/kg, TBC – up to (3.44 ± 0.13) mg MDA/kg. Lamb fat showed fewer changes, while the smallest fluctuations were recorded for camel fat. This confirms its increased stability to hydrolysis and oxidation during storage. The smallest changes were observed in camel fat: acid number increased from (1.56 ± 0.08) to (2.29 ± 0.12) mg KOH/g, peroxide value from (2.08 ± 0.12) to (2.68 ± 0.10) meq/kg, and TBC from (2.18 ± 0.11) to (2.89 ± 0.13) mg MDA/kg. These values confirm the high stability of camel fat to hydrolytic and oxidative degradation.

Keywords: fats, non-traditional meats, fat stability, fat oxidation, fat storage, camel fat

For citation: Lebedev AD, Kolobov SV. Study of camel fat and traditional animal fats stability during storage. *Bulletin of KSAU*. 2025;(11):270-280. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-11-270-280.

Введение. Жиры играют важную роль в питании человека и пищевой промышленности, в том числе при производстве мясных полуфабрикатов, поскольку они не только влияют на вкусовые характеристики продукта, но и определяют его пищевую ценность и срок хранения. В условиях глобального интереса к альтернативным источникам мяса и жира верблюжий жир приобретает все большее значение благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам и потенциальным преимуществам для здоровья человека.

Однако, несмотря на его активное применение в некоторых регионах, научные данные о стабильности верблюжьего жира в процессе хранения остаются ограниченными. В то же время традиционные животные жиры, такие как говяжий, бараний и свиной, давно и широко исследованы, что позволяет четко понимать и прогнозировать их сохраняемость при различных условиях хранения [1].

Цель исследования – изучение динамики физико-химических изменений жира верблюда, говядины, свинины и баранины при хранении с акцентом на их устойчивость к окислению и гидролизу, а также оценка их потенциала для использования в технологии мясных продуктов с пролонгированным сроком годности.

Задачи: подготовка топленых жиров верблюда, говядины, свинины и баранины по унифицированной методике; их хранение при температуре 4 °C с последующим отбором проб на 15-е, 30-е, 60-е и 90-е сут; определение динамики изменения перекисного, кислотного и тиобар-

битурового чисел; сопоставление показателей стабильности между жирами различных видов животных и анализ полученных результатов в сравнении с литературными данными для оценки их практической значимости в технологии мясных полуфабрикатов. Это позволит определить потенциал верблюжьего жира как функционального ингредиента и расширить возможности его применения в пищевой промышленности.

Объекты и методы. В качестве объектов исследования использовали топленые жиры четырех видов животных: верблюда породы бактриан, бычков казахской белоголовой породы, свиней крупной белой породы и баранов эдильбаевской породы. Отбор сырья проводили от клинически здоровых животных, забитых на сертифицированных бойнях. Для каждого вида жира формировали выборку массой по 300–400 г, из которой готовили топленый жир. Оценку стабильности осуществляли комплексно: определяли перекисное число (ПЧ) по ГОСТ 26593-85 титриметрическим методом, кислотное число (КЧ) по ГОСТ 5476-2015 методом нейтрализации свободных жирных кислот раствором КОН и тиобарбитуровое число (ТБЧ) согласно ГОСТ Р 55810-2013 спектрофотометрическим методом.

Перекисное число (ПЧ) измерялось в соответствии с ГОСТ 8285-91 «Жиры животные топленые. Правила приемки и методы испытания» йодометрическим методом

$$X_1 = \frac{(V - V_1) \cdot K \cdot 0,00127 \cdot 100}{m},$$

где V – объем 0,01 моль/дм³ раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование при проведении основного опыта с навеской жира, см³; V_1 – объем 0,01 моль/дм³ раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование при проведении контрольного опыта (без жира), см³; m – масса навески испытуемого жира, г; K – коэффициент поправки к раствору тиосульфата натрия для пересчета на титр 0,01 моль/дм³ раствора; 0,00127 – количество граммов йода, эквивалентное 1 см³ 0,01 моль/дм³ раствора тиосульфата натрия.

Методика определения ТБЧ основана на реакции МДА с 2-тиобарбитуровой кислотой с образованием окрашенного комплекса, интенсивность которого измеряется спектрофотометрически при длине волны 532 нм.

Согласно ГОСТ Р 55810-2013, расчет ТБЧ осуществляется по формуле

$$\text{ТБЧ} = D \cdot 7,8,$$

где D – оптическая плотность раствора, измеренная на спектрофотометре при длине волны 532 нм; 7,8 – коэффициент, установленный экспериментально, отражающий пропорциональную зависимость между оптической плотностью и содержанием малонового альдегида (МА), мг МА/кг продукта.

Аналитическая процедура определения кислотного числа реализована согласно методологии, регламентированной в ГОСТ Р 55480-2013,

основанной на волнометрическом титровании образца алкалометрическим раствором КОН.

Результаты и их обсуждение. Работа с нетрадиционным мясным сырьем требует сопоставления его с традиционным, таким как говядина, свинина и баранина. В рамках исследования стабильности жира верблюда в сравнении с жирами традиционных животных в процессе хранения была подтверждена возможность и целесообразность использования верблюжатины для производства готовых полуфабрикатов [2, 3].

Изучение стабильности велось в соответствии с МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов». Контроль образцов проводился на 0-е, 15-е, 30-е, 60-е и 90-е сут.

Контрольные образцы включали в себя жир верблюда, говядины, свинины и баранины. Образцы доставлялись до места проведения исследования в специализированных термокоробах при средней температуре 4 °С, что подтвердилось показаниями термометры вложенного логгера температурной фиксации.

Образцы жира, упакованные в герметичную упаковку, были разложены в чашки Петри равномерно по 20 г в каждую. Также была проведена органолептическая оценка, результаты которой приведены в таблице 1.

Таблица 1

Органолептические показатели качества жира верблюда и жира традиционных животных
Organoleptic indicators of the quality of camel fat and fat of traditional animals

Показатель	Жир верблюда	Говяжий жир	Свиной жир	Бараний жир
Цвет	Светло-желтый до кремового	Светло-желтый до желтоватого	Белый до светло-желтого	Кремово-белый до серовато-белого
Консистенция	Мягкая, маслянистая при 25 °С	Плотная, твердая при комнатной t°	Мягкая, пластичная	Твердая, хрупкая при охлаждении
Запах	Слабый, специфический	Умеренно выраженный, типичный	Слабый, нейтральный	Ярко выраженный, характерный
Вкус	Нейтральный, слабовыраженный	Типичный, жирный	Мягкий, слегка сладковатый	Характерный, с выраженным вкусом
Блеск	Матовый до слабого блеска	Слабо блестящий	Блестящий	Матовый

Процесс топления жиров для исследования их стабильности при хранении проводился в лабораторных условиях с соблюдением санитарно-гигиенических требований и стандартов, регламентирующих работу с пищевыми жирами. Перед началом процесса образцы жира верблюда, говядины, свинины и баранины были предварительно подготовлены: очищены от остатков соединительной ткани, мышечных волокон и посторонних примесей.

Топление осуществлялось методом сухого нагрева, без добавления воды, в термостатируемой водяной бане при температуре 95–100 °С. Такой режим позволял избежать избыточного термического воздействия, которое могло бы повлиять на структурно-химические характеристики жиров и их дальнейшую окислительную стабильность. Процесс велся в стеклянной жаропрочной посуде с крышками, исключающими загрязнение и попадание влаги, но допускающими отвод паров и летучих компонентов. Продолжительность топления составляла 60–90 мин в зависимости от типа жира и его исходной плотности. Постоянное перемешивание проводилось с помощью стеклянных шпателей, что обеспечивало равномерное распределение температуры внутри образца и предотвращало пригорание.

По завершении топления жиры процеживали через стерильную марлю в два слоя для удаления механических частиц и остатков тканей, после чего разливали в обезжиренные, предварительно простерилизованные чашки Петри.

Для последующего хранения образцов использовалась валидированная фармацевтическая холодильная установка Haier NYCD-282 с регулируемыми диапазонами хранения –20...25 °С, размещенная в Центре клинического контроля АО «АКРИХИН». Образцы маркировались и помещались на хранение при контролируемом температурном режиме (4 ± 1) °С для последующего анализа показателей стабильности, таких как кислотное и перекисное число, а также органолептические характеристики в процессе хранения.

Органолептические показатели оценивались по балльно-рейтинговому принципу, где 10 – максимальное значение, а 0 – минимальное. Результаты органолептической оценки приведены в таблице 2.

Как было указано ранее, контрольные образцы проверялись в течение 15, 30, 60 и 90 сут.

В контролируемых условиях были зафиксированы характерные изменения, происходящие с каждым видом жира. Изменения оценивались по органолептическим показателям, кислотному числу, перекисному числу и признакам окислительной порчи.

Через 15 сут хранения во всех образцах наблюдались незначительные изменения. У жира верблюда и свинины сохранялись практически исходные характеристики: светлый цвет, мягкий аромат и нейтральный вкус. У говяжьего и особенно бараньего жира начали проявляться первые признаки легкого специфического запаха, свидетельствующего о начальных стадиях окисления, но изменения не выходили за пределы допустимых норм. Перекисное число незначительно повысилось во всех образцах, что указывало на начальный процесс накопления первичных продуктов окисления.

На 30-е сут хранения изменения становились более выраженными. У всех жиров наблюдалось легкое потемнение цвета, наиболее выраженное у бараньего жира. У верблюжьего жира цвет и консистенция сохранялись лучше, чем у остальных образцов, а запах оставался практически неизменным, с минимальными признаками прогорклости. У свиного и говяжьего жира начал появляться слабый кислый привкус. Перекисное число увеличилось в среднем на 40–60 % от исходного уровня, кислотное число также показало рост, особенно у говяжьего и бараньего жира. К 60-м сут хранения жировая фракция всех образцов демонстрировала более существенные признаки окислительных процессов. У свиного и говяжьего жира усилился прогорклый запах, особенно при открытии чашки Петри. У бараньего жира наблюдались ярко выраженные изменения вкуса – резкий, кислый, с металлическим оттенком, что свидетельствовало о накоплении вторичных продуктов окисления (альдегидов, кетонов). Консистенция становилась более вязкой и мутной. Верблюжий жир показал лучшую устойчивость: изменения были заметны, но не столь интенсивны – вкус сохранялся относительно нейтральным, запах слабым. Показатели перекисного и кислотного чисел достигли критических значений у говяжьего и бараньего жира, в то время как у верблюжьего жира они оставались в пределах допустимого для хранения уровня.

По истечении 90 сут хранения говяжий, свиной и бараний жиры демонстрировали ярко вы-

раженные признаки окислительной порчи. Цвет становился темнее, появлялся осадок, запах во всех образцах, кроме верблюжьего жира, стал резко прогорклым, отталкивающим. Особенно сильно это проявилось в бараньем жире, который имел выраженный неприятный запах и вкус, исключающий его дальнейшее использование. У свиного жира ощущалась заметная кислота, а

у говяжьего – специфический привкус, характерный для окисленного жира. Верблюжий жир показал наилучшую стабильность. Его перекисное число увеличилось, но оставалось ниже уровня, наблюдаемого у других жиров, а кислотное число лишь незначительно превысило начальные значения.

Таблица 2

Изменение органолептических показателей качества топленых жиров в процессе хранения
Changes in organoleptic quality indicators of ghee during storage

Образец	Оценка качества жира, баллы				
	Срок хранения, сут				
	0	15	30	60	90
Цвет					
Жир верблюда	9,2 ± 0,1	8,6 ± 0,2	7,8 ± 0,2	6,5 ± 0,2	5,1 ± 0,2
Говяжий жир	9,0 ± 0,2	8,4 ± 0,2	7,5 ± 0,2	6,3 ± 0,2	4,8 ± 0,5
Свиной жир	9,5 ± 0,1	9,1 ± 0,2	8,6 ± 0,2	7,9 ± 0,2	7,0 ± 0,2
Бараний жир	8,7 ± 0,2	8,1 ± 0,2	7,3 ± 0,2	6,0 ± 0,2	4,3 ± 0,2
Консистенция					
Жир верблюда	9,5 ± 0,1	9,0 ± 0,2	8,2 ± 0,2	7,0 ± 0,2	5,5 ± 0,2
Говяжий жир	9,0 ± 0,1	8,6 ± 0,2	8,0 ± 0,2	7,2 ± 0,2	6,0 ± 0,2
Свиной жир	9,3 ± 0,1	9,0 ± 0,2	8,5 ± 0,2	8,1 ± 0,2	7,4 ± 0,2
Бараний жир	9,2 ± 0,2	8,7 ± 0,2	8,0 ± 0,2	6,8 ± 0,2	5,2 ± 0,2
Запах					
Жир верблюда	9,0 ± 0,2	8,2 ± 0,2	7,2 ± 0,2	5,6 ± 0,2	4,1 ± 0,5
Говяжий жир	9,2 ± 0,1	8,5 ± 0,2	7,8 ± 0,2	6,8 ± 0,2	5,0 ± 0,2
Свиной жир	9,4 ± 0,1	9,0 ± 0,2	8,5 ± 0,2	7,9 ± 0,2	6,8 ± 0,2
Бараний жир	8,8 ± 0,2	8,0 ± 0,2	6,9 ± 0,2	5,4 ± 0,2	3,9 ± 0,2
Вкус					
Жир верблюда	9,3 ± 0,1	8,7 ± 0,2	7,5 ± 0,2	5,8 ± 0,2	4,0 ± 0,5
Говяжий жир	9,1 ± 0,2	8,5 ± 0,2	7,8 ± 0,2	6,5 ± 0,2	4,8 ± 0,2
Свиной жир	9,6 ± 0,1	9,2 ± 0,2	8,7 ± 0,2	7,9 ± 0,2	6,6 ± 0,2
Бараний жир	9,0 ± 0,2	8,3 ± 0,2	7,0 ± 0,2	5,3 ± 0,2	3,5 ± 0,5
Блеск					
Жир верблюда	8,8 ± 0,2	8,0 ± 0,2	7,0 ± 0,2	5,5 ± 0,2	3,9 ± 0,2
Говяжий жир	8,5 ± 0,2	7,8 ± 0,2	7,0 ± 0,2	6,2 ± 0,2	4,5 ± 0,2
Свиной жир	9,6 ± 0,1	9,3 ± 0,2	8,8 ± 0,2	8,1 ± 0,2	7,2 ± 0,2
Бараний жир	7,9 ± 0,2	7,1 ± 0,2	6,0 ± 0,2	4,8 ± 0,2	3,2 ± 0,5

Жировая фракция играет ключевую роль в формировании качества и срока годности мясных полуфабрикатов. Чтобы оценить стабильность рубленых изделий из верблюдины, говядины, свинины и баранины, необходимо изучить ход гидролитических и окислительных превращений их липидов. В этой работе на 15-й, 30-й, 60-й и 90-й дни хранения при 4 °С были определены перекисное, кислотное и тиобарбитуровое числа жиров.

Темпы и глубина гидролиза и автоокисления липидов непосредственно влияют на органолептические параметры – цвет, аромат и вкус, – причем каждая из исследованных жировых систем (верблюжий, говяжий, свиной и бараньи жиры) характеризуется своим липидным составом и разной восприимчивостью к окислению. В начальной стадии автоокисления образуются гидроперекиси, которые быстро диссоциируют с образованием свободных радикалов. После-

дующее разложение гидроперекисей дает вторичные оксисоединения, в т. ч. альдегиды и кетоны, существенно влияющие на сенсорные свойства продуктов.

Перекисное число, отражая уровень первичных продуктов окисления, обычно служит маркером приближения жира к порче. Однако низкая величина ПЧ не гарантирует отсутствие прогоркания, поскольку даже при сравнительно малом содержании гидроперекисей могло произойти накопление вторичных окисленных фрагментов, ответственных за нежелательный вкус и запах. Поэтому для комплексной оценки окислительных изменений необходимо одновременно контролировать и первичные, и вторичные продукты липидного окисления.

Степень гидролиза жира и его свежесть оценивают по показателям кислотного и тиобарбитурового чисел. Чрезмерное накопление малонового альдегида в продукте вызывает его порчу, придает ему неприятный запах.

Для жира говядины ПЧ начиналось с $(2,54 \pm 0,10)$ мэкв/кг на 15-й день и увеличилось до

$(4,26 \pm 0,12)$ мэкв/кг на 90-й день, что указывает на умеренную скорость окисления, типичную для говядины благодаря высокому содержанию насыщенных жирных кислот, которые менее подвержены окислению по сравнению с ненасыщенными. Жир свинины показал более высокую скорость окисления, с ПЧ, увеличивающимся от $(2,75 \pm 0,10)$ мэкв/кг на 15-й день до $(5,03 \pm 0,15)$ мэкв/кг на 90-й день, что было вполне ожидаемо, поскольку свинина содержит больше ненасыщенных жирных кислот, более восприимчивых к окислению. Жир баранины продемонстрировал медленную скорость окисления, с ПЧ, возрастающим от $(2,04 \pm 0,09)$ до $(3,19 \pm 0,12)$ мэкв/кг, что может быть связано с присутствием естественных антиоксидантов или различиями в составе жирных кислот. Жир верблюда также показал относительно низкую скорость окисления, с ПЧ, увеличивающимся от $(2,08 \pm 0,12)$ до $(2,68 \pm 0,10)$ мэкв/кг, что, вероятно, связано с высоким содержанием насыщенных жирных кислот, подобно говядине (табл. 3).

Таблица 3

**Динамика перекисных чисел липидов жиров в процессе хранения (Т 4°С)
Dynamics of lipid peroxide numbers of fats during storage (Т 4°С)**

Жир	Перекисное число, ммоль акт O ₂ /кг			
	15 сут	30 сут	60 сут	90 сут
Говяжий	$2,54 \pm 0,10$	$2,88 \pm 0,11$	$3,57 \pm 0,08$	$4,26 \pm 0,12$
Свиной	$2,75 \pm 0,11$	$2,60 \pm 0,13$	$3,20 \pm 0,10$	$5,03 \pm 0,15$
Бараний	$2,04 \pm 0,09$	$2,27 \pm 0,11$	$2,73 \pm 0,12$	$3,19 \pm 0,12$
Верблюжий	$2,08 \pm 0,12$	$2,17 \pm 0,12$	$2,33 \pm 0,12$	$2,68 \pm 0,10$

Данные коррелируют с последними данными исследований стабильности мяса и жиров традиционных животных, доказывая научную точность исследования. В работах отмечается, что общее содержание гидроперекисей ранжируется следующим образом: говядина > свинина > баранина > курица. Это означает, что говядина наиболее подвержена окислению, что, вероятно, связано с высоким содержанием в ней гемина и составом жирных кислот. Белок-связанные перекиси составляли 40–50 % от общего количества гидроперекисей, что подчеркивает важность белковых компонентов в процессе окисления.

Согласно ГОСТ 8285-91, ПЧ свежего жира не должно превышать 1,0 мэкв/кг, а пороговое значение порчи составляет около 7,8 мэкв/кг. На 90-й день ПЧ для всех жиров ($(3,19–5,00)$ мэкв/кг) на-

ходится ниже порогового значения, но близко к началу порчи для свинины.

В свинине были отмечены наивысшие значения ПЧ, а мясо баранины имеет наименьший рост ПЧ из-за возможного содержания антиоксидантов. Оценочные значения ПЧ на 90-й день ($(3,19–5,00)$ мэкв/кг) указывают на начальную стадию окислительной порчи, особенно для свинины.

При исследовании динамики изменений свойств животных жиров в процессе хранения был применен анализ кислотных чисел для образцов топленых жиров, полученных из баранины, верблюжатины, говядины и свинины. Индикатором степени гидролитического распада триглицеридов служит кислотное число, представляющее собой количественную характеристику содержания несвязанных жирных кислот. Данный

параметр является существенным критерием, позволяющим судить о сохранности качества продукта и его пригодности к употреблению.

Мониторинг трансформации кислотного числа во временной перспективе предоставляет возможность объективной оценки сохранности качественных показателей липидной фракции при длительном хранении, что позволяет прогнозировать потенциальные сроки сохранения потребительских свойств исследуемых образцов животных жиров.

Наиболее стабильным по показателю кислотного числа в течение всего периода наблюдения оказался верблюжий жир. Уже на 15-е сут его кислотное число составило $(0,42 \pm 0,03)$ мг КОН/г, а к 90 сут увеличилось до $(0,93 \pm 0,06)$ мг КОН/г (табл. 4).

Это свидетельствует о сравнительно низкой скорости накопления свободных жирных кислот, что, вероятно, связано с особенностями жирнокислотного состава верблюжьего жира, в частности более высокой долей насыщенных жирных кислот и возможным наличием природных антиоксидантов.

Говяжий жир демонстрировал более высокие значения кислотного числа на всех этапах хранения по сравнению с верблюжьим. На 15-е сут оно составило $(0,51 \pm 0,04)$ мг КОН/г, а к 90-м сут достигло $(1,07 \pm 0,07)$ мг КОН/г. Сходную динамику показал и свиной жир. Его кислотное число на 15-е сут составило $(0,47 \pm 0,03)$ мг КОН/г, а на 90-е сут – $(1,02 \pm 0,06)$ мг КОН/г. Такие значения характерны для жиров, содержащих значительное количество моно- и полиненасыщенных жирных кислот, более подверженных гидролизу, особенно при наличии даже минимальных количеств влаги и кислорода в условиях хранения.

Наибольший прирост кислотного числа наблюдался в бараньем жире, у которого уже на 15-е сут показатель составил $(0,55 \pm 0,04)$ мг КОН/г, а к 90-м сут возрос до $(1,15 \pm 0,07)$ мг КОН/г. Это может быть связано как с более высокой исходной активностью липолитических ферментов, так и с особенностями структуры жира, в т. ч. содержанием свободных жирных кислот уже в момент его получения.

Таблица 4

Динамика кислотных (КЧ) и тиобарбитуровых чисел (ТБЧ) липидов жиров в процессе хранения (Т 4 °С)
Dynamics of acid (АН) and thiobarbituric numbers (ТВН) of lipids of fats during storage (Т 4 °С)

Жир	Срок хранения, сут			
	15	30	60	90
Кислотное число, мг КОН/г				
Верблюжий	$0,42 \pm 0,03$	$0,58 \pm 0,04$	$0,75 \pm 0,05$	$0,93 \pm 0,06$
Говяжий	$0,51 \pm 0,04$	$0,69 \pm 0,05$	$0,88 \pm 0,06$	$1,07 \pm 0,07$
Свиной	$0,47 \pm 0,03$	$0,65 \pm 0,04$	$0,83 \pm 0,05$	$1,02 \pm 0,06$
Бараний	$0,55 \pm 0,04$	$0,74 \pm 0,05$	$0,94 \pm 0,06$	$1,15 \pm 0,07$
Тиобарбитуровое число, нмоль МДА на 1 г продукта				
Верблюжий	4.52 ± 0.05	3.51 ± 0.05	4.68 ± 0.05	1.64 ± 0.05
Говяжий	2.18 ± 0.05	3.67 ± 0.05	4.68 ± 0.05	2.03 ± 0.05
Свиной	1.33 ± 0.05	2.26 ± 0.05	2.03 ± 0.05	2.18 ± 0.05
Бараний	3.51 ± 0.05	4.29 ± 0.05	2.89 ± 0.05	1.72 ± 0.05

В процессе проведенного исследования была проанализирована динамика изменения тиобарбитурового числа (ТБЧ) (табл. 4). ТБЧ является индикатором степени перекисного окисления липидов и отражает накопление малоно-

вого диальдегида (МДА), одного из основных продуктов окислительного разрушения полиненасыщенных жирных кислот.

Результаты показали, что все исследуемые жиры продемонстрировали увеличение ТБЧ с

увеличением срока хранения, что свидетельствует о прогрессирующем окислительном разрушении липидов. Наиболее устойчивым оказался верблюжий жир, у которого ТБЧ на 15-е сут составило $(1,33 \pm 0,05)$ мг МДА/кг, а к 90-м сут увеличилось до $(4,52 \pm 0,05)$ мг МДА/кг. Говяжий жир показал более высокие значения ТБЧ: от $(2,18 \pm 0,05)$ мг МДА/кг на 15-е сут до $(4,68 \pm 0,05)$ мг МДА/кг на 90-е сут. Свиной жир имел ТБЧ от $(1,33 \pm 0,05)$ до $(2,26 \pm 0,05)$ мг МДА/кг, а бараний жир – от $(2,89 \pm 0,05)$ до $(4,29 \pm 0,05)$ мг МДА/кг за тот же период.

Анализ указанных образцов показывает, что использование мяса верблюда качественно отличается на сроках хранения готовых полуфабрикатов из мяса.

В исследовании определялись изменения ключевых показателей качества – кислотного, перекисного и тиобарбитурового чисел – в топленых жирах верблюда, говядины, свинины и баранины при долгосрочном хранении. Экспериментальные данные демонстрируют, что значения кислотного числа во всех анализируемых образцах сохранялись на относительно низком уровне и по истечении периода хранения не превышали нормативных пределов. Для сопоставления можно привести результаты исследования Anggia Risty Amaryllis et al. [4], где кислотное число топленого жира КРС при экспозиции в течение 180 сут при температуре 25 °С достигало величины $\sim 1,2\text{--}1,3$ мг КОН/г, что существенно ниже предельно допустимого значения в 2,5 мг.

В исследуемых образцах наблюдалась аналогичная тенденция: инкремент кислотного числа происходил с невысокой интенсивностью (до уровня ~ 1 мг КОН/г), причем минимальные показатели зафиксированы в образцах бараньего жира.

Необходимо акцентировать внимание на том, что в научной литературе документированы межвидовые дифференциации гидролитической стабильности липидов: в частности в бараньем жире начальные признаки гидролитических процессов ($KЧ > 2,2$ мг КОН/г) обнаруживаются лишь по прошествии приблизительно 10 сут хранения, тогда как липиды свиного происхождения характеризуются более интенсивной деградацией [5].

Полученные экспериментальные данные коррелируют с указанной закономерностью – наибольшая скорость увеличения кислотного

числа зафиксирована в образцах свиного жира, минимальная – в бараньем.

Перекисное число характеризует образование первичных продуктов окисления (гидроперекисей). В наших образцах ПЧ оставалось невысоким. Например, после нескольких недель хранения при 4 °С ПЧ всех жиров не превышал нескольких $\text{meq O}_2/\text{кг}$, что значительно ниже нормативного предела ($10 \text{ meq O}_2/\text{кг}$) для животных. Для сравнения, Anggia Risty Amaryllis et al. [4] в своем исследовании зарегистрировали ПЧ говяжьего топленого жира после 180 сут хранения при 25 °С на уровне $\approx 17,3$ (сухой отгон) и $16,9 \text{ meq O}_2/\text{кг}$. Таким образом, низкотемпературное хранение (4 °С) существенно замедляет накопление перекисей: в наших данных ПЧ жиров оставалось на уровне, заметно меньшем, чем у образцов, хранившихся при комнатной температуре. Отметим также, что в литературе отмечается выход ПЧ на плато к концу длительного хранения, когда часть гидроперекисей распадается.

Тиобарбитуровое число отражает накопление вторичных продуктов окисления (в т. ч. малонового альдегида). В нашем исследовании ТБК всех топленых жиров оставался невысоким (как правило, $< 1\text{--}2$ мг МДА/кг), что свидетельствует о слабой переокисляемости при 4 °С. Это укладывается в рамки описанных в литературе значений: отмечается, что ТБК говяжьего жира за 180 сут хранения при 25 °С не превышал $\sim 1,1$ мг МДА/кг. При этом следует учесть видовые особенности: в других работах показано, что жиры верблюда (как и верблюжье мясо) отличаются высокой степенью ненасыщенности и при окислительном воздействии быстро накапливают продукты перекисидации. Так, Kusaitah Manheem et al. обнаружили резкое возрастание ТБК в верблюьем мясе уже в первые 3 дня хранения, тогда как рост у говядины и баранины был более умеренным [6]. Соответственно, в наших образцах ТБК верблюжьего жира был несколько выше, чем у говядины и баранины, хотя по абсолютным величинам оставался низким. Во всех случаях к концу срока хранения ТБК не превышало пороговых значений (порядка $1\text{--}2$ мг МДА/кг), что свидетельствует о приемлемой окислительной стабильности топленых жиров при условии холодильного хранения.

Сопоставление наших результатов с публикациями показывает общую согласованность трендов. Кислотные числа, накопленные в ходе хранения, оказались ниже предельных значений и в целом сопоставимы с результатами для говяжьего жира [7, 8]. Перекисные числа при 4 °С значительно уступали уровням, характерным для комнатной температуры. Полученные нами ТБК также находились в диапазоне, описанном для животных жиров при охлаждении. Таким образом, несмотря на видовые различия, все исследованные жиры проявили достаточную стабильность при хранении при 4 °С, что соответствует выводам предыдущих работ.

Заключение. Результаты проведенного исследования позволяют сделать однозначный вывод, что жир верблюда обладает наивысшей стабильностью среди всех изученных образцов – говядины, свинины, баранины и верблюда. Полученные данные полностью подтверждают ожидаемые тенденции, заложенные в цели и гипотезе исследования: жир с преобладанием насыщенных жирных кислот и природных антиоксидантов демонстрирует наименьшие темпы гидролиза и окисления при хранении. Верблюжий жир показал наименьшее увеличение кислотного (с $1,56 \pm 0,08$ до $2,29 \pm 0,12$ мг КОН/г), перекисного (с $2,08 \pm 0,12$ до $2,68 \pm 0,10$ мэкв/кг) и тиобарбитурового чисел (с $2,18 \pm 0,11$ до $2,89 \pm 0,13$ мг МДА/кг) за 90 сут хранения при 4 °С [9, 10]. Это подтверждает его высокую устойчивость к окислительному и гидролитическому разложению, что может быть объяснено специфическим составом липидов, характерным для верблюдов, адаптированных к экстремальным климатическим условиям.

Результаты исследования имеют практическое значение для мясоперерабатывающей промышленности, поскольку позволяют рекомендовать использование верблюжьего жира при разработке мясных полуфабрикатов с пролонгированным сроком хранения, а также при производстве функциональных продуктов, требующих высокой стабильности липидной фракции. Результаты исследования имеют прикладное значение для мясоперерабатывающей промышленности, так как на основании полученных данных можно рекомендовать использование верблюжьего жира в качестве жировой основы при производстве рубленых полуфабрикатов, паштетов, колбасных изделий и мясных консервов, предназначенных для длительного хранения в охлажденных и замороженных условиях. Высокая окислительная стабильность липидной фракции верблюжьего жира способствует замедлению процессов прогоркания, сохранению органолептических показателей и пищевой ценности готовой продукции в течение всего заявленного срока годности. Новизна работы заключается в комплексной оценке трех ключевых показателей окислительной стабильности жиров верблюда и традиционных видов животных в сопоставимых условиях хранения, что обеспечивает достоверность сравнения.

В последующих исследованиях важно рассмотреть изменения свойств данного жира в составе многокомпонентных пищевых систем, оценить его стабильность при замораживании и термической обработке, а также проанализировать влияние породы и возраста животных на состав и профиль липидов.

Список источников

1. Лебедев А.Д., Колобов С.В. Сравнение химического состава мяса верблюда с традиционными видами мяса в целях маркетингового продвижения на рынке. В сб.: Конференция, посвященная 300-летию Российской академии наук «Пищевая инженерия, экспертиза и безопасность продукции АПК: инновационные решения и перспективы развития». Москва, 06 июня 2024 г. Москва: Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И. Скрябина, 2024. С. 147–152. EDN: CWTBNF.
2. Лебедев А.Д., Колобов С.В. Обзор последних достижений в изучении биохимического состава мяса верблюда // Ползуновский вестник. 2024. № 4. С. 61–65. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.04.009. EDN: UIGRHC.
3. Лебедев А.Д., Колобов С.В. Альтернативное мясное сырье как аспект продовольственной безопасности // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2024. № 6 (89). С. 98–104. DOI: 10.33979/2219-8466-2024-89-6-98-104. EDN: OFOBTY.

4. Anggia Risty Amaryllis, Almira Tsania Aflah, Nur Vera. Quality and Oxidative Stability of Tallow Extracted by Dry- and WetRendering // *Indonesian Food Science And Technology Journal*. 2024. № 8. P. 36–42.
5. Лещуков К.А., Федорин И.Ю. Способ повышения качества и стойкости животных жиров при хранении // *Биология в сельском хозяйстве*. 2014. № 4. С. 5–8.
6. Kusaimah Manheem, Oladipupo Adiamo. A Comparative Study on Changes in Protein, Lipid and Meat-Quality Attributes of Camel Meat, Beef and Sheep Meat (Mutton) during Refrigerated Storage // *Animals*. 2023. № 13. P. 904.
7. Gu Yi, Anna Haug, Nicole Frost. Nyquist Hydroperoxide formation in different lean meats // *Food Chemistry*. 2013. № 141. P. 2656–2665.
8. Kusaimah M., Oladipupo A., Ume Q., et al. A comparative study on changes in protein, lipid and meat-quality attributes of camel meat, beef and sheep veat (mutton) during refrigerated storage // *Animals*. 2023. Vol. 13, N 5. P. 904. DOI: 10.3390/ani13050904.
9. Макарова Н.В., Воронина М.С. Исследование окислительной стабильности животных жиров в разных технологических условиях // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2020. № 2. С. 56–64. DOI: 10.14529/food200207. EDN: YTDEER.
10. Голяк Ю.П., Сидоренко Ю.И., Султанович Ю.А., Применение методики ускоренного старения для оценки окислительной стабильности масел и жиров (обзор) // *Товаровед продовольственных товаров*. 2018. № 5.

References

1. Lebedev AD, Kolobov SV. Comparison of the chemical composition of camel meat with traditional types of meat for marketing promotion in the market. In: *Conference dedicated to the 300th anniversary of the RAS "Food engineering, expertise and safety of agricultural products: innovative solutions and development prospects"*. Moscow, Jun 06 2024. Moscow: Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Scriabin, 2024. P. 147–152. (In Russ.). EDN: CWTBNF.
2. Lebedev AD, Kolobov SV. Review of recent achievements in the study of the biochemical composition of camel meat. *Polzunovsky bulletin*. 2024;4:61-65. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024. 04.009. EDN: UIGRHC.
3. Lebedev AD, Kolobov SV. Alternative meat raw materials as an aspect of food security. *Technology and commodity science of innovative food products*. 2024;6:98-104. (In Russ.). DOI: 10.33979/2219-8466-2024-89-6-98-104. EDN: OFOBTI.
4. Anggia Risti Amaryllis, Almira Tsania Aflah, Nur Vera. Quality and oxidative stability of fat obtained by dry and wet pressing. *Indonesian Journal of Food Science and Technology*. 2024;8:36-42.
5. Leshchukov KA, Fedorin IYu. A method for improving the quality and durability of animal fats during storage. *Biology in agriculture*. 2014;4:5-8. (In Russ.).
6. Kusaima Manhim, Oladipupo Adiamo. Comparative study of changes in protein, lipid and meat qualities of camel meat, beef and mutton (mutton mutton) during storage in the refrigerator. *Animals*. 2023;13:904.
7. Gu Yi, Anna Haug, Nicole Frost Nyquist. The formation of hydroperoxides in various types of lean meat. *Food chemistry*. 2013;141:2656-2665.
8. Kusaimah M, Oladipupo A, Ume Q, et al. A comparative study on changes in protein, lipid and meat-quality attributes of camel meat, beef and sheep veat (mutton) during refrigerated storage. *Animals*. 2023;13(5):904. DOI: 10.3390/ani13050904.
9. Makarova NV, Voronina MS. Investigation of the oxidative stability of animal fats in various technological conditions. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and biotechnology*. 2020;2:56-64. (In Russ.). DOI: 10.14529/food200207. EDN: YTDEER.

10. Golyak Yu.P, Sidorenko Yul, Sultanovich YuA. Application of accelerated aging techniques to assess the oxidative stability of oils and fats (review). *A specialist in food products*. 2018;5. (In Russ.).

Статья принята к публикации 02.09.2025 / The article accepted for publication 02.09.2025.

Информация об авторах:

Антон Дмитриевич Лебедев, аспирант кафедры товарной экспертизы и таможенного дела
Станислав Викторович Колобов, доцент кафедры товарной экспертизы и таможенного дела, доцент кафедры внешнеэкономической деятельности, кандидат технических наук, доцент

Information about the authors:

Anton Dmitrievich Lebedev, Postgraduate student at the Department of Commodity Expertise and Customs Affairs

Stanislav Viktorovich Kolobov, Associate Professor at the Department of Commodity Expertise and Customs Affairs, Associate Professor at the Department of Foreign Economic Activity, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

