ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-32-43
УДК 637.5:631.563.6

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Изучение влияния жирнокислотного состава свинины на процесс ферментации

Г. В. Гуринович*, К. В. Малютина, С. А. Серегин, И. С. Патракова

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

**e-mail: natali2603@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 13.02.2020
Дата принятия в печать: 23.03.2020

© Г. В. Гуринович, К. В. Малютина, С. А. Серегин, И. С. Патракова, 2020

Аннотация.
Введение. Сухие ферментированные мясные продукты относятся к деликатесным изделиям, формирование качества которых происходит в результате совокупности процессов различной природы и направленности. Среди факторов, влияющих на формирование их свойств, значительное место занимает состав и свойства сырья, в том числе жировой фазы. Целью исследования явилось изучение процесса ферментации мясных продуктов из сырья от разделки свиноматок (4 категория свинины), в составе которого преобладают высоко ненасыщенные жирные кислоты. Значительные ресурсы этого сырья предполагают совершенствование технологий его использования.
Объекты и методы исследования. Исследования выполнены на ветчинах двух групп. Первая группа изготовлена из сырья от разделки туш 4 категории (мышечная ткань тазобедренной части: шпик хребтовой в соотношении 85:15), вторая – из свинины от разделки туш молодняка (2 категория), традиционно применяемых для ферментированных продуктов. Процесс ферментации выполняли с использованием стартовых культур микроорганизмов для быстрой ферментации *StLb 37.03 M* (0,1 % к массе сырья). Процесс изготовления включал ферментацию при температурах активации стартовых культур в течение 48 часов, сушку-прогрев при 50 °C с кратковременной подачей дыма (1 час) и сушку. Общая продолжительность цикла составила 14 суток. По этим стадиям технологического процесса контролировали pH, активность воды, потери массы, химический состав, количество свободных жирных кислот, вторичных и первичных продуктов окисления, цветовые характеристики, органолептические свойства.
Результаты и их обсуждение. В ветчинах из свинины 4 категории содержание ненасыщенных жирных кислот составляет 65,39 % от общего количества жирных кислот, против 59,1 % в ветчинах из сырья 2 категории. Это способствует более глубокой деградации жиров в процессе ферментации, оставаясь в значениях, характерных для ферментированных продуктов из традиционно используемого сырья. По органолептическим характеристикам ветчина из свинины 4 категории сопоставима с ветчиной из сырья 2 категории, превосходя их по качеству цвета.
Выводы. Полученные данные доказывают возможность использования сырья 4 категории в технологии ферментированных деликатесных продуктов.

Ключевые слова. Мясо, ветчина, ферментация, жирнокислотный состав, созревание, окисление, липолиз, цветовые характеристики, стартовые культуры

Для цитирования: Изучение влияния жирнокислотного состава свинины на процесс ферментации / Г. В. Гуринович, К. В. Малютина, С. А. Серегин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 32–43. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-32-43.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

The Effect of Acid Composition on the Fermentation Process of Pork Fat

G.V. Gurinovich*, K.V. Malyutina, S.A. Seregin, I.S. Patrakova

Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

**e-mail: meat@kemsu.ru*

Received: February 13, 2020
Accepted: March 03, 2020

© G.V. Gurinovich, K.V. Malyutina, S.A. Seregin, I.S. Patrakova, 2020

Abstract.
Introduction. Dry fermented meat products are considered to be fine foods. Their quality depends on a combination of various

processes. The composition and properties of raw materials, e.g. fat, play a key role in quality formation. The research objective was to study the fermentation process in fourth-category pork obtained from sows, which contains a lot of highly unsaturated fatty acids. The considerable resources that this raw material can provide require improved technologies.
Study objects and methods. The research featured two types of pork. The first group included samples made from fourth-category carcasses, i.e. hip muscle tissue and spine fat, in the ratio of 85:15. The second group included control samples made from second-category pork that was obtained from young animals. This type of meat is traditionally used for fermented products. The fermentation process was performed using starter cultures for rapid fermentation of *StLb 37.03 M* (0.1% by weight of raw materials). The samples were fermented at the activation temperatures of the starter cultures for 48 h. After that, the samples were dried at 50°C with short-term smoke supply for 1 h. The total time of the production cycle was 14 days. The samples were monitored for water activity, pH, weight loss, chemical composition, amount of free fatty acids, secondary and primary oxidation products, color characteristics, and sensory properties during all stages of the process.
Results and discussion. The content of unsaturated fatty acids was 65.39% of the total amount of fatty acids in the fourth-category pork obtained from sows. In the second-category pork obtained from young animals, it was 59.1%. Water activity, pH, and moisture-protein ratio were within the control criteria for shelf stable products. The analysis of thiobarbituric values and free fatty acids indicated a deeper degradation of the fat part, but their values were comparable to those of the control group. The sensory properties of fourth-category fermented pork were highly evaluated by experts.
Conclusion. The obtained data proved the possibility of using fourth-category raw materials in the technology of fermented delicatessen products.

Keywords. Meat, ham, fermentation, fatty acid composition, maturation, oxidation, lipolysis, color characteristics, ham, starter cultures

For citation: Gurinovich GV, Malyutina KV, Seregin SA, Patrakova IS. The Effect of Acid Composition on the Fermentation Process of Pork Fat. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):32–43. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-32-43.

Введение

Консервирование мяса с использованием ферментации и сушки относится к хорошо известным способам сохранения сырья и производства продуктов с особыми органолептическими свойствами, которые стабильны в процессе хранения. Качество ферментированных продуктов формируется в результате комплекса биохимических, химических и микробиологических процессов, развитие которых зависит от множества факторов. Одним из основных является состав и свойства сырья.

Для ферментированных продуктов в наибольшей степени подходит мясо взрослых животных с более темной окраской и повышенным содержанием сухих веществ и жира. Жировая ткань способствует формированию вкуса и аромата продукта, а крупно измельченный жир – отделению влаги из внутренних слоев и непрерывному снижению активности воды в процессе созревания.

J. Tibau с соавторами связывают лучшее качество вяленой свиной ветчины с использованием мяса от туш большой массы с повышенным содержанием жира [1]. Развитие жировой ткани свинины зависит от убойного возраста, с увеличением которого не только повышается масса поверхностного и внутримышечного жира, но и изменяется их жирнокислотный состав. По данным D. P. Lo Fiego с соавторами, изменения жирнокислотного состава свинины связаны с мононенасыщенными жирными кислотами, количество которых увеличивается в составе как нейтральных, так и полярных и жиров. Количество насыщенных жирных кислот повышается только в поверхностной жировой ткани, состоящей преимущественно из нейтральных жиров. При прочих равных условиях в составе жировой ткани самок насыщенных жирных кислот меньше, чем в мясе кастрированных самцов [2].

Ряд авторов связывает роль липидов в процессе ферментации с продуктами их окисления, среди которых (по некоторым оценкам) до 20 % составляют продукты ферментативного окисления. Имея очень низкие пороги восприятия, они участвуют в формировании вкусо-ароматических свойств ферментированных продуктов [3–8]. С увеличением степени ненасыщенности липидов и сроков созревания продукции процессы деградации жировой составляющей мяса развиваются быстрее, что способствует более раннему формированию характерных признаков ферментированного продукта. Следует учитывать, что повышенное содержание жира, в том числе ненасыщенного, увеличивает риск липидного окисления как фактора, критически влияющего на качество. Это может оказать негативное влияние на образование цвета ферментированных продуктов [9, 10].

Для производства ферментированных продуктов (особенно из измельченного сырья) предпочтительнее использовать жир твердой консистенции. Мягкая консистенция жира способствует смятию частиц, обволакиванию кусочков мышечной ткани, что может явиться препятствием для сушки и развития ферментации. В то же время имеются данные, согласно которым ненасыщенные жиры за счет более низкой температуры плавления придают нежность и сочность ферментированным продуктам из сырья с неразрушенной структурой [11]. Поэтому при

использовании сырья разного качества большое значение приобретает регулирование интенсивности биохимических и микробиологических реакций, активности воды за счет изменения технологии процесса созревания и сушки.

В структуре перерабатываемого сырья заслуживает внимания мясо, предназначенное исключительно для промышленной переработки. Его получают от выбраковки стада после окончания продуктивного периода использования. К такому сырью относится мясо свиноматок (свинина 4 категории). Объемы поступления сырья на переработку увеличиваются с ростом поголовья свиней, что требует разработки технологии его рационального использования. Это сырье отличается от мяса молодняка по химическому составу и свойствам. Характерной особенностью является повышенное содержание моно- и полиненасыщенных кислот при относительно низкой массовой доле жира [12].

Цель работы состояла в исследовании процесса ферментации ветчин из свинины 4 категории (мясо свиноматок) с выраженными особенностями жирнокислотного состава.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования были ветчины сырокопченые двух групп. Ветчины первой группы изготовлены из сырья от разделки туш свиней 4 категории, а именно туш свиноматок, обозначенные как рецептура МС. Ветчины второй группы – из сырья от разделки туш свиней-молодняка 2 категории, обозначенные как рецептура ММ.

Для разделки взяты по 3 туши каждой категории массой 225–240 кг (4 категория) и 54–63 кг (2 категория). Продолжительность созревания туш в автолизе 30 часов. Конечное значение pH сырья (pH_{24}) для 4 категории равно 6,20 ± 0,02, для второй категории – 5,94 ± 0,04.

Рецептуры ветчин каждой из групп состояли из мышечной ткани тазобедренной части без видимых включений жировой ткани и хребтового шпика, взятых в соотношении 85:15. Хребтовый шпик отделен при разделке, температура плавления шпика туш 4 категории составила 24 °С, второй категории – 30 °С. Степень измельчения мясного сырья 30 мм. Перед измельчением мясо и шпик помещали в холодильную камеру для закаливания. Технологические ингредиенты рецептур: нитритно-посолочная смесь с содержанием нитрита натрия 0,6 % (1,7 %), соль пищевая 1,1 %, специи (перец белый, мускатный орех). В качестве стартовых культур использован препарат *StLb 37.03 M* для быстрой ферментации. В составе препарата каталазположительные *Staphylococcus carnosus* и *Lactobacillus curvatus* (серия AiBi®, Союзснаб), уровень введения 0,1 %.

Ветчины обеих групп изготовлены в одинаковых условиях по одной и той же технологии, которая включала: составление рецептуры в мешалке; формовку в натуральную оболочку (диаметр 42–45 мм); двухстадийное созревание (ферментация) при температурах, активирующих стартовые культуры (1 стадия при +15 °С в течение 24 часов, 2 стадия при +20 °С в течение 24 часов); сушку-прогрев в термокамере при температуре +50 °С в течение 1 часа с подачей дыма на 10 мин через 30 мин прогрева; сушку (температура 11 ± 2 °С, влажность 74–76 %) в течение 12 суток. Выработку ветчин выполняли в производственных условиях на предприятии ООО «Новые технологии» (г. Кемерово).

Для контроля развития процесса ферментации использованы различные физико-химические методы.

Химический состав, включая массовую долю влаги, определяли высушиванием навески до постоянной массы по ГОСТ 33319-2015; массовую долю белка – методом Къельдаля по ГОСТ 25011-2017; массовую долю жира – с использованием экстракционного аппарата Сокслета по ГОСТ 23042-2015.

Активность воды A_w выявляли криоскопическим методом на анализаторе активности воды АВК-4 (Россия, ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ). Криоскопическая температура образцов определяется на основании термограммы процесса и пересчитывается в значения показателя активности воды с помощью персонального компьютера.

Для характеристики состояния жировой фазы ветчин и ее изменения в процессе ферментации/созревания определяли жирнокислотный состав, содержание свободных жирных кислот, перекисное и тиобарбитуровое числа.

Жирнокислотный состав устанавливали методом газовой хроматографии по ГОСТ Р 51483-9999 на хроматографе Agilent 7890A, газ-носитель – азот особой чистоты.

Для определения свободных жирных кислот липиды экстрагировали смесью растворителей хлороформ:метанол (2:1) из образцов массой 100 г при соотношении образец:растворитель 1:2. Экстрагированный жир (5 г) растворяли в 50 мл этилового спирта и оттитровывали 0,1 моль раствором гидроксида натрия в присутствии индикатора фенолфталеина. Результат определяли в пересчете на олеиновую кислоту (%) [13].

Перекисное число обнаружили методом, который основан на реакции взаимодействия первичных продуктов окисления жира (перекисей и гидроперекисей) с йодистым калием в кислой среде с последующим количественным определением выделившегося йода титрованием раствором тиосульфата натрия по ГОСТ 34118-2017.

Тиобарбитуровое число выявляли дистилляционным методом по ГОСТ Р 55810-2013 с определением количества веществ, реагирующих с

Таблица 1. Жирнокислотный состав ветчин из сырья от разделки туш взрослых животных и молодняка

Table 1. Fatty acid composition of pork obtained from adult and young animals

Наименование	Рецептура МС (4 категория)	Рецептура ММ (2 категория)
Миристиновая С14:0	0,26 ± 0,08	0,18 ± 0,06
Пальмитиновая С16:0	4,96 ± 0,24	4,05 ± 0,18
Стеариновая С18:0	2,75 ± 0,09	2,34 ± 0,08
Арахиновая С20:0	0,04 ± 0,12	0,05 ± 0,18
Пальмитолеиновая С16:1, ω-7	0,43 ± 0,11	0,29 ± 0,20
Олеиновая С18:1, ω-9 цис	8,19 ± 0,32	7,47 ± 0,33
Линолевая С18:2, ω-6	2,69 ± 0,16	4,53 ± 0,11
α-Линоленовая С18:3, ω-3	0,29 ± 0,04	0,33 ± 0,02
НЖК	34,61	40,75
МНЖК	40,01	43,88
ПНЖК	25,38	15,37
Соотношение НЖК:МНЖК:ПНЖК, %	34,6:40,0:25,4	40,8:43,8:15,4
Соотношение ω-6:ω-3	13,85:1	9,29:1

тиобарбитуровой кислотой. Результат выражается как содержание малонового альдегида (МА) в мг/кг образца и обозначается как ТБЧ.

Активная кислотность (pH) определялась потенциометрическим методом портативным pH-метром ELWRO 5123 с комбинированным электродом.

Потери массы при ферментации/созревании устанавливали методом определения убыли массы по результатам взвешивания одних и тех же образцов (3 образца) по стадиям обработки. Каждый из образцов взвешивали отдельно, за конечный результат принято среднее значение. Потери выражали в процентах относительно исходной массы.

Цветовые характеристики выявлялись методом отражательной спектроскопии с использованием компаратора цвета шарового с расчетом показателей в международной системе CIE L, a, b (L – светлота, a – краснота/отрицательная зелень, b – желтизна/отрицательная синева, S – насыщенность, H – цветовой тон).

Органолептическая оценка проводилась методом дегустации с использованием девятибалльной шкалы в соответствии с ГОСТ 9959-2015.

Статистическая обработка приведена в таблицах, в которых отображены средние результаты определения показателей и стандартное отклонение. Значения показателей получены по результатам в трех сериях, проверенных на однородность, при трехкратной повторности определения показателей внутри каждой из серий. По результатам вычисления среднеарифметического и стандартного отклонения определяли стандартную ошибку среднеарифметического и границы его доверительного интервала с учетом коэффициента Стьюдента t (n, p) при уровне значимости 95 % (P = 0,05) и числе измерений.

Результаты и их обсуждение

Жирнокислотный состав рецептур ветчин, на которых выполнено исследование процесса созревания, приведен в таблице 1. Анализ жирнокислотного профиля ветчин свидетельствует о том, что исследуемые рецептуры сопоставимы по суммарному содержанию мононенасыщенных кислот. Их доля (от общего содержания липидов) составляет для ветчин рецептуры МС 40,01 г/100 г, для ветчин рецептуры ММ – 43,88 г/100 г. Наибольшие различия выявлены для полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), содержание которых в ветчинах из сырья от разделки свиноматок (рецептура МС) оказалось в 1,65 раз больше, чем в ветчинах из мяса молодых животных. В ветчине рецептуры МС выявлено увеличение содержания насыщенных жирных кислот, в том числе пальмитиновой. Ранними исследованиями установлено, что на твердость животного жира в наибольшей степени влияют жирные кислоты С18:0 (стеариновая) и С18:2 (линолевая) [14].

По содержанию стеариновой кислоты разница между исследуемыми рецептурами незначительна, тогда как линолевой кислоты существенно больше в рецептурах ветчин из сырья 2 категории. Можно говорить о том, что жировая фаза ветчин рецептуры ММ достаточно пластичная. В то же время жировая

Таблица 2. Биологическая ценность липидов сырья и рецептур ветчин из свинины от разделки туш взрослых животных и молодняка

Table 2. Biological value of the lipids in raw materials and formulations of pork obtained from adult and young animals

Наименование показателя	Идеальный липид		Скоры для шпика хребтового от разделки свинины		Скоры липидов жировой фазы ветчин рецептур	
	содержание г/100 г	скор	4 категории	2 категории	МС (4 категория)	ММ (2 категория)
Олеиновая кислота	35,0	1,0	1,21	1,30	1,10	1,20
НЖК	20	1,0	1,71	2,29	1,73	2,09
ПНЖК	6	1,0	5,33	2,60	4,14	2,63
Коэффициент использования липидов	100	1,0	0,44	0,63	0,47	0,61

фаза ветчин рецептуры МС характеризуется более высоким содержанием ненасыщенных кислот.

Выявленные особенности жирнокислотного состава влияют на показатели биологической ценности жировой фазы ветчин (табл. 2).

Полученные результаты показывают, что жировая фаза ветчин обеих рецептур, а также шпика в качестве их основного жирового компонента по основным группам жирных кислот отличается от значений «идеального липида». Коэффициент использования липидов, учитывающий степень соответствия жирных кислот «идеальному липиду», для свинины 2 категории и рецептуры на основе сырья от ее разделки находится в диапазоне 0,63–0,61, для образцов из свинины 4 категории – в пределах 0,44–0,47.

Представленные данные позволяют говорить о том, что жировая составляющая свинины 4 категории по составу, технологическому и пищевому качеству уступает сырью их свинины 2 категории.

Подготовленные рецептуры ветчин были поставлены на созревание, которое включало ряд последовательных этапов. На отдельных стадиях созревания контролировали развитие процесса ферментации по совокупности показателей, характеризующих изменение соотношения основных компонентов, интенсивность влагоотделения, изменение липидной фракции и связанных с ним физико-химических показателей.

Результаты исследования химического состава ветчин из сырья разных возрастных категорий и направлений преимущественного использования (воспроизводство или откорм) приведены в таблице 3.

Полученные данные свидетельствуют о том, что исследуемые рецептуры практически не различаются по массовой доле жира ($P < 0,05$). Эта тенденция сохраняется в следующих стадиях процесса ферментации. Потери жира в процессе ферментации/созревания, в отличие от воды, незначительны, поэтому жир хорошо сохраняется в готовом продукте. Его содержание в созревших ветчинах из свинины разной возрастной категории сопоставимы. К моменту окончания созревания массовая доля жира в образцах ветчин рецептур МС и ММ увеличилась относительно исходных значений на 26,5 % и 27,9 % соответственно.

Массовая доля белка в рецептуре МС к моменту окончания созревания увеличилась на 55,9 % относительно исходного значения, в рецептуре ММ – на 52,0 %. При этом образцы ферментированных ветчин рецептуры МС характеризуются достоверно большим содержанием белка ($P < 0,05$).

Полученные данные о характере изменения компонентного состава мясных продуктов в процессе ферментации согласуются с результатами аналогичных исследований [15, 16]. Однако нами не выявлено работ, объектами исследований в которых являлось мясо свиноматок.

По результатам определения компонентного состава установлена динамика соотношения «влага/белок» в процессе созревания, по величине которого можно косвенно судить об устойчивости исследуемых образцов к процессам микробной порчи. Исходная рецептура ветчины из свинины 4 категории имеет меньшее значение «влага/белок», чем рецептура из свинины 2 категории. Рекомендуемое значение соотношения «влага/белок» на момент окончания созревания находится в пределах от 1,9 до 1,6. Эти значения в образцах ветчин из свинины 4 категории достигается немного раньше, чем в образцах из свинины 2 категории, что свидетельствует о достаточно интенсивном развитии процесса ферментации. Следует заметить, что в обоих случаях эти значения существенно ниже рекомендованной для сухих продуктов промежуточной влажности (0,75).

На стадиях ферментации и созревания/сушки происходит испарение влаги с поверхности влаги и одновременный диффузионный перенос воды из внутренних тканей мяса к межфазному слою. Результаты определения потерь показывают прогрессивное уменьшение массы образцов ветчин в процессе созревания, чему способствует натуральная оболочка. К моменту окончания процесса потери массы для ветчин из сырья 4 категории составили 29,7 %, для образцов от свинины 2 категории – 31,4 %.

Таблица 3. Зависимость химического состава ветчин из свинины

Table 3. Chemical composition of pork

Стадия технологического процесса	Массовая доля, % основных компонентов в рецептурах ветчин							
	влаги		жира		белка		«влага/белок»	
	МС	ММ	МС	ММ	МС	ММ	МС	ММ
Начало процесса (0 ч)	$60,37^{bcden}$	$62,03^{bcdem}$	$19,46^{cde}$	$19,84^{cde}$	$18,94^{bcden}$	$17,79^{bcdem}$	2,99	3,49
Ферментация (48 ч)	$55,54^{acde}$	$55,82^{acde}$	$19,96^{e}$	$19,97^{cde}$	$20,23^{ade}$	$19,87^{ade}$	2,74	2,81
Сушка-прогрев	$53,72^{abde}$	$53,58^{ade}$	$20,24^{ane}$	$20,89^{adbe}$	$20,51^{ade}$	$20,08^{ade}$	2,59	2,67
Сушка в камере (6 суток)	$50,25^{abce}$	$51,09^{abcem}$	$20,48^{aen}$	$22,14^{abcem}$	$26,62^{abcen}$	$23,87^{abcem}$	1,89	2,14
Сушка в камере (12 суток)	$42,03^{abcdn}$	$41,27^{abcdm}$	$24,62^{acdn}$	$25,38^{acbdm}$	$27,54^{abcdn}$	$25,04^{abcdm}$	1,52	1,64
± SD	0,49	0,38	0,68	0,51	0,71	0,56	–	–
Значения показателей $^{a–e}$ в столбцах значительно отличаются ($P < 0,05$) Значения показателя $^{m–n}$ в строках значительно отличаются ($P < 0,05$)								

Однако выявленные отклонения статистически недостоверны (рис. 1).

Высокий темп потерь на стадии ферментации следует объяснять уменьшением активной реакции среды образцов и приближением ее к изоэлектрической точке основных белков мяса особенно миозина. Это приводит к уменьшению количества воды, удерживаемой этими белками. Полученные результаты согласуются с данными H. Bozkurt и O. Erkmen, которые объясняют снижение pH суджука, ферментируемого с использованием стартовых культур, образованием органических кислот [17]. При одинаковых условиях созревания и диаметре батона тенденция к снижению потерь массы для рецептуры МС может быть объяснена меньшей кислотностью фарша ветчины и большим содержанием в ней белков.

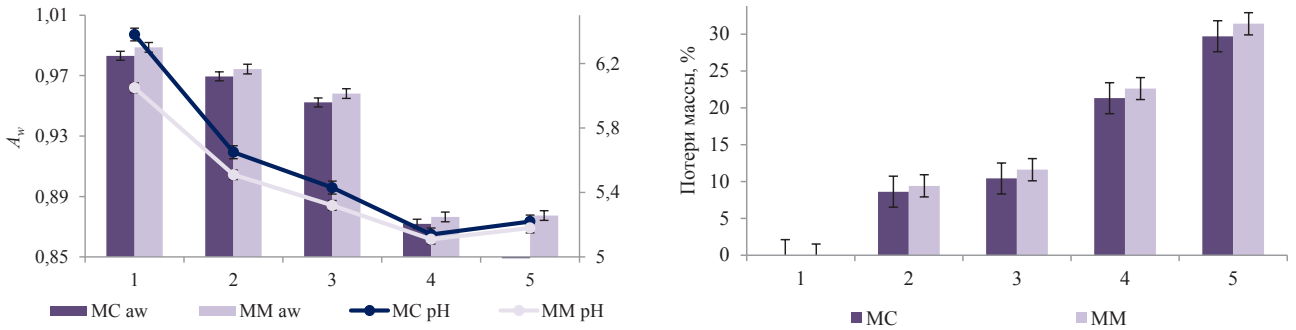
Сравнение темпа потерь массы позволяет говорить о том, что легкоплавкий жир от разделки свинины 4 категории не привел к замедлению испарения влаги и нарушению процесса ферментации. В совокупности с результатами определения массовой доли влаги можно говорить о сопоставимости скорости испарения влаги для обеих исследованных рецептур.

Одновременно с потерей массы, обусловленной потерями влаги, происходит изменение показателя активности воды, который характеризует долю прочно удерживаемой влаги. Величина A_w хорошо коррелирует со многими показателями. Применительно к процессу окисления липидов скорость процесса повышается при значениях показателя 0,0–0,2 и 0,5–0,7 [18]. К моменту окончания процесса сушки значения активности воды для образцов рецептур МС и ММ составили 0,8409 и 0,8474 соответственно (рис. 1).

В процессе созревания ферментированных мясных продуктов имеет место липолиз, которому в большей степени подвержены ненасыщенные жирные кислоты. Этот процесс связывают с действием липаз окислительного фермента липоксигеназы, а также липаз микроорганизмов стартовых культур. Основными продуктами оксилительного липолиза являются коньюгированные кислоты и гидроперекиси. Активность окислительных ферментов зависиит от температуры, pH и концентрации поваренной соли. Все эти факторы имеют место в технологии ферментированных ветчин. Образовавшиеся свободные жирные кислоты легко вступают в реакции окисления, что оказывает влияние на вкус и аромат изделий. Для изучения направленности и интенсивности развития липолиза и окисления в ветчинах контролировали содержание свободных жирных кислот, первичных и вторичных продуктов окисления (табл. 4).

Установлено существенное увеличение содержания свободных жирных кислот в процессе созревания в ветчинах обеих групп. Максимальный прирост кислот выявлен на стадии ферментации, температура которой способствует проявлению активности микроорганизмов стартовых культур. Кратковременный прогрев ветчин в термокамере приводит к дальнейшему увеличению количества свободных кислот.

По результатам сравнительной оценки можно говорить о том, что на каждой из контролируемых стадий процесс липолиза развивается более глубоко в ветчинах 1 группы (сырье 4 категории). По окончании ферментации количество свободных жирных кислот возрастает относительно исходного в 2,8 раза. После кратковременной сушки-прогрева – в 1,2 раза, после заключительной стадии сушки – в 1,6 раза. За период созревания количество свободных жирных кислот в ветчинах 1 группы увеличилось в 4,3 раза. Для ветчин из сырья от молодых животных общая тенденция в изменении содержания свободных жирных кислот аналогична. Общее количество свободных жирных кислот за весь цикл созревания увеличилось в 5,8 раза. Тем не менее, к моменту окончания процесса созревания содержание свободных жирных кислот в ветчинах 1 группы оказалось больше, чем в ветчинах 2 группы на 18,0 %.



Стадии технологического процесса: *1* – начало процесса; *2* – ферментация; *3* – сушка-прогрев; *4* – сушка в камере (6 сут); *5* – сушка в камере (12 сут)

Рисунок 1. Изменение потерь массы, pH и активности воды при созревании ветчин

Figure 1. Weight loss, pH, and water activity during fermentation

Таблица 4. Показатели изменения жировой фракции ветчин при созревании

Table 4. Indicators of changes in the fat fraction of pork during fermentation

Стадия технологического процесса	Свободные жирные кислоты, % олеиновой кислоты		Перекисное число, моль/кг ½ O		Тиобарбитуровое число, мг малонового альдгида/кг (ТБЧ)	
	МС	ММ	МС	ММ	МС	ММ
Начало процесса (0 ч)	1,84 ± 0,51	1,38 ± 0,32	4,4 ± 0,06	2,4 ± 0,08	0,70 ± 0,11	0,58 ± 0,06
Ферментация (48 ч)	5,32 ± 34,00	4,66 ± 0,16	6,9 ± 0,12	3,6 ± 0,11	1,41 ± 0,0,8	0,93 ± 0,07
Сушка-прогрев	6,18 ± 18,00	5,21 ± 0,27	7,2 ± 0,09	5,6 ± 0,06	1,58 ± 0,03	0,98 ± 0,05
Сушка в камере (6 суток)	6,38 ± 0,33	5,96 ± 0,41	8,1 ± 0,14	5,4 ± 0,10	1,87 ± 0,09	1,40 ± 0,10
Сушка в камере (12 суток)	9,84 ± 0,24	8,07 ± 0,21	8,9 ± 0,11	6,3 ± 0,09	2,11 ± 0,08	1,87 ± 0,09

Полученные результаты согласуются с данными многочисленных исследований, отражающие динамику накопления продуктов липолиза по отдельным стадиям ферментации/созревания, которую в значительной мере связывают с действием липолитических ферментов стартовых культур микроорганизмов [13, 19]. В выполненном эксперименте для ферментации ветчин обеих групп использованы одинаковые стартовые культуры. Различия в содержании свободных жирных кислот в процессе ферментации/созревания следует объяснять особенностями жирнокислотного состава исходных рецептур. В процесс липолиза вовлекаются олеиновая и линолевая кислоты, разница в содержании которых для исследуемых рецептур незначительная, но количество линолевой кислоты больше в ветчинах 2 группы из мяса молодняка. Поэтому различия в содержании свободных жирных кислот в ветчинах 1 и 2 групп имеют место и достоверны ($P < 0,05$), а абсолютные значения показателей сопоставимы между собой.

Липолиз и окисление – это взаимосвязанные процессы. Количество и состав жирных кислот может оказать существенное влияние на скорость и глубину их последующего окисления. Результаты определения первичных и вторичных продуктов окисления приведены в таблице 3

Согласно представленным данным содержание перекисей в ветчинах из сырья 4 категории (1 группа) увеличивается к моменту окончания стадии ферментации, но на последующих стадиях созревания изменяется незначительно: с 6,9 моль/кг ½ O до 8,9 моль/кг ½ O. При этом значение перекисного числа остается в значениях, не превышающих нормативных с точки зрения окислительной порчи (менее 10 моль/кг ½ O). В ветчинах из сырья 2 категории (2 группа) количество первичных продуктов окисления на каждой из стадий меньше, чем в ветчинах 1 группы. Это объясняется меньшим суммарным содержанием в них полиненасыщенных жирных кислот, которые сильнее подвержены окислению.

Величина перекисного числа позволяет судить о степени окисления жиров, но с определенным допуском, так как перекиси и гидроперекиси очень лабильны, активны и быстро вступают в реакции с образованием вторичных продуктов. Поэтому низкие значения перекисного числа могут быть результатом их расходования после достижения высоких концентраций и соответствовать даже прогорклым продуктам. Одновременно с первичными следует определять вторичные продукты окисления и проводить органолептическую оценку образцов с целью выявления несвойственного запаха.

В выполненном исследовании для определения вторичных продуктов использован тест с 2-тиобарбитуровй кислотой, который заключается в определении содержания малонового альдегида (МА). Малоновый альдегид признанный маркер процесса окисления, развивающегося с образованием различных веществ, включая альдегиды, кетоны, полимеры (показатель ТБЧ). Повышение ТБЧ свидетельствует об устойчивом накоплении продуктов окисления, хотя возможны вариации, обусловленные взаимодействием МА с сахарами, нитритом натрия, свободными аминокислотами.

Результаты определения содержания малонового альдегида для ветчин первой (рецептура МС) и второй групп (ММ) по стадиям процесса ферментации/созревания приведены в таблице 4. Из данных следует, что в ветчинах первой группы (МС) обнаруживается больше вторичных продуктов окисления. Показатель ТБЧ для них непрерывно повышается. Наибольший прирост соответствует окончанию стадии ферментации (48 ч), на которой показатель увеличился практически в 2 раза. На момент окончания созревания значение ТБЧ составляет 2,11 мг МА/кг образца. Аналогичная зависимость в изменении показателя ТБЧ выявлена для ветчин второй группы (рецептура ММ). Конечное значение ТБЧ равно 1,87 мг МА/кг образца. Результаты определения ТБЧ согласуются с данными определения свободных жирных кислот и с высокой степенью вероятности могут быть объяснены повышенным содержанием длинноцепочных жирных кислот. Существует мнение, что степень окисления жировой фазы не следует напрямую связывать с содержанием длинноцепочных полиненасыщенных кислот [20, 21].

Данные определения ТБЧ следует анализировать, учитывая роль вторичных продуктов в формировании

Таблица 5. Формирование цвета ферментированных ветчин по стадиям процесса

Table 5. Color formation in fermented ham by stage

Показатели цвета исследуемых образцов	Исходная рецептура	Стадия технологического процесса				± SD
		ферментация	сушка-прогрев	сушка в камере в течение		
				6 сут	12 сут	
Светлота, L						
МС	$55{,}40^{bcden}$	$58{,}34^{acden}$	$56{,}94^{abden}$	$47{,}87^{abcen}$	$41{,}78^{abcdn}$	0,27
ММ	$71{,}24^{bcdem}$	$73{,}26^{acdem}$	$70{,}39^{abdem}$	$64{,}12^{abcem}$	$62{,}38^{abcdm}$	0,35
Краснота «a»						
МС	$23{,}37^{bcden}$	$24{,}52^{acen}$	$22{,}34^{abden}$	$24{,}68^{acen}$	$25{,}11^{abcdn}$	0,28
ММ	$20{,}32^{cem}$	$20{,}17^{cem}$	$19{,}69^{abdem}$	$20{,}36^{cem}$	$22{,}69^{abcdm}$	0,32
Синева «b»						
МС	$11{,}45^{bcden}$	$12{,}16^{acden}$	$13{,}08^{aben}$	$13{,}12^{aben}$	$15{,}71^{abcdn}$	0,32
ММ	$12{,}96^{cdem}$	$12{,}96^{cdem}$	$14{,}26^{abdem}$	$14{,}82^{abcem}$	$16{,}63^{abcdm}$	0,42
Насыщенность, S						
МС	$26{,}02^{bden}$	$27{,}36^{acden}$	$25{,}88^{bden}$	$27{,}95^{abcen}$	$29{,}62^{abcdn}$	0,22
ММ	$24{,}10^{bdem}$	$23{,}97^{cdem}$	$24{,}31^{bdem}$	$25{,}18^{abcem}$	$28{,}13^{abcdm}$	0,25
Цветовой тон, H						
МС	$0{,}46^{n}$	0,46	$0{,}53^{n}$	$0{,}49^{n}$	$0{,}55^{abn}$	0,08
ММ	$0{,}57^{cem}$	$0{,}57^{cem}$	$0{,}63^{abm}$	$0{,}62^{m}$	$0{,}63^{ab}$	0,05
Значения показателей $^{a–e}$ в строках значительно отличаются ($P < 0{,}05$) Значения показателя $^{m–n}$ в столбцах значительно отличаются ($P < 0{,}05$)						

качества ферментированных продуктов. Количество вторичных продуктов контролировали тестом с 2-тиобарбитурой кислотой, который позволяет измерить продукты окисления ненасыщенных жирных кислот (показатель ТБЧ). Этим методом контролируется содержание малонового альдегида как маркера процесса окисления с образованием веществ с различными физико-химическими свойствами, включая альдегиды, кетоны, полимеры. Повышение значения ТБЧ свидетельствует об устойчивом росте продуктов окисления, хотя возможны вариации, обусловленные взаимодействием малонового альдегида с сахарами, нитритом натрия, аминокислотами.

С одной стороны, показатели ТБЧ участвуют в формировании вкуса и аромата ферментированных продуктов, а с другой – могут привести к появлению несвойственных вкусо-ароматических свойств при превышении порогового значения, т. е. порче. I. Yılmaz с соавторами указывает на величину 0,22–0,450 мг/кг для продуктов, ферментируемых традиционном способом без участия стартовых культур. Для созревшего продукта она повышается до 0,405–0,705 мг МА/кг [22]. P. R. Sheard с соавторами в качестве границы рассматривают значение 0,5 мг МА/ кг [23]. C. Summo и др. для созревших сырокопченых колбас ускоренного созревания рассматривают более высокие значения – до 2 ,89 мг МА/кг [24]. Полученные значения ТБЧ соответствуют интервалу, который имеет место для ферментированных изделий ускоренного созревания. В дополнение к этим результатам, следует отметить,

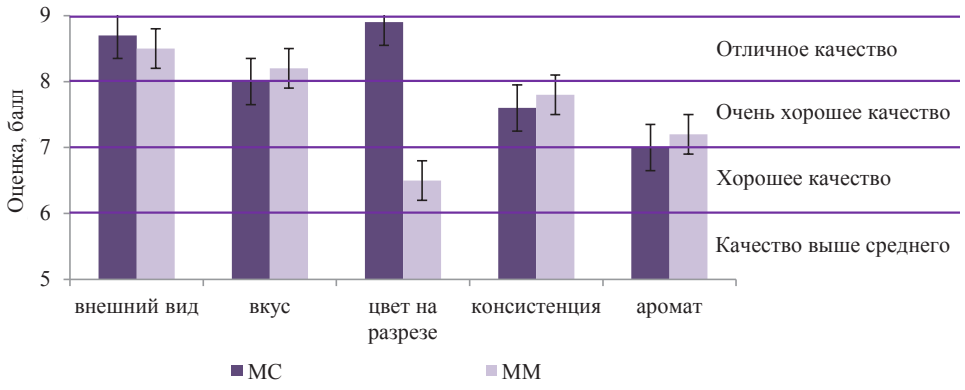


Рисунок 2. Результаты органолептической оценки ферментированных ветчин

Figure 2. Sensory evaluation of fermented ham

что при дегустационной оценке ветчин как первой группы (рецептура МС), так и второй группы (рецептура ММ), при достаточно высоких значениях ТБЧ экспертами не выявлено пороков вкуса и аромата (рис. 2).

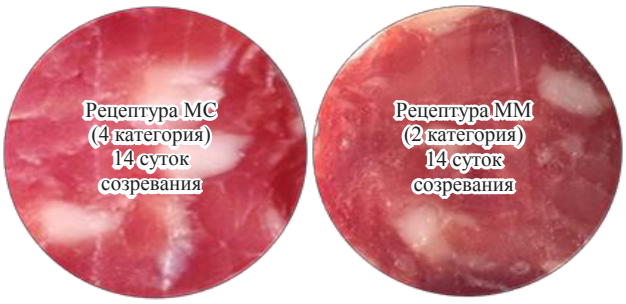
Таким образом, при принятых условиях обработки процесс деградации липидов в ветчинах, изготовленных из сырья от разделки свиноматок с высоким содержание ненасыщенных жирных кислот, развивается контролируемо. Это доказывает возможность его использования при производстве ферментированных продуктов.

Развитие процессов окисления можно оценить также на основании измерения цвета продукта, т. к. процессы окисления и образования окраски ферментированных продуктов взаимосвязаны. Результаты инструментальной оценки качества окраски ветчин приведены в таблице 5.

Интенсивность образующейся окраски характеризует показатель светлоты, качество цвета хроматические координаты «a» и «b». Согласно полученным данным изменение светлоты ветчин первой и второй групп имеет одинаковую направленность. На момент окончания процесса ферментации (48 ч) светлота повышается, а на последующих стадиях снижается. Результаты изменения светлоты соответствуют данным, полученным другими исследователями [25, 26]. При этом выявлены существенные различия в абсолютных значениях светлоты между исследуемыми продуктами. Для ветчин из мяса свиноматок (рецептура МС) светлота оказалась ниже аналогичного показателя для рецептуры из мяса молодняка (ММ) на 33,0 %, что свидетельствует о более интенсивном цвете продукта.

Высокая интенсивность окраски ветчин рецептуры МС сочетается с высоким значением хроматической координаты «a», отражающей степень красноты в окраске. Красная составляющая остается постоянно высокой, изменяясь в интервале 23,37–25,11. Координата «b», указывающая на наличие желтого цвета, напротив, оказывается меньше, чем для рецептуры из мяса молодняка. Различия в значениях обеих хроматических координат между образцами достоверны ($P < 0,05$). Значения показателя цветового тона свидетельствуют о принадлежности окраски ветчин МС к красной области в течение всего периода созревания, тогда как для ветчин ММ выявлено нарастание составляющих, которые характерны для желто-оранжевой области спектра. Цвет и вид батонов ветчин на разрезе представлен на рисунке 3.

Органолептическая оценка показала, что по консистенции, аромату, вкусу и внешнему виду ветчины из мяса от разделки свиноматок (рецептура МС) не уступают ветчинам, изготовленным из мяса молодняка (рис. 2). Однако по показателю цвета превосходят их.



(а) (б)

Рисунок 3. Вид на разрезе и цвет ферментированных ветчин из сырья от разделки свинины 4 категории (а) и 2 категории (б)

Figure 3. Sectional view and color of fermented ham obtained from pork of fourth (a) and second (б) category

Ветчины рецептуры МС имели традиционные органолептические свойства, характерные для данного вида продукции, а именно твердые, плотные, с характерным ароматом и умеренным кислым вкусом. По совокупности оценок по отдельным органолептическим показателям ветчины рецептуры МС соответствуют продукту очень хорошего качества.

Выводы

Выполненное исследование показало, что процесс ферментации сырокопченых ветчин, изготовленных из сырья от разделки тяжеловесных туш свиноматок, развивается традиционно. Об этом свидетельствуют результаты определения активной кислотности, потерь массы и активности воды. Ферментированные ветчины характеризуются высоким содержанием белка, чем у ветчины, изготовленной из мяса молодняка в аналогичных условиях. Особенности жирнокислотного состава фарша ветчин способствуют более интенсивному развитию процесса деградации липидов. Об этом свидетельствуют результаты определения свободных жирных кислот, первичных и вторичных продуктов окисления. Однако эти изменения не оказали негативного влияние на органолептические свойства ветчин и показатели безопасности.

Полученные данные доказывают целесообразность использования мяса от разделки свиноматок (свинина 4 категории) в технологии ферментированных продуктов, которые относятся к изделиям высокого качества.

Критерии авторства

Г. В. Гуринович руководила проектом. К. В. Малютина, С. А. Серегин и И. С. Патракова принимали участие в проведении исследований, обработке данных, написании и корректировке статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

G.V. Gurinovich supervised the project. K.V. Malyutina, S.A. Seregin and I.S. Patrakova performed the research, processed the data, and prepared the manuscript.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Influencedu poids a l'abattage du porc entre 25 et 140 kg de poids vif sur la composition chimique de la carcasse: effets du genotype et du sexe / J. Tibau, J. Gonzalez, J. Soler [et al.] // Journees de la Recherche Porcine. – 2002. – Vol. 34. – P. 121–127.

2. Lipid composition of covering and intramuscular fat in pigs at different slaughter age / D. P. Lo Fiego, P. Macchioni, G. Minelli [et al.] // Italian Journal of Animal Science. – 2010. – Vol. 9, № 2. – P. 200–205. DOI: https://doi.org/10.4081/ijas.2010.e39.

3. Chaijan, M. Mechanism of oxidation in foods of animal origin / M. Chaijan, W. Panpipat // Natural antioxidants. Applications in foods of animal origin // R. Banerjee, A. K. Verma, M. W. Siddiqui. – New York : Apple Academic Press, 2017. – P. 1–38. DOI: https://doi.org/10.1201/9781315365916.

4. Characterization of volatile compounds of dry-cured meat products using HS-SPME-GC/MS technique / R. Dominguez, L. Purrinos, C. Perez-Santaescolastica [et al.] // Food Analytical Methods. – 2019. – Vol. 12, № 6. – P. 1263–1284. DOI: https://doi.org/10.1007/s12161-019-01491-x.

5. Lorenzo, J. M. Volatile compounds of Celta dry-cured "lacón" as affected by cross-breeding with Duroc and Landrace genotypes / J. M. Lorenzo, S. Fonseca // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2014. – Vol. 94, № 14. – P. 2978–2985. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.6643.

6. Lorenzo, J. M. Changes on physico-chemical, textural, lipolysis and volatile compounds during the manufacture of dry-cured foal "cecina" / J. M. Lorenzo // Meat Science. – 2014. – Vol. 96, № 1. – P. 256–263. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.026.

7. Zhou, G. H. Biochemical changes during processing of traditional Jinhua ham / G. H. Zhou, G. M. Zhao // Meat Science. – 2007. – Vol. 77, № 1. – P. 114–120. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.028.

8. Prosekov, A. Yu. Determination of cinnamic acid by capillary zone electrophoresis using ion-pair reagents / A. Yu. Prosekov, O. V. Mudrikova, O. O. Babich // Journal of Analytical Chemistry. – 2012. – Vol. 67, № 5. – P. 474–477. DOI: https://doi.org/10.1134/S1061934812030100.

9. Min, B. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products – A review / B. Min, D. U. Ahn // Food Science and Biotechnology. – 2005. – Vol. 14, № 1. – P. 152–163.

10. Influence of various pork fat types on the ripening and characteristics of dry fermented sausage/ J. Kamenik, P. Steinhauserova, A. Salakova [et al.] // Czech Journal of Food Sciences. – 2013. – Vol. 31, № 5. – P. 419–431. DOI: https://doi.org/10.17221/227/2012-CJFS.

11. Effects of breed and age at slaughter on degradation of muscle lipids during processing of dry-cured hams / L. Storrustlokken, H. M. Devle, L. E. Gangsei [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 50, № 8. – P. 1933–1943. DOI: https://doi.org/10.1111/ijfs.12845.

12. Малютина, К. В. Изучение состава и технологических свойств свинины четвертой категории, предназначенной для промышленной переработки / К. В. Малютина, Г. В. Гуринович // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46, № 3. – С. 61–66.

13. Lipolytic changes in fermented sausages produced with Turkey meat: effects of starter culture and heat treatment / B. Karslioglu, U. E. Cicek, N. Kolsarici [et al.] // Korean Journal for Food Science of Animal Resources. – 2014. – Vol. 34, № 1. – P. 40–48. DOI: https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.1.40.

14. Effects of fatty acids on meat quality: a review / J. D. Wood, R. I. Richardson, G. R. Nute [et al.] // Meat Science. – 2003. – Vol. 66, № 1. – P. 21–32. DOI: https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6.

15. GC/MS analysis of fatty acids in Italian dry fermented sausages / A. Liguori, E. L. Belsito, M. L. Di Gioia [et al.] // The Open Food Science Journal. – 2015. – Vol. 9. – P. 5–13.

16. The impact of ripening time on technological quality traits, chemical change and sensory characteristics of dry-cured loin / P. N. Seong, K. M. Park, G. H. Kang [et al.] // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2015. – Vol. 28, № 5. – P. 677–685. DOI: https://doi.org/10.5713/ajas.14.0789.

17. Bozkurt, H. Effects of starter cultures and additives on the quality of Turkish style sausage (sucuk) / H. Bozkurt, O. Erkmen // Meat Science. – 2002. – Vol. 61, № 2. – P. 149–156. DOI: https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00176-0.

18. Лисицын, А. Б. Основные факторы повышения стойкости мясных продуктов к микробиологической порче / А. Б. Лисицын, А. А. Семенова, М. А. Цинпаев // Все о мясе. – 2007. – № 3. – С. 16–23.

19. Proteolytic and lipolytic starter cultures and their effect on traditional fermented sausages ripening and sensory traits / A. Casaburi, R. Di Monaco, S. Cavella [et al.] // Food Microbiology. – 2008. – Vol. 25, № 2. – P. 335–347. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.10.006.

20. Dietary manipulation of muscle long-chain omega-3 and omega-6 fatty acids and sensory properties of lamb meat / E. N. Ponnampalam, A. J. Sinclair, A. R. Egan [et al.] // Meat Science. – 2002. – Vol. 60, № 2. – P. 125–132. DOI: https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00113-9.

21. Performance, carcass traits, muscle fatty acid composition and meat sensory properties of male Mahabadi goat kids fed palm oil, soybean oil or fish oil / M. H. Najafi, S. Zeinoaldini, M. Ganjkhanlou [et al.] //Meat Science. – 2012. – Vol. 92, № 4. – P. 848–854. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.07.012.

22. Yılmaz, I. Fermented meat products / I. Yılmaz, H. M. Velioglu // Quality of meat and meat products / I. Yilmaz. – Kerala : Transworld Research Network, 2009. – P. 99–114.

23. Shelf life and quality of pork and pork products with raised *n*-3 PUFA / P. R. Sheard, M. Enser, J. D. Wood [et al.] // Meat Science. – 2000. – Vol. 55, № 2. – P. 213–221. DOI: https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00145-X.

24. Summo, C. Effect of vacuum-packaging storage on the quality level of ripened sausages / C. Summo, F. Caponio, A. Pasqualone // Meat Science. – 2006. – Vol. 74, № 2. – P. 249–254. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.008.

25. Evaluation of fermented sausages manufactured with reduced-fat and functional starter cultures on physicochemical, functional and flavor characteristics / Y. J. Kim, S. Y. Park, H. C. Lee [et al.] // Korean Journal for Food Science of Animal Resources. – 2014. – Vol. 34, № 3. – P. 346–354. DOI: https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.3.346.

26. Quality and shelf life of fermented lamb meat sausage with rosemary extract / T. J. Bowser, M. Mwavita, A. Al-Sakini [et al.] // The Open Food Science Journal. – 2014. – Vol. 8. – P. 22–31. DOI: https://doi.org/10.2174/1874256401408010022.

References

1. Tibau J, Gonzalez J, Soler J, Gispert M, Lizardo R, Mourot J. Influencedu poids a l'abattage du porc entre 25 et 140 kg de poids vif sur la composition chimique de la carcasse: effets du genotype et du sexe [Influence of slaughter weight between 25 and 140 kg bodyweight on carcass chemical composition: effects of genotype and sex]. Journees de la Recherche Porcine [Pig Research Days]. 2002;34:121–127. (In Fr.).

2. Lo Fiego DP, Macchioni P, Minelli G, Santoro P. Lipid composition of covering and intramuscular fat in pigs at different slaughter age. Italian Journal of Animal Science. 2010;9(2):200–205. DOI: https://doi.org/10.4081/ijas.2010.e39.

3. Chaijan M, Panpipat W. Mechanism of oxidation in foods of animal origin, In: Banerjee R, Verma AK, Siddiqui MW, editors. Natural antioxidants. Applications in foods of animal origin. New York: Apple Academic Press; 2017. pp. 1–38. DOI: https://doi.org/10.1201/9781315365916.

4. Dominguez R, Purrinos L, Perez-Santaescolastica C, Pateiro M, Barba FJ, Tomasevic I, et al. Characterization of volatile compounds of dry-cured meat products using HS-SPME-GC/MS technique. Food Analytical Methods. 2019;12(6):1263–1284. DOI: https://doi.org/10.1007/s12161-019-01491-x.

5. Lorenzo JM, Fonseca S. Volatile compounds of Celta dry-cured "lacon" as affected by cross-breeding with Duroc and Landrace genotypes. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2014;94(14):2978–2985. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.6643.

6. Lorenzo JM. Changes on physico-chemical, textural, lipolysis and volatile compounds during the manufacture of dry-cured foal "cecina". Meat Science. 2014;96(1):256–263. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.026.

7. Zhou GH, Zhao GM. Biochemical changes during processing of traditional Jinhua ham. Meat Science. 2007;77(1):114–120. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.028.

8. Prosekov AY, Mudrikova OV, Babich OO. Determination of cinnamic acid by capillary zone electrophoresis using ion-pair reagents. Journal of Analytical Chemistry. 2012;67(5):474–477. DOI: https://doi.org/10.1134/S1061934812030100.

9. Min B, Ahn DU. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products – A review. Food Science and Biotechnology. 2005;14(1):152–163.

10. Kamenik J, Steinhauserova P, Salakova A, Pavlik Z, Borilova G, Steinhauser L, et al. Influence of various pork fat types on the ripening and characteristics of dry fermented sausage. Czech Journal of Food Sciences. 2013;31(5):419–431. DOI: https://doi.org/10.17221/227/2012-CJFS.

11. Storrustlokken L, Devle HM, Gangsei LE, Naess-Andresen CF, Egelandsdal B, Alvseike O, et al. Effects of breed and age at slaughter on degradation of muscle lipids during processing of dry-cured hams. International Journal of Food Science and Technology. 2015;50(8):1933–1943. DOI: https://doi.org/10.1111/ijfs.12845.

12. Malyutina KV, Gurinovich GV. The study of composition and technological properties of pork of the fourth grade intended for commercial processing. Food Processing: Techniques and Technology. 2017;46(3):61–66. (In Russ.).

13. Karslioglu B, Cicek UE, Kolsarici N, Candogan K. Lipolytic Changes in fermented sausages produced with Turkey meat: effects of starter culture and heat treatment. Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 2014;34(1):40–48. DOI: https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.1.40.

14. Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. Meat Science. 2004;66(1):21–32. DOI: https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6.

15. Liguori A, Belsito EL, Di Gioia ML, Leggio A, Malagrino F, Romio E, et al. GC/MS analysis of fatty acids in Italian dry fermented sausages. The Open Food Science Journal. 2015;9:5–13.

16. Seong PN, Park KM, Kang GH, Cho SH, Park BY, Ba HV. The impact of ripening time on technological quality traits, chemical change and sensory characteristics of dry-cured loin. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 2015;28(5):677–685. DOI: https://doi.org/10.5713/ajas.14.0789.

17. Bozkurt H, Erkmen O. Effects of starter cultures and additives on the quality of Turkish style sausage (sucuk). Meat Science. 2002;61(2):149–156. DOI: https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00176-0.

18. Lisitsyn AB, Semenova AA, Tsinpaev MA. Basic “hurdles” to bacterial deterioration of meat products. All about meat. 2007;(3):16–23. (In Russ.).

19. Casaburi A, Di Monaco R, Cavella S, Toldra F, Ercolini D, Villani F. Proteolytic and lipolytic starter cultures and their effect on traditional fermented sausages ripening and sensory traits. Food Microbiology. 2008;25(2):335–347. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.10.006.

20. Ponnampalam EN, Sinclair AJ, Egan AR, Ferrier GR, Leury BJ. Dietary manipulation of muscle long-chain omega-3 and omega-6 fatty acids and sensory properties of lamb meat. Meat Science. 2002;60(2):125–132. DOI: https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00113-9.

21. Najafi MH, Zeinoaldini S, Ganjkhanlou M, Mohammadi H, Hopkins DL, Ponnampalam EN. Performance, carcass traits, muscle fatty acid composition and meat sensory properties of male Mahabadi goat kids fed palm oil, soybean oil or fish oil. Meat Science. 2012;92(4):848–854. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.07.012.

22. Yılmaz I, Velioglu HM. Fermented meat products. In: Yılmaz I, editor. Quality of meat and meat products. Kerala: Transworld Research Network; 2009. pp. 99–114.

23. Sheard PR, Enser M, Wood JD, Nute GR, Gill BP, Richardson RI. Shelf life and quality of pork and pork products with raised *n*-3 PUFA. Meat Science. 2000;55(2):213–221. DOI: https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00145-X.

24. Summo C, Caponio F, Pasqualone A. Effect of vacuum-packaging storage on the quality level of ripened sausages. Meat Science. 2006;74(2):249–254. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.008.

25. Kim YJ, Park SY, Lee HC, Yoo SS, Oh SJ, Kim HS, et al. Evaluation of fermented sausages manufactured with reduced-fat and functional starter cultures on physicochemical, functional and flavor characteristics. Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 2014;34(3):346–354. DOI: https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.3.346.

26. Bowser TJ, Mwavita M, Al-Sakini A, McGlynn W, Maness NO. Quality and shelf life of fermented lamb meat sausage with rosemary extract. The Open Food Science Journal. 2014;8:22–31. DOI: https://doi.org/10.2174/1874256401408010022.

Сведения об авторах

Гуринович Галина Васильевна
д-р. техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0001-7869-4151

Малютина Ксения Владимировна
аспирант кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemsu.ru

Серегин Сергей Александрович
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0003-3070-7755

Патракова Ирина Сергеевна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0001-6147-0899

Information about the authors

Galina V. Gurinovich
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0001-7869-4151

Kseniya V. Malyutina
Postgraduate Student of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemsu.ru

Sergey A. Seregin
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0003-3070-7755

Irina S. Patrakova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0001-6147-0899