




Исследование свойств жира страуса при вытапливании в электрохимически активированной среде

Мария В. Горбачева ¹	gm76@bk.ru	 0000-0003-3654-4440
Василий Е. Тарасов ²	tarasov@kubstu.ru	 0000-0001-9586-8563
Алла И. Сапожникова ¹	fibrilla@mail.ru	 0000-0001-5040-6998




¹ Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, г. Москва, 109472, Россия

² Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, д. 2, г. Краснодар, 350072, Россия

Аннотация. В последние десятилетия в мире наблюдается рост научного интереса к различного рода технологиям, использующим электроактивированные растворы, обладающие высокой реакционной способностью, и представляющими собой мощный инструмент для интенсификации производственных процессов. Однако, теоретические знания о закономерностях изменения свойств жира при вытапливании в электролите весьма разрозненны, малочисленны и зачастую противоречивы. Работа посвящена исследованию основных факторов, оказывающих влияние на изменение физико-химических свойств и выход жира в процессе вытапливания с использованием католита, для обоснования целесообразности его использования и разработки промышленной линии получения жира. Объектом исследований служил жир страуса, полученный традиционным способом – путем вытапливания в воде и по экспериментальной технологии – в католите; а также технологические режимы жирирования. Согласно полученным данным, жир, вытопленный при pH католита 11, температуре 100 и 75 °C, характеризовался низкими значениями кислотного числа – 0,45 мг КОН/г и 0,40 мг КОН/г, соответственно. Обратная тенденция отмечена при последовательном снижении щелочности ЭХА среды и увеличении температуры плавления жира, что привело к повышению содержания вторичных продуктов окисления в опытных образцах. Установлено, что благодаря высокой реакционной способности ЭХА среды, уменьшается межмолекулярное взаимодействие внутри жировой фазы, что увеличивает подвижность молекул липидов относительно друг друга. Наименьшие показатели вязкости жира (0,42 и 0,4 кПа·с) зафиксированы при обработке жирового сырья в католите с pH 10,5 и 11 и температуре 100 °C. Показано, что увеличение pH католита способствует минимизации значений перекисного числа жира страуса, в отличие от температуры нагрева. Установлено, что обработка сырья в католите при температуре равной 75 °C обеспечивает выход жира 88,4–90,1%, что почти в 1,4 больше, чем при вытапливании в воде. Показано, что при мокром способе вытапливания жира в воде, денатурация белковых структур и более высокая степень жирирования могут быть достигнуты при температуре выше 75 °C, в отличие от предлагаемого способа обработки сырья.

Ключевые слова: электролиз, католит, анолит, жир, страусоводство, жирирование, электрохимическая активация, пищевое производство

Research of ostrich fat properties when melting in electrochemically activated medium

Maria V. Gorbacheva ¹	gm76@bk.ru	 0000-0003-3654-4440
Vasily E. Tarasov ²	tarasov@kubstu.ru	 0000-0001-9586-8563
Alla I. Sapozhnikova ¹	fibrilla@mail.ru	 0000-0001-5040-6998

¹ K.I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Academica Skrybina St., 23, Moscow, 109472, Russia

² Kuban State Technological University, Moskovskaya St., 2, Krasnodar, 350072, Russia

Abstract. In recent decades, there has been a growing scientific interest in various kinds of technologies using electro-activated solutions with high reactivity and representing a powerful toolkit for intensification of production processes. However, theoretical knowledge about the regularities of change in fat properties during melting in an electrolyte is rather fragmentary, scarce and often contradictory. The work is devoted to the study of the main factors influencing the change in physical and chemical properties and yield of fat in the process of melting using catholyte, to substantiate the feasibility of its use and develop an industrial line for obtaining fat. The object of studies was ostrich fat obtained by traditional method – by melting in water and by experimental technology – in catholyte as well as technological regimes of fat extraction. According to the data obtained, the fat melted at pH of catholyte 11, temperature 100 and 75 °C was characterized by low values of acid number – 0,45 mg KOH/g and 0,40 mg KOH/g, respectively. The opposite trend was observed with a successive decrease in the alkalinity of the ECA medium and an increase in the melting temperature of the fat, which led to an increase in the content of secondary oxidation products in the experimental samples. It was found that due to the high reactivity of the ECA medium, the temperature and pH of the catholyte increased, the intermolecular interaction within the fat phase decreased, which increased the mobility of lipid molecules relative to each other. The lowest values of fat viscosity (0,42 and 0,4 kPa·s) were recorded when treating fatty raw materials in catholyte with pH 10.5 and 11 and temperature 100 °C. It is shown that increasing the pH of the catholyte contributes to minimizing the values of peroxide number of ostrich fat, in contrast to the heating temperature. It is established that processing of raw materials in catholyte at 75 °C resulted in the yield of fat 88,4–90,1%, which is almost 1,4 times higher than when melted in water. In the wet method of mellowing in water, denaturation of protein structures and a higher degree of fat extraction can be achieved at a mellowing temperature above 75 °C, in contrast to the proposed method of processing raw materials.

Keywords: electrolysis, catholyte, anolyte, fat, ostrich breeding, fat extraction, electrochemical activation, food production

Для цитирования

Горбачева М.В., Тарасов В.Е., Сапожникова А.И. Исследование свойств жира страуса при вытапливании в электрохимически активированной среде // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 4. С. 280–289. doi:10.20914/2310-1202-2021-4-280-289

For citation

Gorbacheva M.V., Tarasov V.E., Sapozhnikova A.I. Research of ostrich fat properties when melting in electrochemically activated medium. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 4. pp. 280–289. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-4-280-289

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В производстве топленых жиров животного происхождения наибольшее распространение получила тепловая обработка сырья конвективным и кондуктивным методами подвода теплоты. Сухой способ – предусматривает кондуктивный нагрев жира-сырца за счет контакта с греющей поверхностью.

При мокром способе жир-сырье находится в непосредственном контакте с водой или острым паром (конвективный нагрев). Добавление воды при вытопке жира из мягкого жир-сырья, с одной стороны, способствует разрушению жировой ткани, а с другой – приводит к гидро-термической деструкции соединительнотканной оболочки жировой ткани, в результате чего образуются продукты ее распада. Наличие бульонов способствует образованию жировых эмульсий, тем самым повышается возможность гидролиза жира и затрудняется процесс выделения фракций. По этой причине вытопку жира мокрым способом целесообразно проводить при кратковременном воздействии повышенных температур.

В течение последних десятилетий в мире наблюдается рост научного интереса к различного рода технологиям, использующим электроактивированные растворы, обладающие уникальными свойствами, и, благодаря высокой реакционной способности, представляющими мощный инструмент для интенсификации процессов [1–7]. При электрохимической активации растворы или воду подвергают обработке в одной из камер (катодной или анодной) диафрагменного электрохимического реактора. Вода, подвергнутая воздействию электрического поля, обладает улучшенными экстрагирующими, очищающими и дезинфицирующими свойствами [8–11].

В связи с этим использование активированной жидкости как потенциального источника интенсификации химических реакций в получении жиров по праву может составить конкуренцию традиционно используемым способам: термическому, механохимическому, ультразвуковому, магнитному как по качеству конечных продуктов, так и безопасности [12–15]. Необходимость разработки новых теоретических знаний о закономерностях изменения свойств жира при вытапливании в электрохимически активированной (ЭХА) среде обусловлена весьма ограниченной научной информацией в данном направлении, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на создании инновационных экологически безопасных способов переработки жирового сырья и свидетельствует об актуальности исследований в данном направлении.

Кроме того, следует отметить, что в нашей стране сфера использования жира страуса недостаточно разработана в связи с отсутствием систематизированных сведений по его составу, свойствам, а также эффективных технологий. Перечисленные факторы оказывают сдерживающее влияние на объемы заготовок и использование ценного жирового сырья как одного из важных ресурсов отечественного птицеводства.

Цель работы – исследование основных факторов, оказывающих влияние на изменение физико-химических свойств и выход жира страуса в процессе вытапливания с использованием ЭХА среды для подтверждения целесообразности ее использования и разработки промышленной линии получения жира.

Материалы и методы

Объектом исследований служил жир страуса, полученный традиционным мокрым способом в воде и по экспериментальной технологии – в католите, а также технологические режимы жириозвлечения.

Для получения жира страуса была разработана методика полного вытапливания (рисунок 1) и смоделирована экспериментальная лабораторная установка (рисунок 2).

В ходе выполнения исследований серьезное внимание было уделено выбору активатора системы, который должен играть определяющую роль для реализации поставленной цели. Известно, что в качестве электролитов могут выступать соли, кислоты и основания, однако, учитывая безопасность для пищевого производства и ряд физико-химических факторов, предпочтение было отдано хлориду натрия (NaCl) [16]. Для получения католита с заданными характеристиками свойств (рН 9–11; ОВП – (–600) – (–700) мВ) готовили насыщенный солевой раствор хлорида натрия (4г/100 см³) и подвергали его электрохимической обработке в диафрагменном электролизере при силе постоянного тока 0,5–0,6 А, напряжении 40–42 В. При этом анолит (рН 3–4; ОВП – (–16,7) – (–74,9)) использовали для обеззараживания и очистки жира-сырца от загрязнений кровью, остатков содержимого кишок, прирезей мышечной ткани, лимфатических сосудов (рисунок 1). Промывку жирового сырья осуществляли в перфорированных емкостях в течение 30 мин.

Комплексную переработку жира-сырца проводили на предлагаемой нами лабораторной установке, включающей три блока: блок первый – установка для вытапливания (вакуумный гомогенизатор); блок второй предназначен для фильтрации и блок третий – для обезвоживания топленого жира (ротационно-плечный аппарат) (рисунок 2).

Установка для вытапливания жира (рисунок 2а) работает следующим образом: обработанный в анолите и измельченный до размера частиц 5 мм жир-сырец загружается через верхнюю сливную крышку и в аппарат подается вакуум – 2666,44 Па, а через верхнюю воронку вводится вода или электроактивированная жидкость (католит) в соотношении 8:1 к массе сырья. Далее при установленной температуре включается обогрев и мешалка с заданной частотой вращения (50–60 оборотов в минуту) для непосредственного улучшения теплообмена. Как только температура достигает установленных режимов начинается процесс собственно вытапливания, мешалка переустанавливается на 80 оборотов в минуту и засекается время, в зависимости от требуемого результата. После этого прибор отключается, а жир передается в устройство отображенное, на рисунке 2В.

Разделение на твердую и жидкую фракции осуществляли методом фильтрации с созданием вакуума под фильтрующей поверхностью для интенсификации процесса (рисунок 2б).

Для разделения использовали хлопчатобумажную ткань (рисунок 2б) поз. 5), которую укладывали в воронку Бюхнера (рисунок 2б (поз. 3)) и далее через патрубок ((рисунок 2б) поз. 2)), соединенный с вакуумным насосом и шлангами, подается вакуум, а сверху – суспензия. За счет разряжения под фильтрующей поверхностью жидкая фаза формируется в колбе Бунзена ((рисунок 2б) поз. 1), а на поверхности фильтрующей ткани остается твердая фаза – шквара.

Далее полученный жир обезвоживали на испарителе ротационном при остаточном давлении 2666,44 Па (рисунок 2с). Благодаря возможности регулирования вакуума, частоты вращения колбы и температуры, режимы высушивания жира подбирали в зависимости от поставленной задачи.

Жир от водно-белковой фазы отделяли центрифугированием на аппарате ЦЛУ-6000 при 6000 об./мин в течение 5 минут. Оставшуюся водную фазу направляли на повторный цикл вытапливания следующей серии опытных образцов жира (рисунок 1).

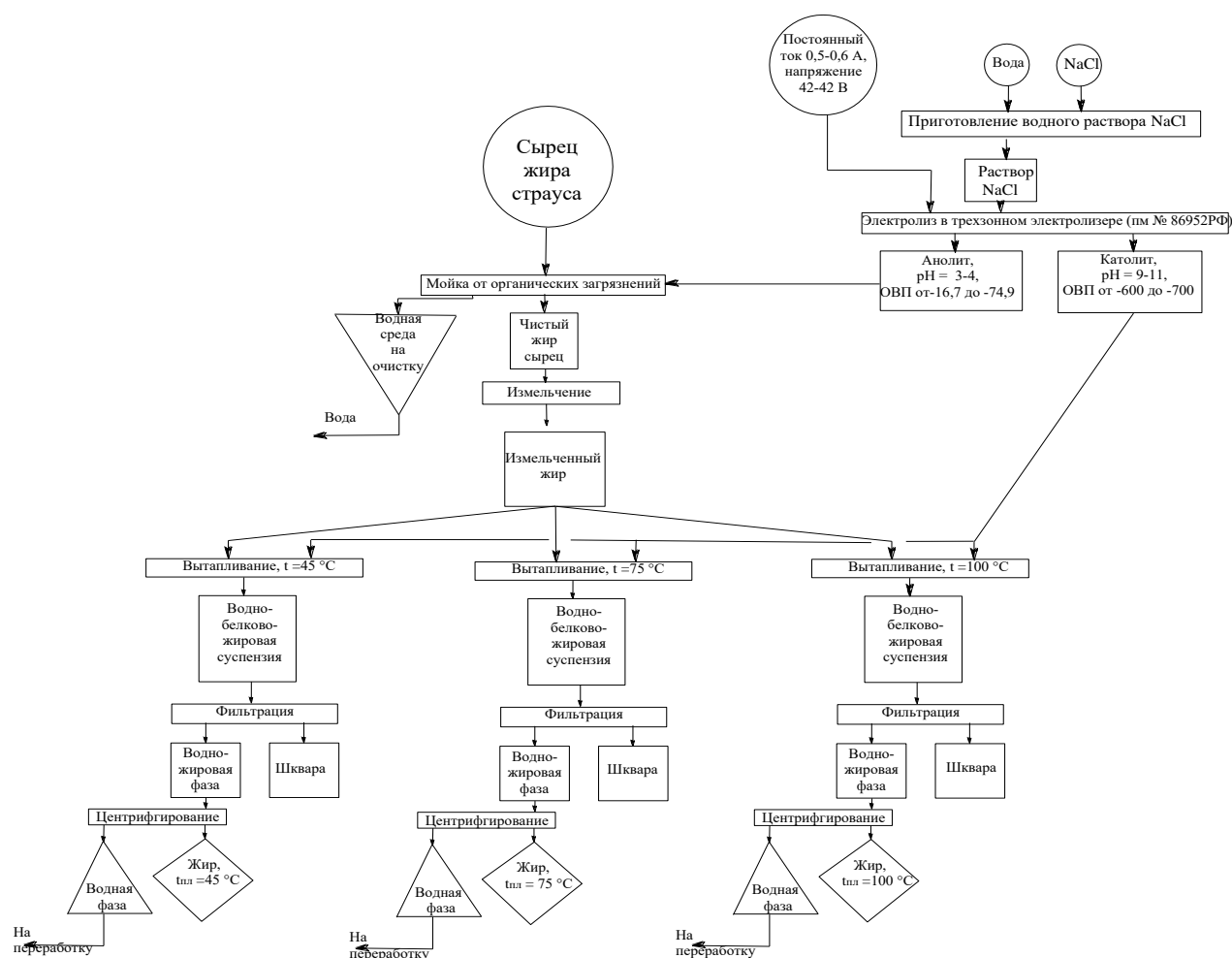


Рисунок 1. Схема технологического процесса получения жира страуса с заданными температурами его плавления

Figure 1. Scheme of the technological process for obtaining ostrich fat with given melting temperatures

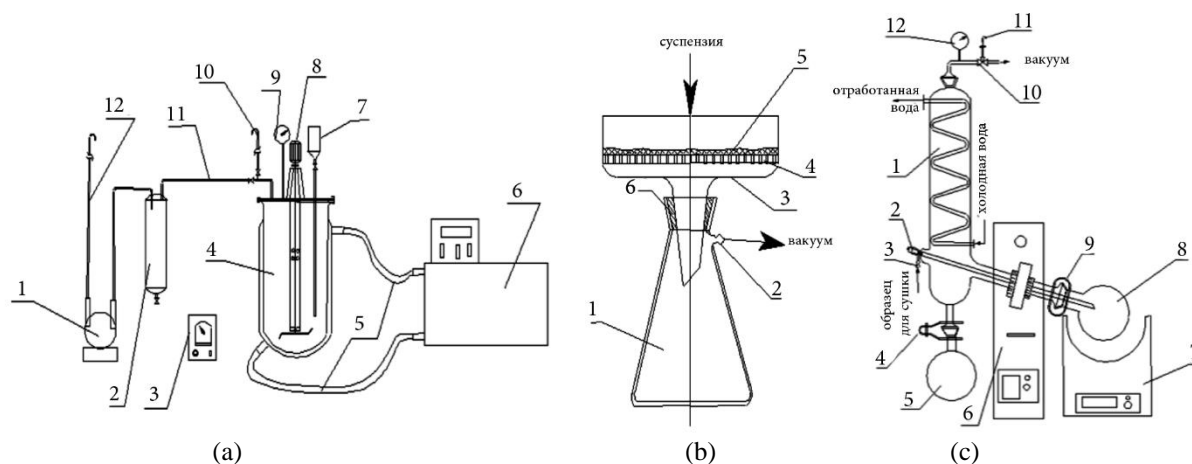


Рисунок 2. Лабораторная установка для получения топленого жира: (а) Установка для вытапливания жира мокрым способом с регулированием температуры: 1 – вакуумный насос; 2 – ресивер; 3 – тахометр для регулирования и отображения фактической частоты вращения мешалки; 4 – вакуумный гомогенизатор; 5 – соединительные шланги; 6 – термостат; 7 – загрузочная воронка; 8 – привод гомогенизатора; 9 – вакуумметр; 10, 12 – воздухоотвод; 11 – вакуумные шланги; (б) Установка для фильтрации: 1 – колба Бунзена; 2 – патрубок для подсоединения вакуума; 3 – воронка Бюхнера; 4 – фильтровальная перегородка; 5 – фильтроткань; 6 – уплотнитель; (с) Установка для обезвоживания: 1 – охладитель; 2 – кран подачи увлажненного жира; 3 – патрубок для подачи жира на сушку; 4 и 9 – колбодержатели; 5 – приемная колба; 6 – ротационно-пленочный аппарат с пультом управления; 7 – колбонагреватель; 8 – рабочая колба; 10 – кран для регулирования и сброса вакуума; 11 – воздушная линия сброса вакуума; 12 – вакуумметр

Figure 2. Laboratory installation for the production of lard: (a) Installation for rendering wet fat with temperature control: 1 – vacuum pump; 2 – receiver; 3 – tachometer for regulation and display of the actual speed of rotation of the agitator; 4 – vacuum homogenizer; 5 – connecting hoses; 6 – thermostat; 7 – loading funnel; 8 – homogenizer drive; 9 – vacuum gauge; 10, 12 – air outlet; 11 – vacuum hoses; (b) Installation for filtration: 1 – Bunsen flask; 2 – vacuum connections; 3 – Buchner funnel; 4 – filtering partition; 5 – filter cloth; 6 – sealant; (c) Installation for dehydration: 1 – cooler; 2 – humidified fat supply valve; 3 – branch pipe for supplying fat for drying; 4 and 9 – flask holders; 5 – receiving flask; 6 – rotary film apparatus with a control panel; 7 – heating mantle; 8 – working flask; 10 – valve for regulating and relieving the vacuum; 11 – vacuum release air line; 12 – vacuum gauge

Термическую обработку жира в лабораторных условиях осуществляли при различных температурах его плавления: 45; 75 и 100 °С до полного жириозвлечения (рисунок 1). Выбор температур обусловлен низкими температурами плавления жира-сырца страуса, физико-химическими свойствами коллагена, основного белка соединительной ткани, формирующего каркас жировых клеток, которые позволяют предположить возможность жириозвлечения при низких температурах плавления, с учетом заданных параметров ЭХА среды.

Использованная последовательность технологических операций (рисунок 1), позволила получить жир с заданной температурой плавления 45; 75 и 100 °С, а также ценный вторичный продукт его переработки в виде шквары.

Оценку качества полученного жира осуществляли по органолептическим, физико-химическим показателям (кислотное, перекисное, анизидиновое числа, динамическая вязкость), а также по выходу конечного продукта по отношению к массе жира-сырца. Отбор проб жирового сырья проводили по ГОСТ ИСО 5555–2010 «Животные и растительные жиры и масла. Отбор проб». Образцы жира отбирали

целым куском, массой не менее 500 г. Массовую долю влаги и летучих веществ по ГОСТ Р 50456–92 (ИСО 662–80) «Жиры и масла животные и растительные»; контроль показателей кислотного, перекисного чисел осуществляли по ГОСТ Р ИСО 27107–2010 «Жиры и масла животные и растительные». Анизидиновое число измеряли по оптической плотности испытуемого раствора после реакции с уксусноокислым раствором параанизидина по ГОСТ 31756–2012 (ISO 6885:2006) «Жиры и масла животные и растительные». Вязкость жира измеряли с помощью вискозиметра ротационного цифрового согласно ГОСТ 1929–87 «Методы определения динамической вязкости на ротационном вискозиметре». Все исследования проводили в 3-кратной повторности и обрабатывали статистически.

При разработке алгоритма эффективного способа полного вытапливания жира был применен двухфакторный математический анализ планирования эксперимента. В качестве перво-степенных технологических параметров были выбраны рН католита $X_1(Z_1)$ и температура вытапливания жира $X_2(Z_2)$ (таблица 1). Функцией отклика служили: выход жира (Y_1), кислотное (Y_2) и перекисное (Y_3) числа, соответственно.

Для проверки адекватности полученных данных были проведены расчеты дисперсии воспроизводимости ($S_{2\text{воспр.}}$) и остаточной дисперсии (m). Коэффициент считали статистически значимым, когда выполняется условие $|bj| \geq t_{\alpha} S_{bj}$ при уровне значимости $p = 0,05$. Адекватность полученного уравнения рассчитывали по критерию Фишера ($F_1 - p = (f_1, f_2)$).

Результаты и обсуждение

Для моделирования и научного обоснования режимов полного вытапливания жира, обуславливающих его качественные характеристики и выход, была проведена серия опытов и составлена матрица эксперимента (таблица 1).

Таблица 1.

Матрица эксперимента условий вытапливания жира при заданных параметрах

Table 1.

Matrix of the experiment of fat rendering conditions for given parameters

Опыт Experience	*Факторы в натуральном масштабе *Factors in kind		Факторы в безразмерной системе координат Factors in a dimensionless coordinate system		Кислотное число, мг КОН/г (y_1 экс.) Acid number, mg KOH/g (y_1 ex.)	Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг (y_2 экс.) Peroxide number, mmol active oxygen/kg (y_2 ex.)	Выход жира, % (y_3 экс.) Fat yield, % (y_3 ex.)
	Z_1 , pH	Z_2 , °C	x_1	x_2			
1	11	75	+1	0	0,45	0,81	84,0
2	10	100	0	+1	0,70	1,91	95,0
3	9	75	-1	0	1,20	1,68	86,2
4	10	45	0	-1	0,50	1,80	76,5
5	11	100	+1	+1	0,40	1,30	92,3
6	9	100	-1	+1	1,10	2,60	90,9
7	9	45	-1	-1	0,60	2,20	75,1
8	11	45	+1	-1	0,21	1,30	74,0
9	10	75	0	0	0,80	1,10	89,0
10	10	75	0	0	0,50	1,20	88,9
11	10	75	0	0	0,55	1,10	90,0
12	10	75	0	0	0,50	1,20	90,1

*Примечание: Z_1 ,-Водородный показатель (pH), Z_2 , – температура, °C

*Note: Z_1 , - Hydrogen index (pH), Z_2 , - temperature, °C

Проблеме окислительной порчи липидов и ее предотвращению посвящено немало отечественных и зарубежных работ [17–21]. Химизм данного процесса зависит от многих факторов, но наиболее активно он протекает при резком увеличении температуры плавления жира и контакте сырья с кислородом воздуха, приводящему к окислению ненасыщенных жирных кислот.

Согласно полученным данным (таблица 1), жир, вытопленный при pH католита 11, температуре 100 °C и 75 °C, характеризовался низким значением кислотного числа – 0,45 мг КОН/г и 0,40 мг КОН/г, соответственно. Обратная тенденция отмечена при последовательном снижении щелочности ЭХА среды и увеличении температуры плавления жира, что привело к повышению содержания вторичных продуктов окисления в опытных образцах. Наибольшие значения кислотного числа жира страуса определены в опытах № 3 и № 6.

В ходе исследований также установлено, что pH католита оказывает влияние, направленное на минимизацию значения перекисного числа жира страуса, в отличие от температуры нагрева. Наименьшие значения перекисного числа (0,81 ммоль активного кислорода) определены в опыте № 1 при 75 °C и pH 11. На рисунке 3 представлена зависимость кислотного числа жира страуса от физико-химических факторов.

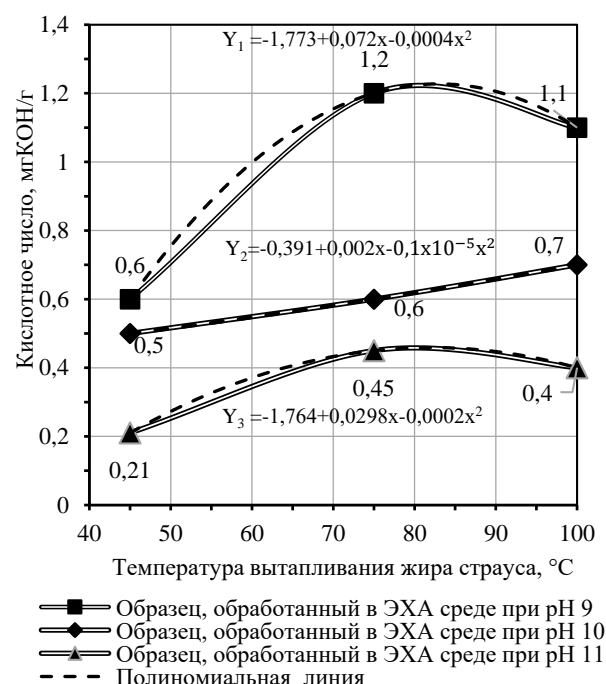


Рисунок 3. Изменение значения кислотного числа в зависимости от температуры вытапливания и взаимосвязь с pH католита при заданных условиях

Figure 3. Change in the value of the acid number depending on the melting temperature and the relationship with the pH of the catholyte under given conditions

Анализ графических зависимостей (рисунок 3) показал, что при заданных условиях вытапливания кислотное число жира страуса не превышает 1,2 мг КОН/г, то есть липолиз протекает неактивно. Несмотря на то, что в процессе вытапливания жира при низких температурах установлено инактивирующее действие католита на образование свободных жирных кислот [22], что хорошо видно из данных таблица 1 и рисунок 3, нельзя не учитывать, динамику окисления жира до пероксидных соединений при различном термическом воздействии (таблица 1 и рисунок 4).

Кроме того, технологический цикл предусматривал полное вытапливание жира без ограничения по продолжительности процесса, тем самым создавая благоприятные условия для активации окислительных процессов.

Динамика изменений перекисного числа отображена на графике (рисунок 4).

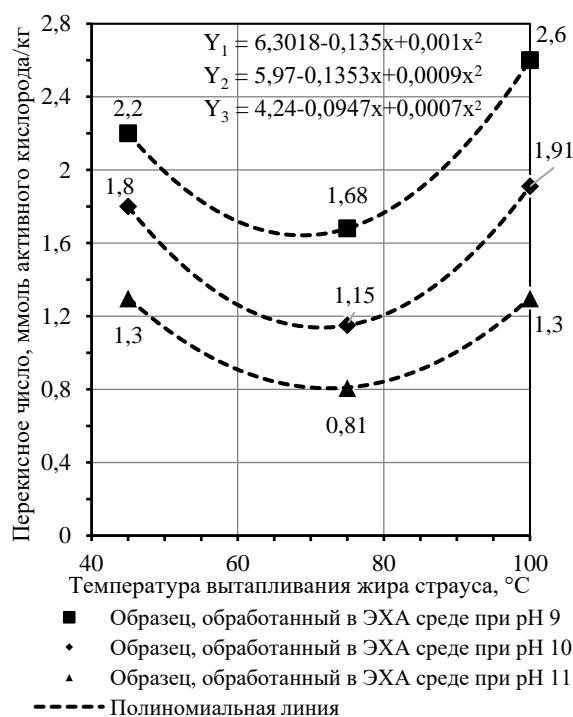


Рисунок 4. Изменение значения перекисного числа жира в зависимости от температуры вытапливания и взаимосвязь с pH католита при заданных условиях
 Figure 4. Change in the value of fat peroxide value depending on the temperature of rendering and the relationship with the pH of the catholyte under given conditions

Как видно из данных (рисунок 4), температура вытапливания существенно влияет на показатель перекисного числа жира. В пользу данного факта свидетельствуют установленные нами зависимости и значения перекисного числа (рисунок 4). Так, повышение температуры среды с низкой щелочностью увеличивает количество гидрокси- и гидропероксисоединений,

из которых образуются вторичные и третичные соединения в жире, обуславливающие снижение его качества.

Сопоставление значений перекисных чисел жира, полученного при температурах вытапливания 45° С и 100 °С, показало (рисунок 4), что при использовании фазы католита с pH 9 образование перекисных соединений увеличивается на 15,4% и не более, чем на 5,26% – при pH 10. Это объясняется высокой реакционной способностью ЭХА среды, ионы которой за счет взаимодействия с перекисными соединениями, переводят их из свободного в связанное состояние, снижая глубину гидролитического распада жира.

Эффективность использования ЭХА среды в совокупности с термическим и механическим воздействием иллюстрируется показателем выхода жира (таблица 1). Несмотря на то, что более весомое значение на процесс жирирования оказывает температура обработки сырья (опыт № 3), комплексное воздействие выше указанных факторов позволяет получить выход жира, равный в среднем 75,0% даже при низких температурах вытапливания (опыты № 4, 7).

Зависимость показателя выхода жира-сырца страуса от исследуемых факторов приведена на рисунок 5.

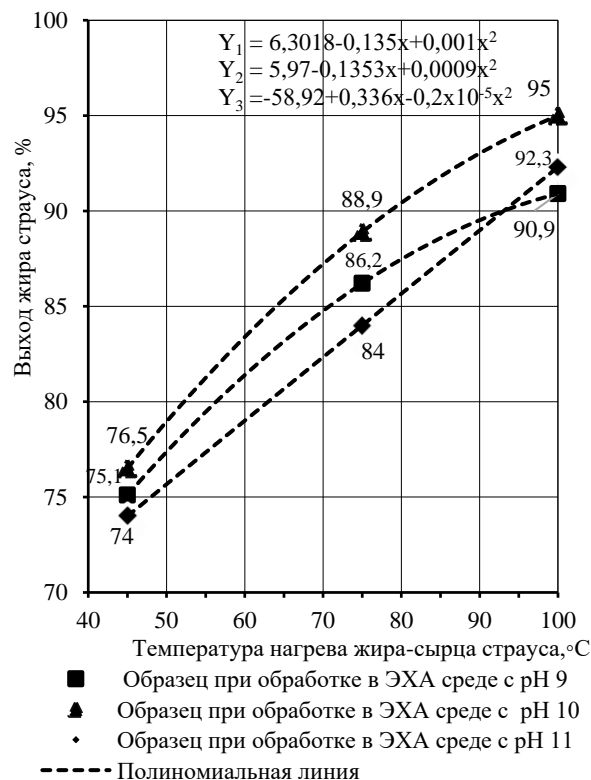


Рисунок 5. Изменение значения выхода жира страуса в зависимости от температуры обработки
 Figure 5. Change in the yield value of ostrich fat depending on the processing temperature

Установлено, что независимо от pH католита при температурах обработки свыше 70 °С, значения выхода жира составляют более 84,0% (рисунок 5). Наибольший процент выхода жира (95,0%), приближенный к полному его вытапливанию, получен при pH среды 11 и температуре жириозвлечения 100 °С, что является важным технологическим и экономическим фактором при планировании производственной переработки жира-сырца страуса. Вместе с тем существует риск, что одновременное значительное повышение температуры и pH католита до 11 может привести к негативным последствиям в виде снижения показателя выхода жира, в следствие процесса омыления, при котором сложнэфирная связь расщепляется.

Анализ органолептических показателей качества топленого жира показал, что при вытапливании в воде при температуре 45 °С и 75 °С, жир имел жидкую консистенцию и только при 100 °С – мазеобразную. То же отмечено и при обработке жирового сырья с использованием ЭХА среды. Данный факт напрямую связан с особенностями жирно-кислотного состава, типичного для жиров животного происхождения.

Следует отметить, что у образцов, полученных мокрым способом в воде, в отличие от экспериментальной технологии, выявлен специфический свойственный виду запах разной степени выраженности. Вероятно, в результате взаимодействия электроактивированной жидкости с ароматическими веществами (кетонами и альдегидами) появляются соли этих веществ, не обладающие свойствами летучих соединений. Различий по цвету, указывавших на окислительные процессы, у образцов, вытопленных разными способами обнаружено не было.

Далее были проведены исследования по изучению изменения вязкости жира под действием ЭХА среды (рисунок 6).

Вязкость жира играет важную роль в производстве жиров, оказывая существенное влияние на скорость теплопередачи, фильтрации, сепарирования и отстаивания, соответственно, любые колебания в температуре могут увеличить данный показатель и, тем самым, снизить скорость разделения фракций жира. Согласно полученным данным (рисунок 6), с повышением температуры и pH католита ослабевает межмолекулярное взаимодействие внутри жировой фазы, что связано с реакционной способностью ЭХА среды, которая, интенсифицируя процесс, увеличивает подвижность молекул

липидов относительно друг друга. Наименьший показатель вязкости жира (0,42 кПа×с и 0,4 кПа×с) установлен при обработке жирового сырья в католите с pH 10,5 и 11 и температуре 100 °С. График подтверждает выявленную разность в показателях вязкости образцов, обработанных в воде и при использовании католита с pH 11 (рисунок 6). Наибольшие значения вязкости отмечены при вытапливании жира в воде (1,65 кПа×с) и в католите с pH 8 (1,40 кПа×с) при температуре 45 °С, а также 55 °С, которые составили, соответственно, 1,52 кПа×с и 1,25 кПа×с.

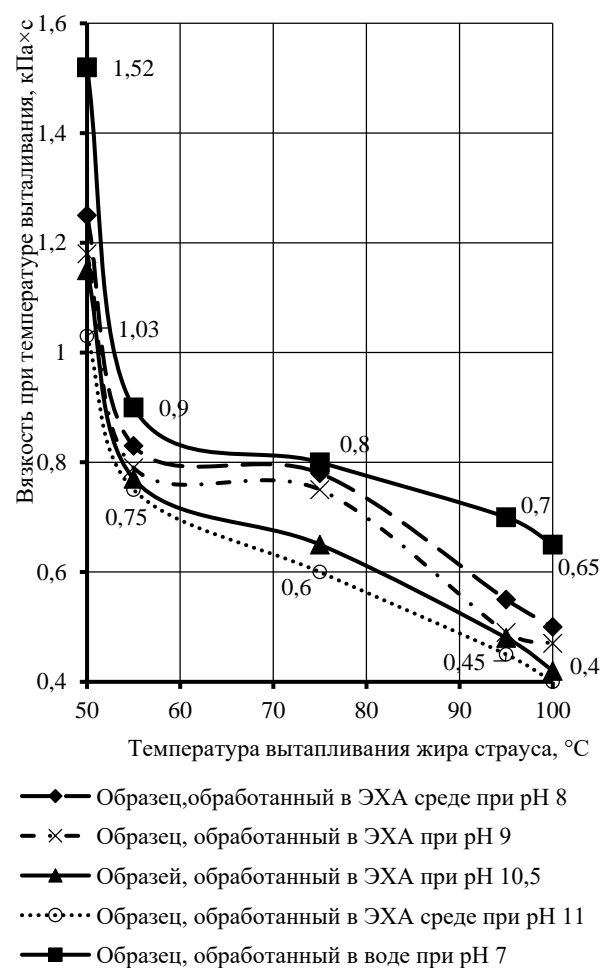


Рисунок 6. Изменение показателя вязкости жира страуса в зависимости от температуры и связь с pH католита в процессе вытапливания

Figure 6. Changes in the viscosity of ostrich fat depending on temperature and the relationship with the pH of the catholyte in the process of rendering

На основании полученных экспериментальных данных и результатов математического анализа, была наработана серия опытных образцов жира, вытопленных в воде и католите (таблица 2).

Таблица 2.

Характеристика качественных и количественных показателей жира страуса, полученного разными способами обработки

Table 2.

Characterization of qualitative and quantitative indicators of ostrich fat obtained by different processing methods

Технология вытапливания Rendering technology	Температура обработки, °C Processing temperature, °C	Вид жира Type of fat	Показатели Indicators			
			Кислотное число, мг KOH/г Acid number, mg KOH/g	Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг Peroxide number, mmol active oxygen/kg	Анизидиновое число Anisidine number	Выход жира, % Fat yield, %
в воде pH = 7 in water pH = 7	45	*	1,45±0,02	2,75±0,01	3,35±0,02	48,0–52,0
		**	1,65±0,02	2,45±0,01	3,01±0,02	
	75	*	2,81±0,02	6,02±0,01	4,54±0,02	65,0–70,0
		**	2,40±0,02	6,05±0,01	4,21±0,02	
	100	*	2,10±0,02	4,00±0,01	3,79±0,02	82,0–87,0
		**	1,71±0,02	3,82±0,01	3,42±0,02	
в католите pH = 10,5 in catholyte pH = 10.5	45	*	0,38±0,02	1,53±0,01	2,23±0,02	74,0–76,5
		**	0,20±0,02	1,30±0,01	2,04±0,02	
	75	*	0,65±0,02	0,87±0,01	1,56±0,02	88,4–90,1
		**	0,64±0,02	0,97±0,01	1,33±0,02	
	100	*	0,75±0,02	1,13±0,01	2,16±0,02	92,0–95,0
		**	0,72±0,02	1,06±0,01	1,92±0,02	

* – Внутренний жир; ** – Подкожный жир

* - Internal fat; ** - Subcutaneous fat

Как видно из данных таблицы 2, жир, полученный в присутствии католита, независимо от температуры обработки, отличался более низкими значениями кислотного числа, чем у контрольных образцов: в 5 раз – при температуре обработки 45 °C и 2,5 раза – при температуре 100 °C.

Что касается перекисного и анизидинового чисел жира, полученного при использовании ЭХА среды, то их значения не превышали соответственно 1,53 ммоль активного кислорода/кг и 2,23 ед., что свидетельствует о незначительном количестве в нем перекисных соединений, а также адегидов, и хорошо согласуется с ранее выдвинутой нами гипотезой об ингибирующем действии ЭХА среды.

Следует отметить, что массовая доля влаги не превышала 0,3% для всех образцов жира, независимо от способа обработки.

Установлено, что по показателям выхода экспериментальные образцы значительно превосходят контрольные (таблица 2). При температуре обработки сырья в фазе католита равной 75 °C, выход жира составил 88,4% – 90,1%, что почти в 1,4 больше, чем при вытапливании в воде. Соответственно, при мокром способе вытапливания в воде, денатурация белковых

структур и более высокая степень жирирования может быть достигнута при температуре вытапливания 75 °C и выше, в отличие от предлагаемого способа обработки сырья.

Заключение

Благодаря механизму межмолекулярного взаимодействия мембран жировых клеток с ионами электроактивированной жидкости, в основе которого лежит принцип электрохимической активации, доказана ее интенсифицирующая роль при жирировании и ингибирующее действие на липолиз и окислительные процессы, возникающие при обработке жирового сырья. Разработана методика полного вытапливания жира и смоделирована экспериментальная установка для его получения, а также установлены зависимости влияния и степень взаимодействия таких основных технологических факторов как температура жирирования и pH католита на выход, кислотное, перекисное и анизидиновое числа жира страуса. Полученные новые знания о влиянии католита на процесс вытапливания и закономерностях изменения свойств жира страуса под его воздействием, легли в основу разработки способа получения жира страуса с регулируемой температурой плавления и промышленной линии комплексной переработки жирового сырья [23].

Литература

- 1 Горбачева М.В., Тарасов В.Е., Сапожникова А.И. Новые технические решения интенсификации процесса жирирования // Организационный комитет. 2020. С. 34.
- 2 Aider M., Kastyuchik A., Gnatko E., Benali M. et al. Electro-activated aqueous solutions: theory and application in the food industry and biotechnology // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2012. V. 15. P. 38–49. doi: 10.1016/j.ifset.2012.02.002
- 3 Семенов С.Я., Лыгов М.Н., Чушкин А.Н., Чушкина Е.И. Агроэкологическая оценка эффективности орошения томата электролизованной водой // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 3. С. 61–70. doi: 10.18470/1992–1098–2019–3–61–70

- 4 Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкин А.Н., Чушкина Е.И. Определение параметров технологического процесса применения электролизованной воды при капельном орошении овощных культур // Известия НВ АУК. 2019. № 2 (54). С. 322–330. doi: 10.32786/2071–9485–2019–02–38
- 5 Осадченко И.М., Горлов И.Ф., Сивков А.И., Николаев Д.В. и др. Инновационный подход к электрообработке кисломолочных напитков // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 1. С. 20–22.
- 6 Пасько О.А., Гомбоев Д.Д. Активированная вода и возможности ее применения в сельском хозяйстве. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. 378 с.
- 7 Юдаев И.В., Кокурин Р.Г., Даус Ю.В. Изучение процесса электроимпульсного плазмоллиза растительного сырья // Известия НВ АУК. 2018. № 2 (50). С. 346–354.
- 8 Hoa N.T., Hue C.T. Enhanced water treatment by Moringa oleifera seeds extract as the bio-coagulant: role of the extraction method // Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua. 2018. V. 67. № 7. P. 634-647. doi: 10.2166/aqua.2018.070
- 9 Raghavendra N., Bhat J.I. Chemical and electrochemical studies on the areca fat as a novel and sustainable corrosion inhibitor for industrially important materials in hostile fluid environments // Journal of Bio-and Tribo-Corrosion. 2017. V. 3. № 1. P. 12. doi: 10.1007/s40735-017-0071-6
- 10 Thorn R.M.S., Lee S.W.H., Robinson G.M., Greenman J. et al. Electrochemically activated solutions: evidence for antimicrobial efficacy and applications in healthcare environments // European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases. 2012. V. 31(5). P. 641–653. doi: 10.1007/s10096–011–1369–9
- 11 Jiménez-Pichardo R., Regalado C., Castaño-Tostado E., Santos-Cruz J. et al. Evaluation of electrolyzed water as cleaning and disinfection agent on stainless steel as a model surface in the dairy industry // Food Control. 2016. V. 60. P. 320–328. doi: 10.1016/j.foodcont.2015.08.011
- 12 Пат. 2382072, RU, C11B 1/12, C11B 1/00. Способ получения топленого жира страуса / ООО «Сельскохозяйственное предприятие «Приреченский». № 2008150051/13; Заявл. 18.12.2008; Оpubл. 20.02.2010, Бюл. № 5.
- 13 Пат. 2563935, RU, C11B 1/00. Способ получения масла из виноградной косточки / Тарасов С.В., Мартовщук В.И., Мгебришвили Т.В., Тарасов В.Е. № 2013114296/13; Заявл. 29.03.2013; Оpubл. 27.09.2015, Бюл. № 28.
- 14 Пат. 2525269, RU, C11B 3/00. Способ рафинации растительного масла / Красавцев Б.Е., Цатурян А.С., Симкин В.Б., Александрова Э.А., Александров Б.Л. № 2012121736/13; Заявл. 25.05.2012; Оpubл. 10.08.2014, Бюл. № 22.
- 15 Горбачева М.В., Тарасов В.Е., Сапожникова А.И., Калманович С.А. Вытапливание жира в электрохимически активированной водной среде: технологические аспекты, безопасность и качество готового продукта // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1 (83). С. 169–177.
- 16 Milne J., Zhitomirsky I. Application of octanohydroxamic acid for liquid-liquid extraction of manganese oxides and fabrication of supercapacitor electrodes // Journal of colloid and interface science. 2018. V. 515. P. 50-57. doi: 10.1016/j.jcis.2018.01.021
- 17 Лисицын А.Б., Туниева Е.К., Горбунова Н.А. Окисление липидов: механизм, динамика, ингибирование // Все о мясе. 2015. № 1. С. 10–14.
- 18 Ahmed M., Pickova J., Ahmad T., Liaquat M. et al. Oxidation of lipids in foods // Sarhad Journal of Agriculture. 2016. V. 32. № 3. P. 230-238. doi: 10.17582/journal.sja/2016.32.3.230.238.x
- 19 Гуринович Г.В., Патракова И.С., Кудряшов Л.С. Исследование влияния состава посолочных смесей на процесс окисления липидов мясных систем // Техника и технология пищевых производств. 2018. № 1. С. 31–40.
- 20 Yang M., Chen J., Wang X., Sun Y. et al. Enhancement of phosphorus release from waste activated sludge by electrochemical treatment // Environmental technology. 2021. V. 42. № 23. P. 3698-3706. doi: 10.1080/09593330.2020.1739145
- 21 Frankel E.N. Lipid oxidation. Elsevier, 2014.
- 22 Gorbacheva M.V., Tarasov V.E., Kalmanovich S.A., Sapozhnikova A.I. Electrochemical activation as a fat rendering technology // Foods and raw materials. 2021. V. 9. № 1. P. 32–42.
- 23 Пат. 2683559, RU, C11B 1/00, 1/12. Способ получения топленого жира страуса / Горбачева М.В., Тарасов В.Е., Сапожникова А.И., Гордиенко И.М., Стрепетова О.А. № 2017146651; 28.12.2017; Оpubл. 28.03.2019, Бюл. № 10.


References

- 1 Gorbacheva M.V., Tarasov V.E., Sapozhnikova A.I. New technical solutions for the intensification of the process of fat extraction. Organizing Committee. 2020. pp. 34. (in Russian).
- 2 Aïder M., Kastyuchik A., Gnatko E., Benali M. et al. Electro-activated aqueous solutions: theory and application in the food industry and biotechnology. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2012. vol. 15. pp. 38–49. doi:10.1016/j.ifset.2012.02.002 (in Russian).
- 3 Semenenko S.Ya., Lytov M.N., Chushkin A.N., Chushkina E.I. Agroecological assessment of the effectiveness of tomato irrigation with electrolyzed water. South of Russia: ecology, development. 2019. vol. 14. no. 3. pp. 61–70. doi: 10.18470/1992–1098–2019–3–61–70 (in Russian).
- 4 Semenenko S.Ya., Lytov M.N., Chushkin A.N., Chushkina E.I. Determination of the parameters of the technological process of using electrolyzed water in drip irrigation of vegetable crops. Izvestiya NV AUK. 2019. no. 2 (54). pp. 322–330. doi: 10.32786/2071–9485–2019–02–38 (in Russian).
- 5 Osadchenko I.M., Gorlov I.F., Sivkov A.I., Nikolaev D.V. and other Innovative approach to the electrical processing of fermented milk drinks. Storage and processing of agricultural raw materials. 2018. no. 1. pp. 20–22. (in Russian).
- 6 Pasko O.A., Gomboev D.D. Activated water and the possibilities of its application in agriculture. Tomsk, Publishing House of TPU, 2011. 378 p. (in Russian).
- 7 Yudaev I.V., Kokurin R.G., Daus Yu.V. Study of the process of electropulse plasmolysis of plant raw materials. Izvestiya NV AUK. 2018. no. 2 (50). pp. 346–354. (in Russian).
- 8 Hoa N.T., Hue C.T. Enhanced water treatment by Moringa oleifera seeds extract as the bio-coagulant: role of the extraction method. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua. 2018. vol. 67. no. 7. pp. 634-647. doi: 10.2166/aqua.2018.070


- 9 Raghavendra N., Bhat J.I. Chemical and electrochemical studies on the areca fat as a novel and sustainable corrosion inhibitor for industrially important materials in hostile fluid environments. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*. 2017. vol. 3. no. 1. pp. 12. doi: 10.1007/s40735-017-0071-6
- 10 Thorn R.M.S., Lee S.W.H., Robinson G.M., Greenman J. et al. Electrochemically activated solutions: evidence for antimicrobial efficacy and applications in healthcare environments. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*. 2012. vol. 31(5). pp. 641–653. doi: 10.1007/s10096-011-1369-9
- 11 Jiménez-Pichardo R., Regalado C., Castaño-Tostado E., Santos-Cruz J. et al. Evaluation of electrolyzed water as cleaning and disinfection agent on stainless steel as a model surface in the dairy industry. *Food Control*. 2016. vol. 60. pp. 320–328. doi: 10.1016/j.foodcont.2015.08.011
- 12 LLC "Agricultural enterprise" Prirechnsky The method of obtaining melted ostrich fat. Patent RF, no. 2382072, 2010.
- 13 Tarasov S.V., Martovshchuk V.I., Mgebrishvili T.V., Tarasov V.E. Method for obtaining oil from grape seed. Patent RF, no. 2563935, 2015.
- 14 Krasavtsev B.E., Tsaturyan A.S., Simkin V.B., Alexandrova E.A., Alexandrov B.L. Method for refining vegetable oil. Patent RF, no. 2525269, 2014.
- 15 Gorbacheva M.V., Tarasov V.E., Sapozhnikova A.I., Kalmanovich S.A. Fat melting in an electrochemically activated aqueous medium: technological aspects, safety and quality of the finished product. *Proceedings of VSUET*. 2020. vol. 82. no. 1 (83). pp. 169–177. (in Russian).
- 16 Milne J., Zhitomirsky I. Application of octanohydroxamic acid for liquid-liquid extraction of manganese oxides and fabrication of supercapacitor electrodes. *Journal of colloid and interface science*. 2018. vol. 515. pp. 50–57. doi: 10.1016/j.jcis.2018.01.021
- 17 Lisitsyn A.B., Tunieva E.K., Gorbunova N.A. Lipid oxidation: mechanism, dynamics, inhibition. *All about meat*. 2015. no. 1. pp. 10–14. (in Russian).
- 18 Ahmed M., Pickova J., Ahmad T., Liaquat M. et al. Oxidation of lipids in foods. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2016. vol. 32. no. 3. pp. 230–238. doi: 10.17582/journal.sja/2016.32.3.230.238.x
- 19 Gurinovich G.V., Patrakova I.S., Kudryashov L.S. Investigation of the influence of the composition of curing mixtures on the process of lipid oxidation in meat systems. *Technique and technology of food production*. 2018. no. 1. pp. 31–40. (in Russian).
- 20 Yang M., Chen J., Wang X., Sun Y. et al. Enhancement of phosphorus release from waste activated sludge by electrochemical treatment. *Environmental technology*. 2021. vol. 42. no. 23. pp. 3698–3706. doi: 10.1080/09593330.2020.1739145
- 21 Frankel E.N. *Lipid oxidation*. Elsevier, 2014.
- 22 Gorbacheva M.V., Tarasov V.E., Kalmanovich S.A., Sapozhnikova A.I. Electrochemical activation as a fat rendering technology. *Foods and raw materials*. 2021. vol. 9. no. 1. pp. 32–42.
- 23 Gorbacheva M.V., Tarasov V.E., Sapozhnikova A.I., Gordienko I.M., Strepetova O.A. Method for obtaining melted ostrich fat. Patent RF, 2683559, 2019.

Сведения об авторах

Мария В. Горбачева к.т.н., доцент, кафедра товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения им. С.А. Каспарьянца, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, г. Москва, 109472, Россия, gmv76@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3654-4440>

Василий Е. Тарасов д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, д. 2, г. Краснодар, 350072, Россия, tarasov@kubstu.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9586-8563>

Алла И. Сапожникова д.т.н., профессор, кафедра товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения им. С.А. Каспарьянца, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, г. Москва, 109472, Россия, fibrilla@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5040-6998>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors


Maria V. Gorbacheva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, S.A. Kasparyanz commodity science, technology of raw materials and products of animal and plant origin department, K.I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Academica Scrybina St., 23, Moscow, 109472, Russia, gmv76@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3654-4440>

Vasily E. Tarasov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, cosmetics, merchandising, processes and apparatus department, Kuban State Technological University, Moskovskaya St., 2, Krasnodar, 350072, Russia, tarasov@kubstu.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9586-8563>

Alla I. Sapozhnikova Dr. Sci. (Engin.), professor, S.A. Kasparyanz commodity science, technology of raw materials and products of animal and plant origin department, K.I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Academica Scrybina St., 23, Moscow, 109472, Russia, fibrilla@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5040-6998>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 20/09/2021	После редакции 12/10/2021	Принята в печать 01/11/2021
Received 20/09/2021	Accepted in revised 12/10/2021	Accepted 01/11/2021