



**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ЗЕМЛЕДЕЛИИ, АГРОХИМИИ, СЕЛЕКЦИИ  
И СЕМЕНОВОДСТВЕ**

**RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN  
AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY,  
BREEDING AND SEED PRODUCTION**

УДК 665.3

DOI:10-31677/2311-0651-2019-25-3-82-90

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ  
НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ  
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ**

**Н.В. Макарова**, доктор химических наук, профессор

**М.С. Воронина**, кандидат технических наук

*Самарский государственный технический университет*

E-mail: marianna419@rambler.ru

**Ключевые слова:** растительные масла, подсолнечное масло, кокосовое масло, пальмовое масло, окисление, перекисное число, кислотное число, Totox-число, анизидиновое число, тиобарбитуровое число, термообработка, хранение.

*Реферат. Растительные масла являются на данный момент не только одними из самых популярных пищевых продуктов в мире, имеющих репутацию полезных для здоровья человека, но и основным источником ненасыщенных жирных кислот, которые предотвращают многочисленные сердечно-сосудистые и другие заболевания. С целью изучения глубины окислительных изменений химического состава жирно-кислотной фазы при реальных процессах технологической переработки и приготовления кулинарных блюд с использованием растительных масел исследованы перекисное, кислотное, анизидиновое, Totox, тиобарбитуровое числа для растительного масла в различных модельных условиях: варка (температура 95–100 °С, время обработки 30 мин), жарка (температура 195–200 °С, время обработки 15 мин), кратковременное нагревание (СВЧ-нагрев, мощность 90 Вт, время обработки 2 мин), нарушение условий хранения (температура 35–40 °С, время обработки 3 и 7 суток). При сравнительной характеристике окислительных процессов в кокосовом, пальмовом, подсолнечном масле установлено, что именно подсолнечное масло склонно к глубоким процессам окислительной порчи. Обнаружена высокая склонность к увеличению изученных показателей при всех вариантах обработки, что свидетельствует о глубоком протекании окислительных процессов в растительных маслах. Особенно большое влияние, ускоряющее окисление ненасыщенных жирных кислот подсолнечного масла, наблюдается в случае хранения при повышенной температуре и СВЧ-нагрева. Исходя из этих данных, даются рекомендации по необходимости использования натуральных антиоксидантов в процессах переработки растительных масел, производства пищевых продуктов с использованием растительных масел, приготовления кулинарных блюд, в рецептуре которых присутствуют растительные масла.*

## STUDY OF THE OXIDATIVE STABILITY OF SEVERAL TYPES OF VEGETABLE OILS WITH DIFFERENT TECHNOLOGICAL PARAMETERS

N.V. Makarova, Doctor of Chemistry, Professor  
M.S. Voronina, Candidate of Technical Sciences

*Samara State Technical University*

**Key words:** vegetable oils, sunflower oil, coconut oil, palm oil, oxidation, peroxide value, acid number, Totox number, anisidine number, thiobarbitur number, heat treatment, storage.

*Abstract. Vegetable oils are currently not only one of the most popular foods in the world, having a reputation for being healthy, but also the main source of unsaturated fatty acids, which prevent numerous cardiovascular and other diseases. In order to study the depth of oxidative changes in the chemical composition of the fatty acid phase in real technological processing processes and the preparation of culinary dishes using vegetable oils, the peroxide, acid, anisidine, Totox, thiobarbituric numbers for vegetable oil were studied under various conditions of model conditions: cooking (temperature 95-100 °C, processing time 30 min), frying (temperature 195-200 °C, processing time 15 min), short-term heating (microwave heating power 90 W, processing time 2 min), breaking the condition of storage (temperature 35-40 °C, and treatment time 3 to 7 days). With a comparative description of oxidative processes in coconut, palm, and sunflower oil, it was established that sunflower oil is prone to deep oxidative damage processes. A high propensity to increase the studied parameters was found for all treatment options, which indicates a deep occurrence of oxidative processes in vegetable oils. A particularly large effect, accelerating the oxidation of unsaturated fatty acids of sunflower oil, is observed in the case of storage at elevated temperatures and microwave heating. Based on these data, recommendations are made on the need to use natural antioxidants in the processing of vegetable oils, food production using vegetable oils, cooking culinary dishes, in the formulation of which vegetable oils are present.*

Растительные масла являются основными источниками ненасыщенных жирных кислот в питании большинства россиян. Именно за последние несколько лет проведены широкомасштабные исследования роли ненасыщенных жирных кислот в поддержании здоровья. Так, суммированы данные многих исследований по проявлению полиненасыщенными жирными кислотами сердечно-сосудистого, противоаритмического, противовоспалительного, антигипертензивного [1], антиоксидантного [2] действия. Именно полиненасыщенные жирные кислоты рекомендуются как необходимая составляющая диеты для снижения веса, улучшения здоровья [3]. Обсуждены механизмы накопления полиненасыщенных жирных кислот в плазме крови [4], транспорта холестерина [5], антитромботического эффекта [6].

Окисление липидов является одним из основных процессов, ограничивающих срок годности растительных масел. Жиры растительных масел состоят из триглицеридов, и именно они являются «центрами» окислительных процессов. Образующиеся продукты окисления оказывают отрицательное влияние на здоровье человека, провоцируя ряд заболеваний [7] за счет накопления продуктов окисления в клеточных мембранах [8]. Механизм влияния термически окисленных жиров оценен по уровню липидов низкой и высокой плотности, гемоглобина, холестерина, лимфоцитов в крови обследованных больных [9]. А эпидемиологические исследования доказывают положительное влияние употребления растительных масел на деятельность сердца [10].

Целый ряд работ посвящен исследованиям влияния природы растительных масел, условий обработки на уровень протекания окислительных процессов. Так, на примере соевого масла показано [11] различие в показателях содержания вторичных продуктов окисления в зависимости от температуры и времени нагревания. Для льняного [12], кукурузного [13], оливкового, кокосового, рапсового [14], подсолнечного, соевого, кукурузного, виноградных косточек [15], арахисового, кукурузного, рапсового, виноградных косточек, рисовых отрубей [16] масел установлено изменение количественного и качественного состава жирных кислот, увеличение

перекисного, йодного, анизидинового чисел, содержания диенов и триенов при термической обработке и хранении.

Для защиты растительных масел от окисления одним из важнейших путей является использование антиоксидантов. Именно в последнее время наметилась тенденция к производству и использованию антиоксидантов из натурального пищевого сырья. В качестве таких натуральных антиоксидантов предлагается использовать куркумин для кукурузного масла [17], экстракты зеленого чая, ликопин, ресвератрол,  $\gamma$ -оризанол для арахисового масла [18], экстракт кожуры граната для кокосового масла для фритюрной жарки [19], инкапсулированные экстракты цитрусовых, брокколи, розмарина для подсолнечного масла [20], листья оливкового дерева для подсолнечного масла [21].

Однако, несмотря на ряд проведенных исследований, анализ научных статей показывает, что изучение окислительной стабильности растительных масел касается в основном исследований глубины окисления при хранении, а вопросы влияния технологии переработки растительных масел, в частности кулинарной обработки, на глубину протекания процессов окисления остаются нераскрытыми. Кроме того, даже влияние технологии хранения изучено при стандартных условиях, тогда как в современной логистической цепи сбыта растительного масла и пищевых продуктов, включающих в свою рецептуру растительные масла, наблюдаются значительные нарушения в технологиях хранения и переработки.

Целью исследований являются: 1) оценка глубины степени окисления подсолнечного, кокосового, пальмового масел с помощью перекисного, анизидинового, Totox, тиобарбитурового чисел в различных условиях, моделирующих реальные технологические процессы переработки растительных масел и производства пищевых продуктов с включением растительных масел в рецептуру: варка (температура 95–100 °С, время обработки 30 мин), жарка (температура 195–200 °С, время обработки 15 мин), кратковременное нагревание (СВЧ-нагрев, мощность 90 Вт, время обработки 2 мин), нарушение условий хранения (температура 35–40 °С, время обработки 3 и 7 суток); 2) сравнительный анализ уровня окислительных процессов растительных масел для различных условий; 3) выработка рекомендаций по оптимальным технологическим режимам обработки и хранения растительных масел и пищевых продуктов с включением в их состав растительных масел.

*Методика обработки образцов растительного масла.* Модель обработки I: 100 г растительного масла выдерживают при температуре 95–100 °С в течение 30 мин.

Модель обработки II: 100 г растительного масла выдерживают при температуре 195–200 °С в течение 15 мин.

Модель обработки III: 100 г растительного масла выдерживают при СВЧ-нагреве мощностью 90 Вт в течение 2 мин.

Модель обработки IV: 100 г растительного масла выдерживают при температуре 35–40 °С в течение 72 ч.

Модель обработки V: 100 г растительного масла выдерживают при температуре 35–40 °С в течение 168 ч.

*Методика определения степени окисления растительного масла по перекисному числу.* За основу взята методика, изложенная в статье S. Okparanta et al. [22], с изменениями для собственных объектов. К 5 г растительного масла добавляют 30 мл смеси уксусной кислоты с хлороформом (3 : 2). После растворения исследуемого образца добавляют 0,5 мл насыщенного раствора йодида калия, раствор оставляют на 1 мин, доливают 30 мл дистиллированной воды и титруют 0,01 М раствором тиосульфата натрия до исчезновения светло-желтого цвета, добавляют 0,5 мл 1 %-го раствора крахмала и титруют раствором тиосульфата натрия до исчезновения голубой окраски. Рассчитывают перекисное число (моль  $\frac{1}{2}$  O<sub>2</sub>/кг).

*Методика определения степени окисления растительного масла по кислотному числу.* За основу взята методика, изложенная в статье S. Okparanta et al. [22], с изменениями для соб-

ственных объектов. К 1,5 г растительного масла добавляют 25 мл спирто-эфирной нейтрализованной смеси. Перемешивают. Добавляют 2–3 капли фенолфталеина и титруют 0,1 М раствором КОН до получения светло-розовой не исчезающей в течение 30 с окраски.

*Методика определения степени окисления растительного масла по анизидиновому числу.* За основу взята методика, изложенная в статье М. Pignitter, V. Somora [23], с изменениями для собственных объектов. Растворяют 1,5 г растительного масла в 25 мл *изо*-октана. Отбирают пробу в 5 мл и добавляют 5 мл 0,25 %-го раствора анизидина в уксусной кислоте. Выдерживают 10 мин для осуществления реакции. Снимают спектр поглощения при 350 нм.

*Методика определения степени окисления растительного масла по Totox-числу.* За основу взята методика, изложенная в статье [23], с изменениями для собственных объектов.

*Методика определения степени окисления растительного масла по тиобарбитуровому числу.* За основу взята методика, изложенная в статье О.А. Karanta, А.А. Akaho [24], с изменениями для собственных объектов. Смешивают с 0,9 мл дистиллированной воды 0,1 г образца растительного масла и 5 мл ТВА- реактива (0,375 % тиобарбитуровой кислоты, 15 % трихлоруксусной кислоты и 0,25 М HCl). Смесь нагревают на водяной бане 10 мин до появления розовой окраски, охлаждают до комнатной температуры, центрифугируют при скорости 5000 об/мин 10 мин. Снимают спектр поглощения при 532 нм и определяют тиобарбитуровое число по калибровочному графику, построенному по стандартному веществу – малондиальдегиду (МДА) (мг МДА/1 кг исходного растительного масла).

Окисление липидов является главной причиной их порчи, а перекиси, образующиеся при реакции кислорода с ненасыщенными жирными кислотами растительного масла, являются первичными продуктами этой реакции. Концентрация перекисей, выраженная в виде перекисного числа, является мерой окисления, или прогорклости, растительных масел на начальных этапах окисления. Определение перекисного числа растительного масла является одним из химических методов испытаний и необходимым моментом оценки окислительной порчи. Метод определения перекисного числа включает титрование пробы растительного масла, содержащей йодид калия в смеси хлороформ – уксусная кислота. Гидропероксиды окисляют йодид до молекулярного йода, который оттитровывают тиосульфатом натрия.

Результаты определения перекисного числа растительных масел в различных моделирующих условиях представлены на рис. 1.

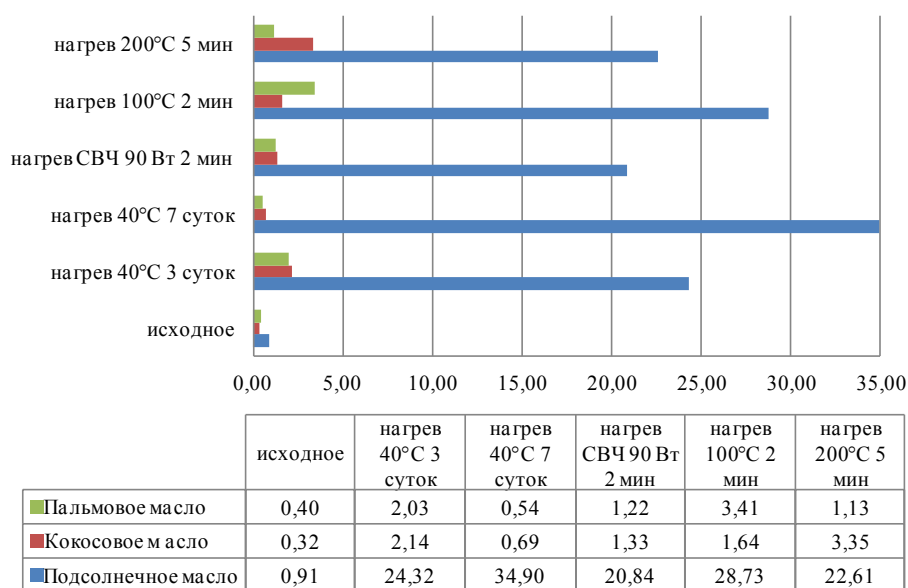


Рис. 1. Результаты определения перекисного числа растительных масел, ммоль  $\frac{1}{2}$  O<sub>2</sub>/кг



Исходные растительные масла имеют низкие значения перекисных чисел. Причем этот показатель ниже у кокосового и пальмового масел (0,32 и 0,40 ммоль  $\frac{1}{2}$  O<sub>2</sub>/кг) по сравнению с подсолнечным. При всех видах обработки этот показатель увеличивается. Но в случае кокосового и пальмового масла это увеличение не столь значительно, как в случае подсолнечного. Практически любая технология нагревания ведет к увеличению перекисного числа подсолнечного масла в десятки раз. Это можно объяснить различием в жирно-кислотном составе кокосового и пальмового масел по сравнению с подсолнечным. Именно подсолнечное масло содержит больше ненасыщенных жирных кислот, а следовательно, весьма склонно к реакциям первичного окисления.

Порча растительных масел, вызванная реакциями гидролиза, возникает в результате расщепления молекулы триглицерида по сложноэфирной связи с образованием свободных жирных кислот. Кислотное число представляет собой количество гидроксида калия, необходимое для нейтрализации свободных жирных кислот.

Результаты определения кислотного числа растительных масел в различных моделирующих условиях представлены на рис. 2. Исходя из полученных данных, можно отметить, что кислотное число мало изменяется у всех видов масел. В случае подсолнечного и пальмового масел кислотное число имеет низкие значения как исходные, так и при различных вариантах обработки. У кокосового масла исходное значение выше, чем у других видов исследованных масел, приблизительно в 3 раза, а при обработке оно увеличивается почти в 2 раза.

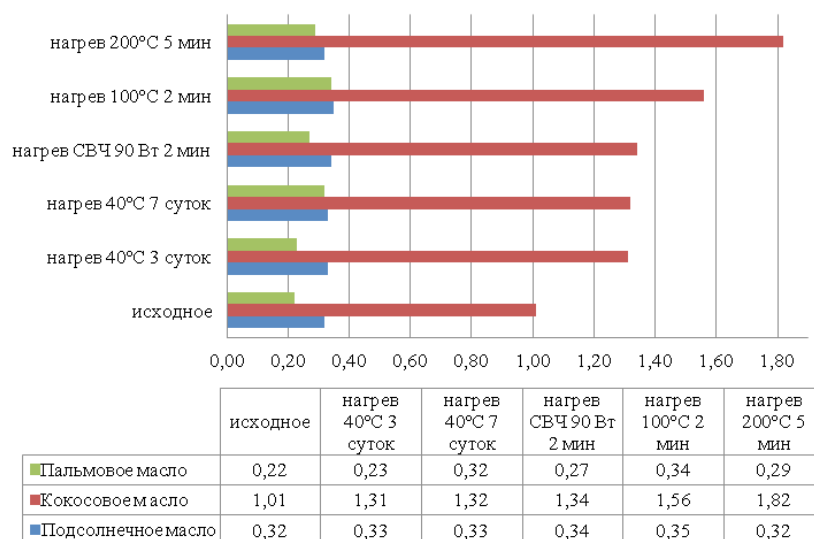


Рис. 2. Результаты определения кислотного числа растительных масел, мг КОН/г

Определение перекисного числа не обеспечивает полную оценку степени окисленности растительных масел в связи с промежуточной природой перекисных соединений и их разрушением на последующих стадиях до прочих продуктов окисления. Расщепление гидропероксидов является одной из основных реакций инициирования окисления в растительных маслах. На этой стадии образуется множество летучих соединений: кетонов и альдегидов. Именно анизидиновое число характеризует количество  $\alpha$ - и  $\beta$ -ненасыщенных альдегидов, присутствующих в растительных маслах. Метод основан на реакции анизидина с альдегидами в присутствии уксусной кислоты с образованием продуктов реакции, имеющих желтоватую окраску.

Результаты определения анизидинового числа растительных масел в различных моделирующих условиях представлены на рис. 3. Анализируя их, можно по степени устойчивости к образованию вторичных продуктов окисления все изученные растительные масла расположить в следующий ряд по убыванию устойчивости: кокосовое > пальмовое > подсолнечное. Именно подсолнечное масло, как содержащее ненасыщенные жирные кислоты, наиболее подвержено окислению.

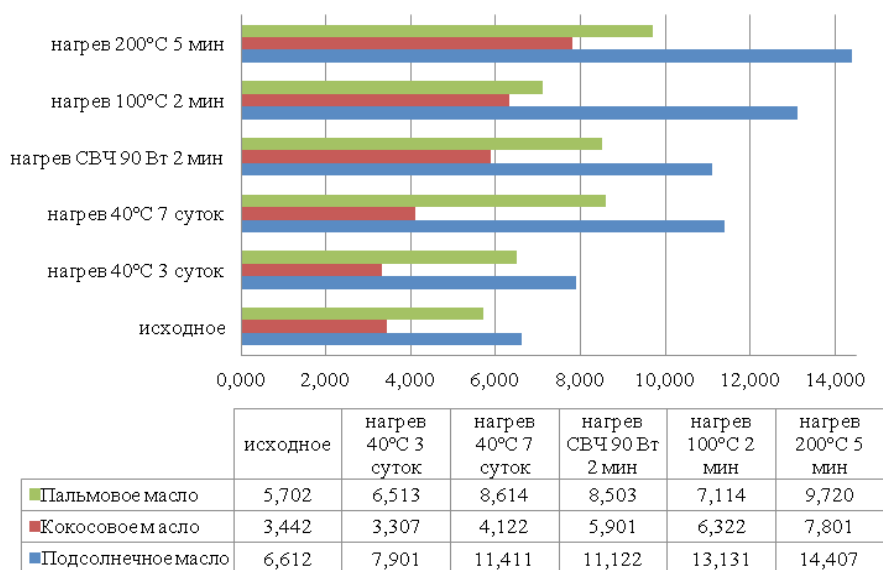


Рис. 3. Результаты определения анизидинового числа растительных масел

Определение анизидинового числа для растительных масел сопровождается определением и перекисного числа. Рассматривая реакции окисления растительного масла в целом, можно сказать, что на первых стадиях перекисное число возрастает, однако по мере распада пероксидов до альдегидов и кетонов начинает увеличиваться анизидиновое число. Исходя из этих данных, можно определить общую степень окисленности растительного масла по Totox-числу. Но следует учитывать, что это число всего лишь безразмерный эмпирический параметр, характеризующий устойчивость растительного масла к дальнейшему окислению.

Результаты определения Totox-числа растительных масел в различных моделирующих условиях представлены на рис. 4. Именно Totox-число дает наиболее полное представление об уровне окисления растительных масел как с точки зрения накопления первичных, так и вторичных продуктов окисления. В наименьшей степени окислению подвержены кокосовое и пальмовое масло, тогда как в подсолнечном масле окисление протекает очень интенсивно. Для этого же масла существенное окисление характерно при длительной выдержке при повышенной температуре.

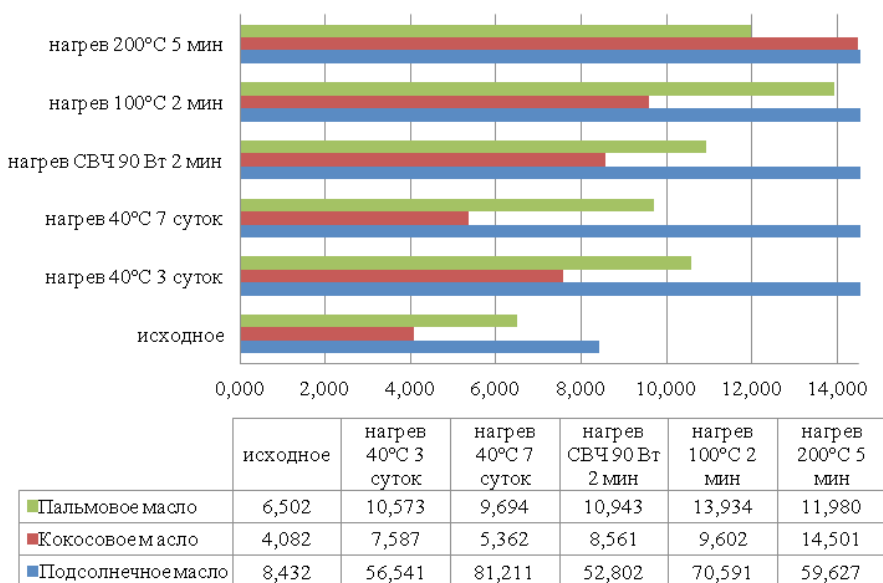


Рис. 4. Результаты определения Totox-числа растительных масел

Малоновый диальдегид образуется из полиненасыщенных жирных кислот растительных масел, имеющих в составе своей молекулы не менее трех двойных связей. Содержание альдегидов оценивается по реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой. В результате этой реакции образуются конденсированные продукты, имеющие красный цвет, что можно количественно оценить спектрофотометрическим методом. Именно тиобарбитуровое число считается хорошим индикатором прогорклости растительных масел.

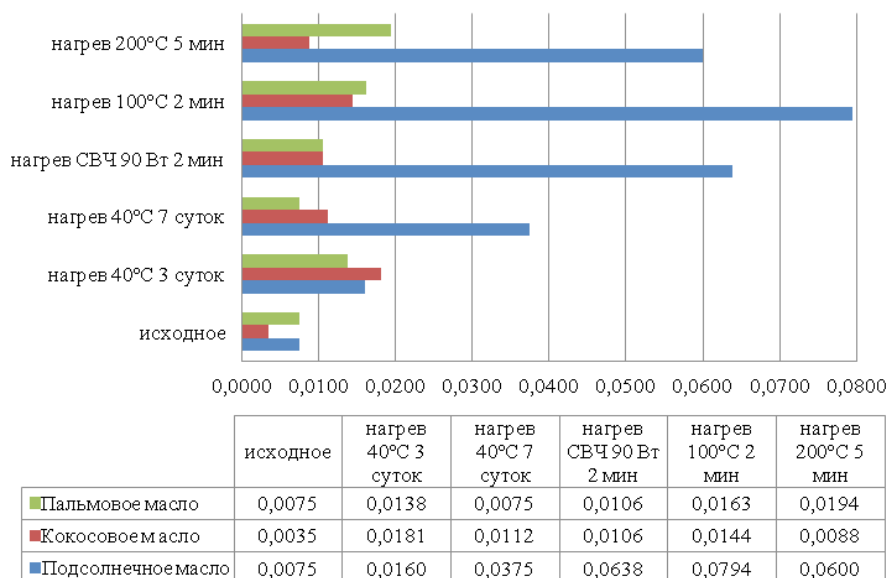


Рис. 5. Результаты определения тиобарбитурового числа растительных масел, мг МДА/1 кг исходного сырья

Результаты определения тиобарбитурового числа растительных масел в различных моделирующих условиях представлены на рис. 5. Увеличение значения тиобарбитурового числа свидетельствует об усилении процессов окисления и накоплении не только моноальдегидов и кетонов, но и ди-, три-, поликарбонильных соединений. На основании полученных данных этот процесс наиболее характерен для подсолнечного масла при процессах нагревания до высоких температур.

Таким образом, по результатам исследования степени окисления растительных масел путем оценки уровня перекисного, кислотного, анизидинового, Totox-, тиобарбитурового чисел в условиях, моделирующих реальные процессы технологической переработки пищевых продуктов или кулинарного приготовления продуктов общественного питания, установлено следующее:

1) подсолнечное масло имеет значительную склонность к окислению, а глубина процессов окисления зависит от конкретных технологических условий обработки;

2) накопление продуктов окисления, как первичных, так и вторичных, в наибольшей степени наблюдается в случае длительного хранения при температурах 35–40 °С. Исходя из этого, необходимо строго соблюдать рекомендуемые температуры и сроки хранения, т.к. если и не происходит микробиологической порчи растительных масел, то имеют место глубокие изменения химического состава растительных масел за счет процессов окисления и гидролиза;

3) разогрев кулинарных блюд или приготовление блюд, в состав которых входит подсолнечное масло, с использованием СВЧ-излучения не является полностью нейтральным процессом для протекания окисления жирно-кислотной фазы растительных масел, поэтому данную операцию необходимо учитывать с точки зрения процессов окисления при повторном разогреве кулинарных блюд;

4) в связи с полученными результатами необходимо рекомендовать введение натуральных антиоксидантов в состав готовых продуктов с использованием растительных масел и особенно подсолнечного.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Polyunsaturated fatty acids in health and disease* /D. Ristić-Medić, V. Vučić, M. Takić [et al.] // J. Serb. Chem. Soc. – 2013. – Vol. 78, N 9. – P. 1269–1289.
2. *Nutritional factors affecting mental health*/S.Y. Lim, E.J. Kim, A. Kim [et al.] // Clin. Nutr. Res. – 2016. – Vol. 5, N 3. – P. 143–152.
3. *Kaur K.K., Allahbadia G., Singh M.* Synthesis and functional significance of poly unsaturated fatty acids (PUFA's) in body // Acta Sci. Nutr. Health. – 2018. – Vol. 2, N 4. – P. 43–50.
4. *Jenkins B., West J.A., Koulman A.* A review of odd-chain fatty acid metabolism and the role of pentadecanoic acid (C15:0) and heptadecanoic acid (C17:0) in health and disease // Molecules. – 2015. – Vol. 20. – P. 2425–2444.
5. *The role of omega-3 fatty acids in reverse cholesterol transport: a review* / A. Pizzini, L. Lunger, E. Demetz [et al.] // Nutrients. – 2017. – Vol. 9. – P. 1099.
6. *A comparative study of the effect of argan oil versus fish oil on risk factors for cardio-vascular disease in high-fat-fed rats*/ A. Haimeur, N. Meskini, V. Mimouni [et al.] // Nutrition. – 2019. – Vol. 57. – P. 32–39.
7. *Effects of repeated heating of cooking oils on antioxidant content and endothelial function*/ X. F. Leong, C. Y. Ng, K. Jaarin, M. R. Mustafa// Austin J. Pharmac. and Therap. – 2015. – Vol. 3, N 2. – P. 1068.
8. *Dabrowska M., Zielińska A., Nowak I.* Lipid oxidation products as a potential health and analytical problem // Chemik. – 2015. – Vol. 69, N 2. – P. 89–94.
9. *Falade A. O., Oboh G., Okoh A. I.* Potential health implications of the consumption of thermally-oxidized cooking oils // Pol. J. Food Nutr. Sci. – 2017. – Vol. 67, N 2. – P. 95–105.
10. *Mishra S., Manchanda S. C.* Cooking oils for heart health// J. Preventive Cardiology. – 2012. – Vol. 1, N 3. – P. 123–131.
11. *Effect of oxidized soybean oils on oxidative status and intestinal barrier function in broiler chickens*/ L. Tan, D. Rong, Y. Yang, B. Zhang// Braz. J. Poultry Sci. – 2018. – Vol. 20, N 2. – P. 333–342.
12. *Heating effects on physicochemical characteristics and antioxidant activity of flaxseed hull oil (Linum usitatissimum L.)* / W. Herchi, K. B. Ammar, I. Bouali [et al.] // Food Sci. Technol. Campinas. – 2016. – Vol. 36, N 1. – P. 97–102.
13. *Sadoudi R., Ammouche A., Ali Ahmed D.* Thermal oxidative alteration of sunflower oil // Afr. J. Food Sci. – 2014. – Vol. 8, N 3. – P. 116–121.
14. *De Alzaa F., Guillaume C., Ravetti L.* Evaluation of chemical and physical changes in different commercial oils during heating// Acta Sci. Nutr. Health. – 2018. – Vol. 2, N 6. – P. 2–11.
15. *Oxidative changes in some vegetable oils during heating at frying temperature* /E.M. Marinova, K. A. Seizova, I. R. Totseva [et al.] // Bulg. Chem. Commun. – 2012. – Vol. 44, N 1. – P. 57–63.
16. *Oxidative stability of selected edible oils.* / M. Masweska, A. Florowska, E. Dłużewska [et al.] // Molecules. – 2018. – Vol. 23. – P. 1746.
17. *Asnaashari M., Farahmandfar R., Esmaeilzadehkenari R.* Influence of light and temperature on lipid oxidation and colour changes of corn oil including curcumin // Int. J. Adv. Sci. Eng. and Technol. – 2017. – Vol. 5, N 3. – P. 38–41.
18. *Aydeniz B., Yilmaz E.* Performance of different natural antioxidant compounds in frying oil // Food Technol. Biotechnol. – 2016. – Vol. 54, N 1. – P. 21–30.
19. *Bopitiya D., Madhujith T.* Efficacy of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extracts in suppressing oxidation of white coconut oil used for deep frying // Trop. Agr. Res. – 2014. – Vol. 25, N 3. – P. 298–306.
20. *Ahn J.-H., Kim Y.-P., Kim H.-S.* Effect of natural antioxidants on the lipid oxidation of microencapsulated seed oil // Food Contr. – 2012. – Vol. 23. – P. 528–534.
21. *Effect of olive pruning extract on lipid oxidation in sunflower oil* / P. A. González-Fuentes, M. C. Zuñiga, C. A. Olea-Azar [et al.] // Cien. Inv. Agr. – 2017. – Vol. 44, N 3. – P. 262–271.
22. *Okparanta S., Daminabo V., Solomon L.* Assessment of rancidity and other physicochemical properties of edible oils (mustard and corn oils) stored at room temperature. // J. Food and Nutr. Sci. – 2018. – Vol. 6, N 3. – P. 70–75.
23. *Pignitter M., Somoza V.* Critical evaluation of methods for the measurement of oxidative rancidity in vegetable oils // J. Food and Drug. Anal. – 2012. – Vol. 20. – N 4. – P. 772–777.
24. *Akaranta O., Akaho A. A.* Synergic effects of citric acid and peanut skin extract on the oxidative stability of vegetable oil // J. Appl. Sci. Environ. Manage. – 2012. – Vol. 16, N 4. – P. 345–351.



## REFERENCES

1. Polyunsaturated fatty acids in health and disease /D. Ristić-Medić, V. Vučić, M. Takić [et al.] // J. Serb. Chem. Soc. – 2013. – Vol. 78, N 9. – P. 1269–1289.
2. Nutritional factors affecting mental health/S.Y. Lim, E.J. Kim, A. Kim [et al.] // Clin. Nutr. Res. – 2016. – Vol. 5, N 3. – P. 143–152.
3. Kaur K.K., Allahbadia G., Singh M. Synthesis and functional significance of poly unsaturated fatty acids (PUFA's) in body // Acta Sci. Nutr. Health. – 2018. – Vol. 2, N 4. – P. 43–50.
4. Jenkins B., West J.A., Koulman A. A review of odd-chain fatty acid metabolism and the role of pentadecanoic acid (C15:0) and heptadecanoic acid (C17:0) in health and disease // Molecules. – 2015. – Vol. 20. – P. 2425–2444.
5. The role of omega-3 fatty acids in reverse cholesterol transport: a review A. Pizzini, L. Lunger, E. Demetz [et al.] // Nutrients. – 2017. – Vol. 9. – P. 1099.
6. A comparative study of the effect of argan oil versus fish oil on risk factors for cardio-vascular disease in high-fat-fed rats/ A. Haimeur, N. Meskini, V. Mimouni [et al.] // Nutrition. – 2019. – Vol. 57. – P. 32–39.
7. Effects of repeated heating of cooking oils on antioxidant content and endothelial function/ X.F. Leong, C.Y. Ng, K. Jaarin, M.R. Mustafa// Austin J. Pharmac. and Therap. – 2015. – Vol. 3, N 2. – P. 1068.
8. Dabrowska M., Zielińska A., Nowak I. Lipid oxidation products as a potential health and analytical problem // Chemik. – 2015. – Vol. 69, N 2. – P. 89–94.
9. Falade A.O., Oboh G., Okoh A.I. Potential health implications of the consumption of thermally-oxidized cooking oils // Pol. J. Food Nutr. Sci. – 2017. – Vol. 67, N 2. – P. 95–105.
10. Mishra S., Manchanda S.C. Cooking oils for heart health// J. Preventive Cardiology. – 2012. – Vol. 1, N 3. – P. 123–131.
11. Effect of oxidized soybean oils on oxidative status and intestinal barrier function in broiler chickens/ L. Tan, D. Rong, Y. Yang, B. Zhang// Braz. J. Poultry Sci. – 2018. – Vol. 20, N 2. – P. 333–342.
12. Heating effects on physicochemical characteristics and antioxidant activity of flaxseed hull oil (*Linum usitatissimum* L.) / W. Herchi, K.B. Ammar, I. Bouali [et al.] // Food Sci. Technol. Campinas. – 2016. – Vol. 36, N 1. – P. 97–102.
13. Sadoudi R., Ammouche A., Ali Ahmed D. Thermal oxidative alteration of sunflower oil // Afr. J. Food Sci. – 2014. – Vol. 8, N 3. – P. 116–121.
14. De Alzaa F., Guillaume C., Ravetti L. Evaluation of chemical and physical changes in different commercial oils during heating// Acta Sci. Nutr. Health. – 2018. – Vol. 2, N 6. – P. 2–11.
15. Oxidative changes in some vegetable oils during heating at frying temperature /E.M. Marinova, K.A. Seizova, I.R. Totseva, [et al.] // Bulg. Chem. Commun. – 2012. – Vol. 44, N 1. – P. 57–63.
16. Oxidative stability of selected edible oils. /Masweska M., Florowska A., Dłużewska E. [et al.] // Molecules. – 2018. – Vol. 23. – P. 1746.
17. Asnaashari M., Farahmandfar R., Esmaeilzadehkenari R. Influence of light and temperature on lipid oxidation and colour changes of corn oil including curcumin // Int. J. Adv. Sci. Eng. and Technol. – 2017. – Vol. 5, N 3. – P. 38–41.
18. Aydeniz B., Yilmaz E. Performance of different natural antioxidant compounds in frying oil // Food Technol. Biotechnol. – 2016. – Vol. 54, N 1. – P. 21–30.
19. Bopitiya D., Madhujith T. Efficacy of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extracts in suppressing oxidation of white coconut oil used for deep frying // Trop. Agr. Res. – 2014. – Vol. 25, N 3. – P. 298–306.
20. Ahn J. – H., Kim Y. – P., Kim H. – S. Effect of natural antioxidants on the lipid oxidation of microencapsulated seed oil // Food Contr. – 2012. – Vol. 23. – P. 528–534.
21. Effect of olive pruning extract on lipid oxidation in sunflower oil/ P.A. González-Fuentes., M.C. Zuñiga., C.A. Olea-Azar [et al.] // Cien. Inv. Agr. – 2017. – Vol. 44, N 3. – P. 262–271.
22. Okparanta S., Daminabo V., Solomon L. Assessment of rancidity and other physicochemical properties of edible oils (mustard and corn oils) stored at room temperature. // J. Food and Nutr. Sci. – 2018. – Vol. 6, N 3. – P. 70–75.
23. Pignitter M., Somoza V. Critical evaluation of methods for the measurement of oxidative rancidity in vegetable oils // J. Food and Drug. Anal. – 2012. – Vol. 20. – N 4. – P. 772–777.
24. Akaranta O., Akaho A.A. Synergic effects of citric acid and peanut skin extract on the oxidative stability of vegetable oil // J. Appl. Sci. Environ. Manage. – 2012. – Vol. 16, N 4. – P. 345–351.