

9. Смирнова Н. А., Смирнов А. А. Современные системы управления качеством и безопасностью пищевых продуктов / Пищевая промышленность. 2015. № 11. – С. 12–14.

10. Elnaz E., Seyyed M. S., Ahmad B., Christos D. 2019 Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability / Agricultural Water Management. 2019, No. 218. – P. 149–157.

12. Шпер В. Л., Шереметьева С. А., Смелов В. Ю., Хунузиди Е. И. Контрольные карты Шухарта – простой, но не лёгкий для применения инструмент анализа данных / Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия. 2024, № 67(1). – С. 121–131.

УДК 665.333.4:665.328

А. Н. Никитенко, канд. техн. наук, доц.,
А. А. Гелахова, студ.
(БГТУ, г. Минск)

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ К ОКИСЛЕНИЮ

Растительные масла являются важнейшими компонентами пищевого рациона человека. В течение ряда лет жиры рассматривались, главным образом, как основной поставщик энергии, а также как вещества, придающие пище необходимую консистенцию, улучшающие ее вкусовые достоинства. Растительные масла потребляются различными тканями и органами в зависимости от их функционального состояния, в частности сердце до 70 % своих энергетических затрат покрывает за счет превращения жирных кислот.

Ненасыщенные жирные кислоты более склонны к окислению по сравнению с другими кислотами растительных масел. Поэтому целью данной работы было – выполнить обзор способов повышения устойчивости пищевых растительных масел.

Среди методов оценки для определения устойчивости растительных масел применяются: определение жирно кислотного состава масел – полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК), насыщенных жирных кислот (НЖК); установление йодного числа, в качестве метода относительной оценки степени ненасыщенности кислот масла; перекисного числа (ПЧ).

Стабильность кунжутного масла, смесей кунжутного масла с другими маслами при хранении изучалась в течение 12 мес. В кун-

жугтом масле преобладают ПНЖК – С18:2 (46,74 %) и МНЖК – С18:1 (37,4 %). Смешивание с маслом рисовых отрубей привело к увеличению содержания НЖК – С16:0 и МНЖК – С18:1, а также снижению содержания ПНЖК – С18:2. В то же время смешивание с горчичным маслом еще больше снижало содержание НЖК – С16:0. Низкое содержание НЖК возможно было причиной того, что смеси кунжутного и рисового масел были более стабильны по сравнению с кунжутным маслом [1].

Были исследованы купажи растительных масел со сбалансированным составом жирных кислот. Изучено влияние среды (азот, кислород воздуха) на их окисление при температуре 100°C. Установлено, что температурное воздействие на кукурузно-льняной, кукурузно-рыжиковый и подсолнечно-рыжиковый купажи в инертной среде и при доступе кислорода воздуха практически не влияет на соотношение ω -6 и ω -3 жирных кислот. Замедление процессов термоокисления в купажах масел происходит при нагреве в инертной среде азота [2].

Необработанное пальмовое масло (CPO), подсолнечное (SFO) и кунжутное масла (SO) и их смеси: бинарные CPO+(SFO/SO) и тройные CPO+SFO+SO были исследованы на стабильность при хранении. Выполнено две серии экспериментов. В первой серии экспериментов масла подвергались нагреванию при 120 °C по 3 ч. в день в течение 60 дней в темноте, а второй эксперимент служил контрольным (масла хранили в темноте в течение того же периода). На основании изменений окислительных параметров бинарные смеси CPO с кунжутным или подсолнечным маслом были наиболее стабильными по сравнению с самим маслом или тройными смесями. Эта окислительная стабильность возможно была связана с увеличением насыщенности, что отражается в значении йодных чисел [3].

Смеси соевого масла с маслом облепихи, камелии, рисовых отрубей, кунжутным маслом и арахисовым маслом хранились в условиях ускорения окисления при температуре 60 °C без доступа воздуха в течение 24 дней. Окислительная стабильность смесей увеличивается с увеличением степени насыщения [4].

В исследовании стабильности при хранении пальмовых масел, обогащенных витамином А, с различными начальными значениями ПЧ (<2, 4 или 9 мэкв O₂/кг), масла продували азотом в воздушном пространстве и хранили в янтарных бутылках в темноте при повышенных температурах 60, 75 и 90 °C. Обнаружено, что масла, обогащенные витамином А, окисляются быстрее в образцах с высокой ПЧ, срок хранения которых составляет от нескольких дней до 3 мес. в зависимости от ПЧ (<10 мэкв O₂/кг). Авторы также пришли к выводу о

целесообразности обогащения масел витамином А [5].

Силалахи и соавторы изучили стабильность витамина А в пальмовом олеине с значениями ПЧ менее 0,5 мэкв О₂/кг. В эксперименте сравнивалось влияние температуры (16–20 °С (прохладная), 24–29 °С (комнатная) или 24–45 °С (сезонная)), а также типа упаковки (прозрачная ПЭТ-бутылка, пакет из нейлонового линейного полиэтилена низкой плотности (ЛПЭНП) (прозрачный и непрозрачный) или канистра из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП)).

Содержание витамина А снижалось в большей степени при более высоких температурах: 45–75 % при 24–45 °С, затем 43–49 % при 24–29 °С и 39–45 % при 16–20 °С после 2 лет хранения. Наиболее стабильным был непрозрачный нейлоновый ЛПЭНП, за которым следовали прозрачные ПЭТ-бутылки и, наконец, канистры из ПЭВП.

Образцы не подвергались прямому воздействию ультрафиолетового излучения или солнечного света. Однако это ухудшение могло произойти из-за самоокисления кислородом в свободном пространстве упаковочных материалов, которое наиболее интенсивно проявляется в канистрах из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), затем в прозрачных бутылках из ПЭТ и, наконец, в непрозрачном нейлоне из линейного полиэтилена низкой плотности (ЛПЭНП) [6].

Растворимость кислорода в сыром масле выше, чем у рафинированного масла. Стабильность при хранении сырых пальмовых масел, произведенных местными компаниями, мелкими производителями или промышленными предприятиями, исследовалась в течение 3 мес. при двух различных температурах (20 и 30 °С). Показатель ПЧ масел, хранящихся при 30 °С, был выше. Неочищенное пальмовое масло имело более высокий уровень свободных жирных кислот, влажности, ухудшение индекса отбеливаемости и ПЧ из-за ненадлежащих методов обработки и переработки (т. е. низкий уровень гигиены, повреждение плодов во время транспортировки, а также ферментация перед обмолотом, очисткой и хранением) [7].

Роль синтетических антиоксидантов (трет-бутилгидрохинон (ТБГХ), бутилокситолуол (ВНТ), ТБГХ+ ВНТ) или контрольного образца (без добавок) в повышении окислительной стабильности изучалась на примере пальмового олеина, соевого и льняного масел. Масла хранились при комнатной температуре или при 70 °С в течение 168 ч. На основании данных о ПЧ пальмовый олеин оказался наиболее стабильным (изменение на 22–41 % от исходного значения), за ним следует льняное масло (изменение на 26–43 % от исходного значения) и, наконец, соевое масло (изменение на 320–500 % от исходного значения) после 168 ч. хранения в натуральном виде. Это объясняется жир-

нокислотным составом масла, которое содержало больше ПНЖК. Обнаружено, что более длительное хранение и воздействие тепла влияют на окислительную стабильность масел. С точки зрения антиокислительной защиты пальмового олеина лучшим оказался ТБГХ, за ним следует ВНТ и, наконец, смесь антиокислителей. Обнаружено, что смесь ВНТ и ТВНQ превосходит антиокислители по отдельности для соевого и льняного масел [8].

Окислительная стабильность подсолнечного, кукурузного, оливкового масел первого отжима, масла виноградных косточек и грецкого ореха изучалась после хранения при температуре 50 °С. Масла богаты природными антиоксидантами, такими как полифенолы, токоферолы и витамин С. Обнаружено, что масло грецкого ореха обладает самой высокой антиоксидантной активностью и химической стабильностью, за ним следуют оливковое масло, масло виноградных косточек, кукурузное масло и, наконец, подсолнечное масло [9].

Очистка сырого масла удаляет токсичные и нежелательные вещества, такие как моно- и диацилглицерины, прооксиданты, влагу, СЖК, пигменты, летучие вещества и загрязняющие вещества, которые негативно влияют на вкус, цвет, стабильность или безопасность рафинированных масел. Стабильность при хранении сырого и полностью рафинированного масла из рисовых отрубей изучалась в течение 8 мес. при хранении при комнатной температуре под воздействием света и без него. Было обнаружено, что сырое масло рисовых отрубей обладает лучшей окислительной стабильностью по сравнению с рафинированным маслом рисовых отрубей. Это связано с тем, что сырое масло рисовых отрубей содержит более высокий уровень природных антиоксидантов, таких как витамин Е, стерины, которые обладают синергетическим эффектом с фосфатидами. Оба масла лучше хранятся в темноте и чувствительны к воздействию дневного света [10].

Эффект добавления натуральных экстрактов розмарина, экстракта шалфея, сухого экстракта оливкового жмыха DOPE (типа hpDOPE и gamDOPE), α -токоферола и смеси токоферолов) и синтетических антиоксидантов [пропилгаллата (PG) и бутилгидроксианизола (БОА)] оценивался в отношении окислительной стабильности (ПЧ) арахисового масла холодного отжима по сравнению с контрольным образцом в течение 20 дней. Пропилгаллат обеспечивал наилучшую антиоксидантную защиту, за ним следовали экстракт розмарина, оливковый жмых (gamDOPE), экстракт шалфея и оливковый жмых (hdDOPE). Смесь токоферолов и БОА имели одинаковую антиоксидантную активность, за ним следовало контрольное масло без антиоксидантов, а наименьшую – α -токоферол [11].

Основываясь на полученных данных для повышения устойчивости к окислению и увеличения сроков хранения перспективным является использование синтетических антиокислителей, такие как бутилгидроксианизол, бутилгидрокситолуол и трет-бутилгидрохинон (ТБГХ), соединения фенольной природы, способные эффективно взаимодействовать со свободными радикалами, образующимися при окислении, органические кислоты, токоферолы (γ -, δ -, α -) и их смеси, аскорбилпальмитат, экстракты растений (розмарин и др.). Выбор антиокислителей должен быть основан на требованиях ТР ТС 029/2012.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gulla S., Waghay K. Effect of storage on physicochemical characteristics and fat ty acid composition of selected oil blends // *Journal of Life Sciences*. – 2011. – №3(1). – P. 35 – 46.

2. Никитенко, А. Н. Исследование влияния термообработки на окислительную устойчивость купажей растительных масел в различных средах / А. Н. Никитенко, С. А. Ламоткин, М. И. Леснева, А. В. Стрибуть, В. О. Мартинчик, Г. Н. Ильина // *Труды БГТУ. Серия 2 – № 1 (217), Химические технологии, биотехнологии, геоэкология*. – Минск, 2019. – С.54–61.

3. Ngassapa F., Nyandoro S., Mwaisaka T.(2012). Effects of temperature on the physicochemical properties of traditionally processed vegetable oils and their blends // *Tanzania Journal of S cience*. – 2011. – Vol. 38(3). – P. 166–176.

4. Li Y., Ma W. J., Qi B. K., Rokayya S., Li D., Wang J., Jiang L. Z. Blending of soybean oil with selected vegetable oils: impact on oxidative stability and ra dical scavenging activity // *Asian Pac ific Journal of Cancer Prevention*. – 2014. – Vol. 15(6). – P. 2583–2589.

5.Andarwulan N., Gitapратиwi D., Laillou A., Fitriani D., Hariyadi P., Moench Pfanner R., Martianto D. Quality of vegetable oil prior to fortification is an important criteria to achieve a health impact // *Nutrients*. – 2014. – Vol. 6(11). – P. 5051–5060.

6. Silalahi D. K. N., Yuliyanti D., da Silva M., Christianti I., Mulyono K., Wassell P. The stability of vitamin A in fortified palm olein during extended stora ge and thermal treatment // *International Journal of Food Science &Technology*. – 2017. – Vol. 52 (8). – P. 1869–1877.

7. Augustin G., Anne M. N., Armand A. B., Moses M. C. Some physicochemical characteristics and storage stability of crude palm oils (*Elaeis guineensis* Jacq) // *American Journal of Food S cience and Technology*. – 2015. – Vol. 3 (4). – P. 97–102.

8. Azeez O. T., Ejeta K. O., Frank E. O., Gerald N. E. Effects of antioxidants on the oxidative stability of vegetable oil at elevated temperature

// International Journal of Applied Science and Technology. – 2013. – Vol. 3 (5). – P. 107–115.

9. Amariei S., Sănduleac E., Ciornei S. Comparative study of oxidative stability for different types of vegetable oils // Food and Environment Safety Journal. – 2016. – Vol. 12(2). – P. 156 – 160.

10. Mezouari S., Eichner, K. (2007). Comparative study on the stability of crude and refined rice bran oil during long term storage at room temperature // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2007. – Vol. 109 (3) – P. 198–205.

11. Tihomir M., Drago Š., Jurislav B., Antonija Š., Dubravka V. Č., Antun J. Production and stabilisation of peanut oil // Nutrition and Dietetics. – 2019. – Vol. 8(1). – P. 40 – 45.

УДК 676.2.017.43

С. А. Гордейко, канд. техн. наук, доц.,
Н. В. Черная, д-р техн. наук, проф.,
С. А. Дашкевич, асп., О. А. Мисюров, соискатель
(БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ НОВОГО АЗОТСОДЕРЖАЩЕГО ПОЛИМЕРНОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ПРОЦЕССЫ СВЯЗЕОБРАЗОВАНИЯ И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КЛЕЕННЫХ ВИДОВ БУМАГИ И КАРТОНА

Современная тенденция развития целлюлозно-бумажной промышленности в Республике Беларусь, странах ближнего и дальнего зарубежья характеризуется постоянным наращиванием объемов производства клееных видов бумаги и картона при одновременном расширении их ассортимента. Для их получения используют проклеенные бумажные массы [1–4], отличающиеся композиционным составом по волокну, содержанием применяемых вспомогательных химических веществ (функциональных и процессных) и условиями проклейки бумажных масс в режимах гомокоагуляции или гетероадагуляции.

Клееные виды бумаги и картона должны обладать необходимой гидрофобностью и требуемой прочностью. Однако процессы гидрофобизации и упрочнения являются конкурирующими. Это объясняется тем, что присутствие в бумажных массах используемых видов функционального (канифольной эмульсии) и процессного (электролита) химических веществ сопровождается протеканием между ними коллоидно-химических взаимодействий. Следствием этого является образование проклеивающих комплексов [1–4], отличающихся не только структурой, дисперсностью и электрокинетическим потенциалом, но