

**А.Н. Никитенко¹, С.М. Литвина¹, С.А. Ламоткин¹,
В.Н. Бабодей², А.В. Пчельникова²**

¹Белорусский государственный технологический университет

²РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию»
Минск, Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ НА ИХ ОКИСЛЕНИЕ

***Аннотация.** В работе определено, что введение антиокислителей в растительные масла с высоким содержанием омега-3 жирных кислот и оптимальным для организма соотношением омега-3 и омега-6 кислот способствует повышению их устойчивости к окислению под действием нагревания, безопасности их применения в производстве широкого ряда продуктов.*

**A.N. Nikitenko¹, S.M. Litvina¹, S.A. Lamotkin¹,
V.N. Babodey², A.V. Pchelnikova²**

¹Belarusian State Technological University

²RUE "Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of
Sciences of Belarus"
Minsk, Belarus

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF VEGETABLE OILS ON THEIR OXIDATION

***Abstract.** The work determined that the introduction of antioxidants into vegetable oils with a high content of omega-3 fatty acids and an optimal ratio of omega-3 and omega-6 acids for the body helps to increase their resistance to oxidation under the influence of heating, and the safety of their use in the production of a wide range of products.*

Растительные масла (далее – масла) являются важными функциональными ингредиентами самых различных пищевых продуктов, выпускаемых в промышленных условиях и на предприятиях общественного питания. На протяжении многих веков масла являются носителями вкуса и аромата, обеспечивают приятную смазывающую текстуру продуктов, способствуют быстрому насыщению, поскольку являются богатым источником энергии.

Химический состав масел, которые состоят преимущественно из эфиров глицерина, жирных кислот и других компонентов (фосфолипидов, восков, углеводов, белков, пигментов и др.),

определяет их органолептические и физико-химические показатели качества, пригодность к применению в различных процессах для производства большого числа продуктов.

Формирование здорового образа жизни человека во многом основано на рациональности и сбалансированности питания. Ключевая роль биологической ценности масел принадлежит ненасыщенным жирным кислотам – одноосновным жирным кислотам, в структуре которых присутствуют одна (мононенасыщенная) или две и более (полиненасыщенные жирные кислоты, ПНЖК) двойных связей между соседними атомами углерода.

Роль ненасыщенных жирных кислот гораздо более разнообразна, чем насыщенных. Большая часть этих молекул необходима для поддержания нормальной жизнедеятельности организма, с учетом неспособности человека синтезировать многих из них.

Мононенасыщенные жирные кислоты обладают полезными свойствами. Их назначают при лечении заболеваний нервной системы, дисфункции надпочечников. Олеиновая кислота (омега-9) – снижает артериальное давление. Мононенасыщенные жирные кислоты также поддерживают необходимую подвижность клеточных мембран, что облегчает прохождение в клетку полиненасыщенных жирных кислот.

Наибольшее биологическое значение из ненасыщенных жирных кислот имеют полиненасыщенные (незаменимые) жирные кислоты. Это в первую очередь линолевая (омега-6 ПНЖК) и линоленовая (омега-3 ПНЖК) кислоты. Омега-3 и омега-6 ПНЖК являются эссенциальными компонентами пищевых продуктов. Основное биологическое значение жирных кислот омега-3 и омега-6 ПНЖК заключается в их участии в синтезе эйкозаноидов, препятствуют развитию атеросклероза, обладают кардиопротекторным и антиаритмическим действием, регулируют воспалительные процессы в организме, снижают уровень холестерина. Эти вещества защищают организм человека от сердечно-сосудистых заболеваний.

Поэтому весьма важным является обеспечение отечественного рынка маслами, богатыми по составу омега-3 и омега-6 ПНЖК в сбалансированном для человека соотношении. Наряду с этим необходимо обеспечить устойчивость масел с высоким и оптимальным соотношением омега-3 и омега-6 ПНЖК к окислению.

В связи с этим, целью работы было – исследовать влияние вносимых добавок на образование продуктов окисления в растительных маслах с высоким содержанием омега-3 ПНЖК и оптимальным для организма соотношением омега-3 и омега-6 ПНЖК.

Ранее выполненные исследования по изучению жирно-кислотного состава растительных масел показали, что в природе практически нет масел, обеспечивающего поступление в организм человека всех необходимых жирных кислот и биологически активных компонентов в требуемом количестве и сбалансированном соотношении [1]. Поэтому объектами исследования выбраны растительные масла, произведенные в Республике Беларусь: льняное масло, подсолнечное масло, горчичное и кукурузное масло, купажи на их основе. Для повышения устойчивости к окислению в образцы вносили добавки на основе натуральных (смесь токоферолов, витамин А) и искусственных антиокислителей (аскорбиновая кислота и др.).

Состав жирных кислот масел исследовали газохроматографическим методом на приборе «Хроматэк Кристалл 5000», оснащенный ПИД-детектором, кварцевой капиллярной колонкой длиной 100 м, диаметром 0,25 мм, с нанесенной фазой – цианопропилфенилполисилоксан, газ-носитель – азот, объем вводимой пробы – 1 мкл. Метилирование жирных кислот осуществляли по ГОСТ 31665. Анализ состава и содержания жирных кислот проводили по ГОСТ 30418.

Определение показателей, характеризующих качество масел, выполняли с использованием следующих методов и приборов: активность воды (a_w) – на анализаторе активности воды Roremeter RM-10 по ISO 21807; показатель преломления (n_D^{20}) – на рефрактометре лабораторном ИРФ-454Б2М по ГОСТ 5482; значения перекисного и кислотного чисел – титриметрическим методом – по ГОСТ ISO 3960 и ГОСТ 31933 соответственно.

Ускоренные испытания на окисления выполняли по ГОСТ 31758–2012 (ISO 6886:2006) «Жиры и масла животные и растительные. Определение устойчивости к окислению (ускоренные испытания на окисления)». Индукционный период образцов определяли на приборе Rancimat 743 методом ускоренного окисления, который устанавливал метод определения устойчивости к окислению жиров и масел в предельных условиях, индуцирующих быстрое окисление: высокая температура и быстрый воздушный поток.

Струю очищенного воздуха пропускают через пробу, которая была нагрета до заданной температуры. Образовавшиеся во время процесса окисления газы вместе с воздухом поступали в колбу, заполненную деминерализованной или дистиллированной водой, в которую был вставлен электрод для измерения проводимости. Электрод соединяли с измерительным и записывающим устройством. Устройство указывало на окончание индукционного периода, когда

проводимость начинала быстро возрастать. Быстрое возрастание проводимости являлось результатом диссоциации летучих жирных кислот, образовавшихся во время окисления и поглотившихся водой.

Устойчивость к окислению выражалась в индукционном периоде – промежутке времени между началом измерения и моментом, когда начинало быстро возрастать образование продуктов окисления. Определение устойчивости к окислению масел выполняли при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$. Исследование образцов проводили не менее, чем в двух повторностях.

Состав жирных кислот образцов льняного масла и купажа на его основе представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Жирно-кислотный состав масел, %

Наименование жирной кислоты	Льняное масло	Кукурузно- льняное
$C_{16:0}$ Гексадекановая (пальмитиновая)	6,56	5,1
$C_{18:0}$ Октадекановая (стеариновая)	4,08	2,5
$C_{18:1}$ Октадеценовая (олеиновая)	5,79	56,7
$C_{18:2}$ Октадекадиеновая (линолевая)	15,1	22,0
$C_{18:3\alpha}$ Октадекатриеновая (линоленовая)	55,23	10,3

Приведенные данные свидетельствуют, что анализируемый образец льняного масла характеризовался высоким содержанием α -линоленовой ЖК (группа омега-3 ПНЖК). Купаж на основе льняного масла содержал омега-3 и омега-6 ПНЖК на уровне, удовлетворяющем оптимальному для организма соотношению.

Устойчивость к окислению масел оценивалась после внесения натуральных (смесь токоферолов, витамин А) и искусственных (аскорбиновая кислота, фенольные соединения и др.) добавок. Характеристика образцов масел приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели качества образцов растительных масел

№ образца	n_D^{20}	a_w	ПЧ, мЭкв/кг	КЧ, мг КОН/г
1	1,4805	0,444	0,3	1,03
2	1,4800	0,434	0,2	1,07
3	1,4800	0,436	0,4	1,04
4	1,4791	0,439	0,5	0,9
5	1,4738	0,328	0,2	0,2
6	1,4735	0,345	0,2	0,2
7	1,3845	0,336	0,2	0,2
8	1,4741	0,695	0,2	0,2

Полученные данные свидетельствовали, что образцы соответствовали идентификационным показателям и требованиям технических нормативных правовых актов, включая ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 024/2011 и CODEX STAN 210–1999. Введение антиокислителей привело к снижению кислотного числа – на 3–15%, величины активности воды – на 2,3 % образцов с натуральными добавками.

Результаты исследований устойчивости к окислению масел ускоренным методом представлены на рис.1.

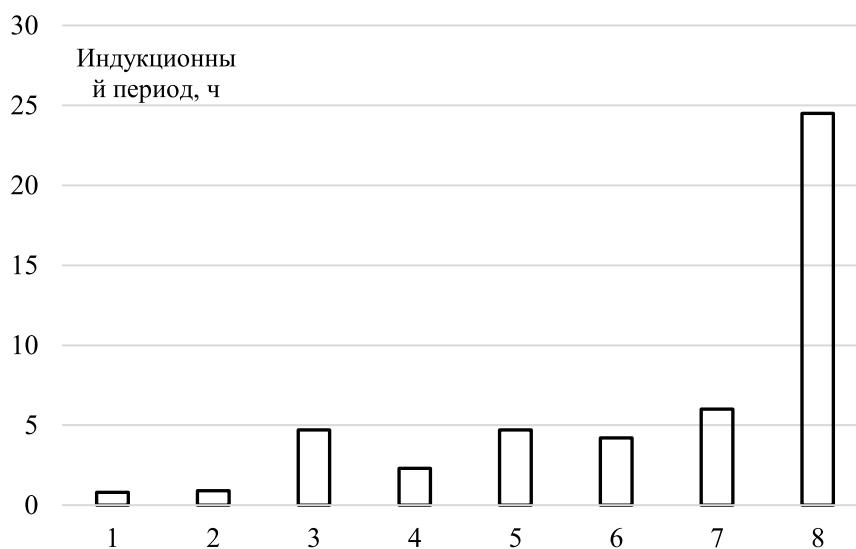


Рис. 1- Устойчивость к окислению образцов масел

Исходя из полученных данных определено, что введение натуральных и искусственных добавок привело к увеличению в 5–6 раз индукционного периода окисления масел при воздействии температуры $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Таким образом, введение антиокислителей в масла с высоким содержанием омега-3 ПНЖК и оптимальным для организма соотношением омега-3 и омега-6 ПНЖК способствует повышению их устойчивости к окислению под действием нагревания, обеспечивает их безопасность для применения в производстве широкого ряда продуктов.

Список использованных источников

1. Никитенко, А.Н. Исследование растительных масел и их купажей методом ЯМР-спектроскопии / А.Н. Никитенко, Е. Д. Скаковский, С.А. Ламоткин, И. С. Сербин, А. В. Стрибуть // Труды БГТУ. Серия 2 – № 2 (223), Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – Минск, 2019. – С. 137–145.