МРНТИ 65.65.03 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.4.29-1233**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА, ОБОГАЩЕННОГО МИКРОНУТРИЕНТАМИ ЯГОД МЕТОДОМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЭКСТРАКЦИИ

Ж.И. Сатаева, Н.Д. Кундызбаева, М.Е. Смагулова

ТОО НПП «NutriTech», Астана, Казахстан

Корреспондент автор: julduz.kaynar@mail.ru

В данной статье представлены результаты исследования по разработке подсолнечного масла холодного отжима, обогащённого природными антиоксидантами из дикорастущих ягод шиповника и клюквы с использованием ультразвуковой экстракции. Современные тенденции в области питания ориентированы на создание функциональных продуктов, способных не только удовлетворять базовые потребности организма, но и обеспечивать профилактическое воздействие за счёт содержания биологически активных веществ. Шиповник и клюква обладают высоким содержанием флавоноидов, витамина С, каротиноидов и других фитонутриентов, проявляющих выраженную антиоксидантную активность. В качестве экстрагирующего агента использовалось подсолнечное масло, что позволило избежать применения органических растворителей и обеспечить безопасность полученного продукта.

Результаты показали, что оптимизированными условиями были: мощность ультразвукового воздействия 18-20 кГц масла и температура 35°С. Полученные образцы масла были исследованы на соответствие физико-химическим показателям, окислительную стабильность и срок хранения. В результате установлено, что обогащённые образцы соответствуют требованиям ГОСТ 1129-2013 и ТР ТС 024/2011. Показатели кислотного числа (1,6–2,2 мг КОН/г) и перекисного числа (3,3-5,1 мэкв/кг) в течение 12 месяцев хранения не превышали нормативные значения. Масла демонстрировали улучшенные органолептические характеристики, повышенную устойчивость к окислению и более длительный срок годности.

Таким образом, использование ультразвуковой экстракции с применением дикорастущих ягод позволяет эффективно обогащать растительные масла, создавая функциональные продукты с высокой пищевой и биологической ценностью. Разработанный подход представляет собой перспективное направление для масложировой отрасли и индустрии здорового питания.

Ключевые слова: подсолнечное масло, дикорастущие ягоды, ультразвуковая экстракция, показатели пищевой безопасности, жирные кислоты.

УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ ЭКСТРАКЦИЯ ӘДІСІМЕН ЖИДЕКТЕРДІҢ МИКРОНУРИЕНТТЕРМЕН БАЙЫТЫЛҒАН КҮНБАҒЫС МАЙЫН ЗЕРТТЕУ

Ж.И. Сатаева, Н.Д. Кундызбаева, М.Е. Смағұлова

«NutriTech» Ғылыми-өндірістік кәсіпорны» ЖШС, Астана, Қазақстан,
e-mail: julduz.kaynar@mail.ru

Бұл мақалада ультрадыбыстық экстракцияны қолдану арқылы жабайы итмұрын мен мүкжидектен табиғи антиоксиданттармен байытылған суық сығымдалған күнбағыс майын әзірлеу бойынша зерттеу нәтижелері берілген. Ағымдағы тамақтану тенденциялары организмнің негізгі қажеттіліктерін қанағаттандырып қана қоймай, сонымен қатар олардың биобелсенді заттары арқылы профилактикалық артықшылықтарды қамтамасыз ететін функционалды өнімдерді жасауға бағытталған. Итмұрын мен мүкжидектің құрамында флавоноидтар, С дәрумені, каротиноидтар және басқа да фитонутриенттер бар, олар айқын антиоксиданттық белсенділікті көрсетеді. Органикалық еріткіштерді пайдалануды болдырмайтын және алынған өнімнің қауіпсіздігін қамтамасыз ететін экстракциялық агент ретінде күнбағыс майы пайдаланылды.

Нәтижелер оңтайландырылған шарттарды көрсетті: ультрадыбыстық қуат 18-20 кГц және майдың температурасы 35°C. Алынған май үлгілері физикалық-химиялық көрсеткіштерге, тотығу тұрақтылығына және жарамдылық мерзіміне сәйкестікке сыналған. Байытылған үлгілер МемСТ 1129-2013 және ТР КО 024/2011 талаптарына сәйкес келетіні анықталды. Қышқылдың мөлшері (1,6-2,2 мг КОН/г) және асқын тотығының мәні (3,3-5,1 мэкв/кг) 12 ай сақтау кезінде стандартты мәндерден аспады. Майлар жақсартылған органолептикалық сипаттарды, тотығу тұрақтылығын жоғарылатты және сақтау мерзімін ұзартты.

Осылайша, жабайы жидектермен ультрадыбыстық экстракцияны қолдану өсімдік майларын тиімді байытуға, тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары функционалды өнімдерді жасауға мүмкіндік береді. Әзірленген тәсіл май өнеркәсібі мен салауатты тамақ өнеркәсібі үшін перспективалы бағытты білдіреді.

Түйін сөздер: күнбағыс майы, жабайы жидектер, ультрадыбыстық экстракция, тағамдық қауіпсіздік көрсеткіштері, май қышқылдары.

RESEARCH OF SUNFLOWER OIL ENRICHED WITH BERRY MICRONUTRIENTS BY ULTRASONIC EXTRACTION

Zh.I. Satayeva✉, N.D. Kundyzbayeva, M.E. Smagulova

«NutriTech» Research and Production Enterprise LLC, Astana, Kazakhstan,
e-mail: julduz.kaynar@mail.ru

This article presents the results of the research on the development of cold-pressed sunflower oil enriched with natural antioxidants from wild rose hips and cranberries using ultrasonic extraction. Current nutrition trends are focused on creating functional products that not only satisfy the body' s basic needs but also provide preventative benefits through their bioactive substances. Rosehips and cranberries are high in flavonoids, vitamin C, carotenoids, and other phytonutrients, which exhibit pronounced antioxidant activity. Sunflower oil was used as the extracting agent, eliminating the use of organic solvents and ensuring the safety of the resulting product.

The results showed that the optimized conditions were: an ultrasonic power of 18-20 kHz and a temperature of oil 35°C. The resulting oil samples were tested for compliance with physicochemical parameters, oxidative stability, and shelf life. As a result, it was established that the enriched samples comply with the requirements of GOST 1129-2013 and TR CU 024/2011. The acid number (1.6-2.2 mg KOH/g) and peroxide number (3.3-5.1 meq/kg) indicators did not exceed the standard values during 12 months of storage. The oils demonstrated improved organoleptic characteristics, increased oxidation stability, and a longer shelf life.

Thus, the use of ultrasonic extraction with wild berries allows for the effective enrichment of vegetable oils, creating functional products with high nutritional and biological value. The developed approach represents a promising direction for the oil and fat industry and the healthy food industry.

Keywords: sunflower oil, wild berries, ultrasonic extraction, food safety indicators, fatty acids.

Введение. В настоящее время имеются пищевые коммерческие растительные масла, обогащенные или ароматизированные биологически активными соединениями из трав, специй или других растительных материалов, для улучшения их пищевой ценности и органолептических качеств, а также продления срока годности. Потребление этих продуктов вызывает все больший интерес во многих странах благодаря их особым возможностям по профилактике заболеваний с помощью здорового питания, их универсальность, удобство и широкий спектр вкусов.

В развитых странах питание в большей степени сосредоточено на дополнительных аспектах, чем просто на удовлетворении основных по-

требностей компонентов. Из-за этого так называемые красные фрукты или ягоды в последнее время привлекают большое внимание благодаря своим антиоксидантным свойствам, которые связаны с высокой концентрацией присутствующих в них полифенолов. Кроме того, их потребление во всем мире, как известно, увеличилось, и красные фрукты в настоящее время потребляются не только в свежем виде, но также используются в косметике и пищевых добавках.

Чтобы извлечь выгоду из этих молекул в функциональных продуктах, необходимо провести экстракцию, чтобы получить концентрат, богатый антиоксидантами, из различных съедобных ягод. Обычная цель состоит в том, чтобы получить максимальный выход при извлечении представляющих интерес соединений, которые обладают большей антиоксидантной активностью и, следовательно, способны быть более полезными для здоровья человека, а также заменять синтетические консерванты.

Антиоксиданты - это химические соединения группы вторичных метаболитов, которые предотвращают окисление плода из-за факторов окружающей среды, таких как свет, воздух, кислород и микробиологические воздействия. Фенольные антиоксиданты вмешиваются в процесс окисления как терминаторы свободных радикалов, а иногда и как хелаторы металлов.

Полифенолы обладают различными биологическими свойствами, такими как антипролиферативные, антидиабетические, противораковые, антимикробные, противовоспалительные, противовирусные, и особенно антиоксидантные.

Масла холодного прессования обладают высокими питательными свойствами и ценятся как полезные продукты для здоровья.100 г масла из семян подсолнечника, льна составляет 884 ккал. Это составляет 62,8 % от суточной потребности в энергетических затратах взрослого человека. В столовой ложке содержится 17 г масла и 150,3 ккал, в десертной 13,6 г и 120,2 ккал, в чайной 4,5 г и 39,8 Ккал.

Пищевая ценность растительных масел определяется количественным содержанием незаменимой линолевой и линоленовой кислоты. Они не могут синтезироваться в организме человека из промежуточных продуктов обмена и должны поступать с пищей. По этой причине их называют незаменимыми, так как они регулируют обмен веществ, отвечают за синтез гормонов, поддержание иммунитета. Именно поэтому нерафинированные растительные масла холодного отжима непременно должно входить в рацион питания человека любого возраста, даже младенца.

Шиповник (Rosa spp.)-широко распространённое дикорастущее и культивируемое растение, ценное как источник полифенолов (танины, флавоноиды, кемпеферол, рутин, кверцетин), каротиноидов (ликопин, бета-каротин), тритерпеновых кислотам, незаменимых жирных кислот, галактолипидов, фолатов, витамина С (90,8%), А (91%), β-каротин (98%), В2 (16,7%), B_5 (16%), К (21,6%) и Е (25,3%), минералов (Ca, Mg, K, S, Si, Se, Mn и Fe) и т. д. [1].

В созревших плодах шиповника, произрастающего в Португалии, общее содержание токоферолов достигало около 80 мг на 100 г сухого вещества, тогда как в семенах оно составляло лишь 1,70 мг/100 г СВ [2]. Для шиповника различных видов, выращенного в Швеции, содержание токоферолов варьировало в пределах 116,7-248,1 мкг/г СВ [3].

Последние достижения и исследование биологически активных свойств шиповника приводятся в работе [4], где раскрыт функциональный и нутрицевтический потенциал плодов шиповника.

Плоды обладают выраженными фитонцидными, бактерицидными и антиоксидантными свойствами. С XVI века используются как поливитаминное и антицинготное средство.

Клюква (Oxycoccus spp. / Vaccinium spp.) - ценное дикорастущее и культивируемое растение, используемое как витаминное, пищевое и лекарственное средство. Отличается высоким содержанием органических кислот и витаминов. Клюква сушеная содержит: витамин С - до 17% суточной нормы; витамин К-4,3%; марганец - до 18%; органические кислоты (лимонная, бензой-

ная); флавоноиды, антоцианы, пектины [5].

Клюква обладает противовоспалительными, антибактериальными, антисептическими и антиоксидантными свойствами.

Несмотря на широкий ассортимент красных фруктов в производстве и использовании в качестве пищевых добавок, ягоды привлекают внимание и стали невероятно популярными из-за их повышенного содержания полезных микронутриентов - антоцианов, которые защищают клетки от разрушения дыма и радиации.

В исследованиях [6] была проведена оценка стабилизирующего эффекта липофильных экстрактов облепихи и шиповника на окислительную стабильность подсолнечного масла.

Исследование включало идентификацию продуктов окисления с использованием ЖХ-МС/МС (в положительном и отрицательном режимах), где ключевыми соединениями были определены пентаналь, гексаналь, гептаналь, октаналь и нонаналь. Изучено влияние параметров экстракции каротиноидов, установленных из ягод, на окислительную стабильность подсолнечного масла. Установлено, что липофильные экстракты сохраняли стабильность при 4 °C в течение 12 месяцев в темноте.

Ультразвуковая экстракции является нетепловой техникой, в которой используются частоты, равные или превышающие 20 кГц. Этот метод привлек особое внимание из-за дешевизны оборудования, простоты и более высокой эффективности по сравнению с экстракцией растворителем из-за снижения затрат на тепло и растворители. Это позиционирует его как более экологичный метод добычи. Механизм заключается в следующем: ультразвук вызывает кавитацию, которая вызывает разрушение клеточной стенки. Это позволяет проникать внутриклеточным соединениям и, следовательно, выделять антиоксиданты и другие молекулы.

Переосмысление роли побочных продуктов переработки фруктов и овощей способствовало росту интереса к экологически чистым технологиям, таким как ультразвуковая экстракция. Этот метод эффективно извлекает биологически активные соединения без разрушения их структуры, поддерживая устойчивое производство и рациональное использование ресурсов [7].

Поскольку антоцианы представляют собой вакуолярные пигменты, которые накапливаются в центральной вакуоли растительной клетки, кавитация и разрушение клеток, вызванные ультразвуковыми волнами, могут усиливать массоперенос от твердого матрикса к растворителю, улучшая экстракцию антоцианинов.

Результаты показали, что оптимизированными условиями были: мощность ультразвукового воздействия 0,67 Вт/г масла и температура 35°C. Параметры оптимизации этого «зеленого» процесса обеспечивают значительно улучшенное обогащение пищевого масла с точки зрения количества и продолжительности процесса от 33,83 мг/л экстракта за 90 минут, полученного обычной экстракцией, до 51,64 мг/л экстракта всего за 20 минут. Выделение каротиноидов с помощью ультразвука из побочных продуктов представляется простой, быстрой и устойчивой альтернативой традиционным процедурам [8].

В плодах лоха зонтичного (Elaeagnus umbellata), собранных в Западной Грузии, содержание ликопина варьировало от 35,25 до 60,21 мг/100 г. Для его извлечения оптимизирована ультразвуковая экстракция с использованием подсолнечного масла как зелёного растворителя (1:50, 30 °C, 40 % амплитуда, 85 Вт, 10 мин). ИК-Фурье спектроскопия подтвердила наличие ликопина, а анализ качества масла (кислотное, перекисное числа и р-анизидин) и DPPH-тест показали улучшение антиоксидантных свойств масла с добавлением ликопина [9].

В исследовании [10] разработаны наноэмульсии на основе масел подсолнечника и шиповника с использованием фосфолипидов и эмульгаторов. Обе системы имели высокую концентрацию наночастиц (10^{13} частиц/мл) и низкий воспалительный потенциал. Изменения в составе стабилизаторов повлияли на проникновение масел, цитотоксичность и скорость заживления, демонстрируя потенциал таких систем в трансдермальной доставке.

Методы ультразвуковой (УЗЭ) и микроволновой экстракции (МЭ) продемонстрировали высокую эффективность при извлечении масел из соевых зародышей и микроводорослей, богатых ДГК. Наилучшие результаты достигнуты с использованием прототипа «кавитирующей трубки» (19 кГц, 80 Вт), обеспечившего максимальный выход и сокращение времени экстракции до 10 раз по сравнению с традиционными методами; УЗЭ особенно эффективно разрушала клеточные стенки водорослей, увеличив выход масла с 4,8% до 25,9% [11].

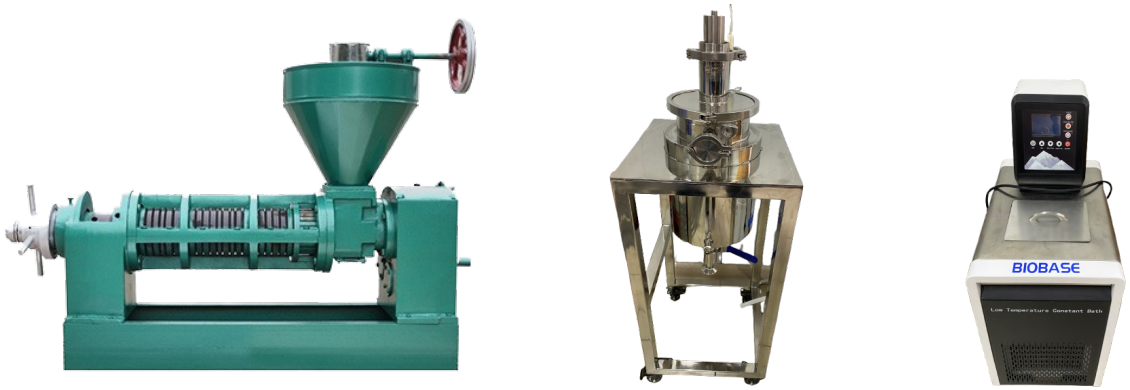
Целью исследования является получение и исследование обогащенного ягодами растительного масла методом ультразвуковой экстракции.

Объектами исследований являются подсолнечное масло холодного отжима, ягоды шиповника и клюквы.

Повышение ценности некачественных пищевых продуктов важно для пищевой промышленности. Это делается путем добавления ингредиентов, таких как каротиноиды, которые извлекаются инновационным применением прямой экстракции путем мацерации ягод в пищевом масле без растворителя и исключения операций по испарению и экстракции. С помощью ультразвука полное извлечение теперь может быть завершено за считанные минуты с высокой воспроизводимостью, снижая расход растворителя, упрощая манипуляции и обработку, обеспечивая более высокую чистоту конечного продукта.

Материалы и методы. Для исследований в качестве базового растительного масла выбрали нерафинированное подсолнечное холодного отжима, полученное из семян подсолнечника свежего урожая на шнековом маслопрессе марки 6YL-150, а также сушеные ягоды шиповника и клюквы. Данные продукты были произведены в ТОО «НПП «Nutritech.

Определение жирнокислотного состава исходного подсолнечного масла проводилось в РГП «центр санитарно-эпидемиологической экспертизы» Медицинского центра Управления делами Президента РК» по ГОСТ 31663-2012 «Масла растительные и жиры животные. Определение проводилось методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот».



а) **б)**

Рис.1 - Оборудование

а – шнековый маслопресс 6YL-150; б - ультразвуковой экстрактор-гомогенизатор

Содержание токсичных элементов (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть, медь, железо), микотоксины (афлатоксин B_1), пестициды (ГХЦГ (α, β, γ-изомеры), ДДТ и его метаболиты), радионуклиды (цезий-137, стронций-90) определяли по соответствующему нормативному документу в Карагандинском филиале АО «Национальный центр экспертизы и сертификации».

Были проведены анализы физико-химических показателей: цветное число-по ГОСТ 5477-2015

на колориметре, массовая доля влаги и летучих веществ-методом высушивания по ГОСТ 11812-66, кислотное и перекисное число – методом титрования по ГОСТ 31933-2012 и ISO 3960-2013 соответственно, Массовая доля нежировых примесей и отстоя - по ГОСТ 5481-2014, показатель преломления-рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 6320-2012, исходя из показателя преломления высчитали йодное число.

Для экстракции и гомогенизации обогащенного масла использовали ультразвуковой экстрактор-гомогенизатор фирмы «BIOBASE» объемом емкости 5 л.

Для исследований мы выбрали нерафинированное подсолнечное масло, полученное методом холодного отжима и сушеные плоды шиповника и клюквы для обогащения масла микронутриентами и продления срока хранения. Ягоды добавляли в подсолнечное масло по 5, 10 и 15% в реакторе ультразвуковой экстракции и гомогенизации.

Были получены растительные масла, обогащенные ценными биологически активными веществами:

- нерафинированное подсолнечное масло с шиповником;

- нерафинированное подсолнечное масло с клюквой.

Результаты и обсуждение. Главным показателем растительных масел является их жирнокислотный состав. Результаты определения насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот подсолнечного масла приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Жирнокислотный состав подсолнечного масла холодного отжима, %

Наименование жирных кислот	**Норма по НД**	**Фактическое значение**
Насыщенные жирные кислоты (НЖК)		
С 14:0 Миристиновая	до 0,2	-
С15:0 Пентадециловая кислота	-	0,207
С 16:0 Пальмитиновая	5,6-7,6	5,608
С 17:0 Маргариновая	-	-
С 18:0 Стеариновая	2,7-6,5	4,49
С 20:0 Арахиновая	до 0,5	0,227
С 22:0 Бегеновая	0,3-1,5	0,25
С 24:0 Лигноцериновая	до 0,5	0,32
Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК)		
С16:1 Пальмитолеиновая	до 0,3	0,05
С 17:1 (cis-10) Гептадеценовая	-	-
С 18:1 (trans-9) Элаидиновая	14,0-39,4	17,60
С 18:1 (cis-9) Олеиновая		3,95
С 20:1 Гадолеиновая	-	0,22
Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК)		

С 18:2n61 Линолеидиновая	48,3-77,0	65,61
С 18:2n6c Линолевая		0,08
С 18:3n3 α-Линоленовая	0,1	0,03
С 18:3n6 γ-Линоленовая		-

Из данных, приведенных в таблице 1 видно, что в пробе подсолнечного масла содержится в сумме насыщенных жирных кислот 11,1%, мононенасыщенных жирных кислот 21,8%, в том числе олеиновой кислоты 3,95%, полиненасыщенных жирных кислот 65,72%, где содержание линолевой кислоты составляет 65,69%. Эти показатели подтверждают то, что подсолнечное масло является источником олеиновой кислоты (ω-9) и линолевой кислоты (ω-6), которые способствуют снижению уровня холестерина и уменьшению риска сердечных заболеваний.

В работе [12] приведены результаты определения жирнокислотного состава подсолнечного масла с высоким содержанием олеиновой кислоты (52,21%). В южных регионах во время созревания подсолнечника происходит наибольшее накопление линолевой кислоты, в северных регионах – олеиновой кислоты.

Подсолнечное масло содержит высокую концентрацию токоферолов (648,9 ppm), которые являются важнейшими антиоксидантами.

Полиненасыщенные жирные кислоты, особенно в составе фосфолипидов, подвержены быстрому окислению из-за слабых CH-связей в аллильных и бисаллильных позициях. Хотя рафинация снижает содержание фосфолипидов и повышает окислительную стабильность масел, это сопровождается потерей их биологической ценности, включая фитостерины и другие полезные компоненты [13,14].

Одной из эффективных стратегий замедления окисления липидов в пищевых продуктах является применение природных антиоксидантов. Наибольший интерес представляют липофильные экстракты из ягодных растительных порошков, содержащие широкий спектр биологически активных соединений [15-17].

После ультразвуковой обработки масла обладали приятным вкусом, запахом и цветом. Органолептические показатели представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Органолептические характеристики обогащенных растительных масел

Показатели	**Подсолнечное масло**	
	с шиповником	**с клюквой**
Цвет	Желтый с зеленоватым оттенком	
Вкус и запах	Свойственный подсолнечному маслу с запахом и привкусом шиповника	Свойственный подсолнечному маслу с запахом и привкусом клюквы
Прозрачность	Прозрачный без осадка	Прозрачный без осадка

Добавление шиповника и клюквы в подсолнечное масло придает темный оттенок, что подтверждает переход фитонутриентов в масло.

Обогатив подсолнечное масло методом ультразвуковой экстракции, мы получили ароматные, вкусные, суперполезные для здоровья человека продукты. Всего лишь одна ложка обогащенного растительного масла, добавленная в кашу, смузи, молочные продукты, салаты, гарниры, соки, бальзамы, соусы, к мясу, рыбе и даже выпечке, придаст блюду свежий аромат, сделает его вкус насыщеннее и пикантнее.

Важными характеристиками являются показатели пищевой безопасности полученных продуктов (Таблица 3).

Таблица 3 - Показатели безопасности нерафинированного подсолнечного масла холодного отжима, обогащенного клюквой и шиповником

Наименование показателей, единицы измерений	НД на методы испытаний	Норма по НД	Подсолнечное масло с клюквой	Подсолнечное масло с шиповником
Токсичные элементы, мг/кг, не более				
Свинец	ГОСТ 33824-2016	0,1	менее 0,02	менее 0,02
Мышьяк	ГОСТ 26930-86	0,1	менее 0,025	менее 0,025
Кадмий	ГОСТ 33824-2016	0,05	менее 0,003	менее 0,003
Ртуть	ГОСТ 26927-86	0,03	менее 0,005	менее 0,005
Медь	ГОСТ 33824-2016	0,4	менее 0,03	менее 0,03
Железо	ГОСТ 26928-86	5,0	менее 0,05	менее 0,05
Микотоксины, мге/кг, не более				
Афлатоксин В1	ГОСТ 30711-2001	0,005	менее 0,003	менее 0,003
Пестициды, мг/кг, не более				
ГХЦГ (α, β, γ-изомеры)	СТ РК 2011-2010	0,2	менее 0,005	менее 0,005
ДДТ и его метаболиты	СТ РК 2011-2010	0,2	менее 0,005	менее 0,005
Радионуклиды, Бк/кг, не более				
Цезий-137	ГОСТ 32161-2013	40	1,236	1,287
Стронций-90	ГОСТ 32161-2013	80	1,152	1,206

Из таблицы 3 следует, что содержание токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов отвечают требованиям ТР ТС на масложировую продукцию 024/2011.

Таблица 4 - Физико-химические показатели нерафинированного подсолнечного масла холодного отжима, обогащенного клюквой и шиповником

Наименование показателей, единицы измерений	НД на методы испытаний	Норма по НД	Подсолнечное масло с клюквой	Подсолнечное масло с шиповником
Цветное число, мг йода, не более	ГОСТ 5477-2015	25	38	42
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	ГОСТ 11812-66	0,20	0,15	0,12
Кислотное число, мг КОН/г, не более	ГОСТ 31933-2012	4,0	1,6	1,9

Массовая доля нежировых примесей и отстоя, %, не более	ГОСТ 5481-2014	0,10	0,03	0,04
Перекисное число, мэкв активного кислорода/кг, не более	ГОСТ ISO 3960-2013	10,0	3,3	3,4
Показатель преломления	ГОСТ ISO 6320-2012	1,4740-1,4780	1,4746	1,4746
Йодное число, г J2/100	ГОСТ ISO 3961-2020	119-145	131	130

Как видно из данных таблицы 4, физико-химические показатели исследуемых растительных масел соответствуют нерафинированному подсолнечному маслу первого сорта и соответствует требованиям ГОСТ 1129-2013.

Обогащенные микронутриентами ягод растительные масла доказали свою эффективность в сохранении высокой концентрации каротиноидов в оптимальных условиях без каких-либо потерь или деградации каротиноидов или изменений в профилях жирных кислот масла.

Разработанная ягодная комбинация подсолнечного масла может быть использована при создании биологически активных добавок на основе растительных масел.

Окисление липидов в пищевых продуктах-это сложный процесс, зависящий от множества факторов, включая химический состав, условия хранения и наличие антиоксидантов. Оно не только ухудшает органолептические свойства и пищевую ценность продуктов, но также представляет серьёзную токсикологическую опасность, способствуя развитию хронических заболеваний [18]. Ягоды оказывают стабилизирующее действие на подсолнечное масло. Токоферолы и токотриенолы-мощные липофильные антиоксиданты, способные усиливать действие каротиноидов в защите ненасыщенных жирных кислот от окисления [19]. Хотя ягоды шиповника и клюквы содержат токоферолы, их вклад в липофильные экстракты незначителен по сравнению с подсолнечным маслом, богатым α-токоферолом, поэтому улучшенная стабильность экстрактов обусловлена каротиноидами.

Таблица 5 - Изменение физико-химических показателей подсолнечного масла в процессе хранения

Показатель	**Период хранения**			
	1-3 месяца	**4-6 месяцев**	**7-9 месяцев**	**10-12 месяцев**
Кислотное число, мг КОН/г	1,6	1,7	1,9	2,2
Перекисное число, мэкв активного кислорода/кг	3,3	3,8	4,6	5,1

Полярные антиоксиданты ягод, такие как фенолы и аскорбиновая кислота, в масло не переходят. Каротиноиды проявляют высокую антиоксидантную активность благодаря делокализованной электронной системе, позволяющей стабилизировать реактивные радикалы и карбокатионы. Их способность нейтрализовать синглетный кислород и свободные радикалы зависит

главным образом от числа сопряжённых двойных связей и, в меньшей степени, от структуры концевых групп и заместителей [20]. Динамика окисления подсолнечного масла зависит от состава жирных кислот, а также активности антиоксидантов и прооксидантов. Авто окисление начинается с фосфолипидов, содержащих ненасыщенные жирные кислоты, и продолжается до тех пор, пока антиоксидант не прерывает цепную реакцию, но его защитное действие ограничено, так как он постепенно расходуется.

Изменение физико-химических показателей обогащенного ягодами подсолнечного масла в процессе хранения 12 месяцев представлены в таблице 5.

Кислотное число указывает на степень окислительной и гидролитической деградации масла под действием тепла. В процессе хранения обогащенного подсолнечного масла значение кислотного числа увеличивалось в пределах 1,6-2,2 мг КОН/г, что свидетельствует о накоплении свободных жирных кислот без превышения установленных нормативами пределов (макс.4,0 мг КОН/г масла).

Перекисное число определяет степень стабильности масла. В процессе хранения перекисное число обогащенного подсолнечного масла увеличивалась в диапазоне от 3,3 до 5,1 без превышения установленных нормативами пределов (макс.10,0 мэкв активного кислорода/кг). Срок хранения для нерафинированного подсолнечного масла по ГОСТу 1129-2013 составляет 4-6 месяцев. Анализ изменений физико-химических свойств обогащенного микронутриентами ягод подсолнечного масла при хранении в течение 12 месяцев при температуре 4 °С и отсутствии света показал, что в этих условиях каротиноиды шиповника и клюквы положительно влияли на окислительную стабильность полученного масла.

Скорость окисления растительных масел существенно зависит от температуры и наличия кислорода: при низкой температуре и ограниченном доступе кислорода окисление замедляется, что повышает стабильность масла.

Срок хранения нерафинированных обогащенных растительных масел-300 дней. Хранить в защищенном, сухом месте, вдали от попадания прямых солнечных лучей. После вскрытия упаковки хранить плотно закрытым в холодильнике при Т=+4+6°С и использовать не более 12 месяцев.

Выводы. В ходе проведённого исследования были получены образцы подсолнечных масел, обогащённых биологически активными веществами ягод шиповника и клюквы с использованием метода ультразвуковой экстракции. Установлено, что применение ультразвукового воздействия способствует более эффективному высвобождению ценных компонентов из растительного сырья в масляную фазу, что подтверждается улучшенными органолептическими и функционально-технологическими характеристиками, а также показателями безопасности по сравнению с исходным подсолнечным маслом. Полученные результаты подтверждают перспективность использования ультразвуковой экстракции для создания новых функциональных масложировых продуктов с повышенной биологической ценностью.

***Финансирование**. Данные продукты получены в ТОО «НПП «Nutritech» в рамках реализации грантового финансирования коммерциализации РННТД, финансируемого за счет денежных средств ГУ «Комитет науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан»*

Литература

1. Калорийность. Шиповник. Химический состав и пищевая ценность. URL: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/443.php. -Дата обращения: 02.09.2025.

2. Barros L., Carvalho A.M., Ferreira I. Exotic fruits as a source of important phytochemicals: Improving the traditional use of Rosa canina fruits in Portugal // Food Res. Int.-2011.-Vol.44(7).-P.2233-2236. DOI

10.1016/j.foodres.2010.10.005.

3. Kallio H., Yang B., Peippo P. Effects of different origins and harvesting time on vitamin C, tocopherols, and tocotrienols in sea buckthorn (Hippophae rhamnoides) berries// J. Agric. Food Chem. -2002.- Vol.50(21).- P.6136-6142. DOI 10.1021/jf020421v.

4. Negrean O. R. et al. Recent advances and insights into the bioactive properties and applications of Rosa canina L. and its by-products // Heliyon.- 2024.- Vol.10.(9):e30816 DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e30816.

5. Калорийность. Клюква сушеная. Химический состав и пищевая ценность. URL:https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/442.php.- Дата обращения: 02.09.2025.

6. Ghendov-Mosanu A. et al. Stabilization of sunflower oil with biologically active compounds from berries //Molecules.- 2023.-Vol. 28(8). - P.3596. DOI 10.3390/molecules28083596.

7. Kumar K., Srivastav S., Sharanagat V. S. Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review//Ultrasonics sonochemistry.-2021.- Vol.70: 105325. DOI 10.1016/j.ultsonch.2020.105325.

8. Chemat F. et al. Enrichment of edible oil with sea buckthorn by-products using ultrasound-assisted extraction //European Journal of Lipid Science and Technology.- 2012.-Vol.114(4).-P.453- 460. DOI 10.1002/ejlt.201100349.

9. Surmanidze N. et al. Optimization of the method of ultrasonic extraction of lycopene with a green extract from the fruit of Elaeagnus umbellata, common in Western Georgia //Food Science & Nutrition.-2024.-Vol.12.(5). -P.3593-3601. DOI 10.1002/fsn3.4030.

10. Pereira Oliveira C. N. et al. Nanoemulsions based on sunflower and rosehip oils: the impact of natural and synthetic stabilizers on skin penetration and an ex vivo wound healing model //Pharmaceutics.- 2023. -Vol.15 (3):999. DOI 10.3390/pharmaceutics15030999

11. Cravotto G. et al. Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves//Ultrasonics sonochemistry.- 2008. -Vol.15(5).- P.898-902. DOI 10.1016/j.ultsonch.2007.10.009.

12. Satayeva Z. I. Organic product with balanced composition of ω-6 and ω-3 fatty acids// //Science Bulletin of the S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. -2020.-Vol.3(106).-P.253-260. DOI 10.47100/herald.v.1i3.94.

13. Lamas D.L., Crapiste G.H., Constenla D.T. Changes in quality and composition of sunflower oil during enzymatic degumming process//-LWT-Food Sci. Technol.2014.-Vol.58(1).-P.71-76. DOI 10.1016/j.lwt.2014.02.024.

14. Reis A., Spickett C.M. Chemistry of phospholipid oxidation.//Biochim. Biophys. Acta Biomembr.-2012.-Vol.1818(10).-P.2374-2387. DOI 10.1016/j.bbamem.2012.02.002.

15. Popovici V., Radu O., Hubenia V., Kovaliov E., Capcanari T., Popovici C. Physico-Chemical and Sensory Properties of Functional Confectionery Products with Rosa canina Powder. Ukr. Food J.-2019.-Vol.8.- P.815-827. DOI 10.24263/2304-974X-2019-8-4-12.

16. Ghendov-Moşanu A., Sturza R., Opriş O., Lung I., Popescu L., Popovici V., Soran M.-L., Patraş A. Effect of Lipophilic Sea Buckthorn Extract on Cream Cheese Properties. J. Food Sci. Technol.-2020.-Vol.57.- P.628-637. DOI 10.1007/s13197-019-04094-w.

17. Cristea E., Ghendov-Mosanu A., Patras A., Socaciu C., Pintea A., Tudor C., Sturza R. The Influence of Temperature, Storage Conditions, PH, and Ionic Strength on the Antioxidant Activity and Color Parameters of Rowan Berry Extracts//Molecules.-2021.-Vol.26(13):3786. DOI 10.3390/molecules26133786.

18. Anguelova T., Warthesen J. Degradation of Lycopene, β-Carotene, and α-Carotene during Lipid//Peroxidation.J.FoodSci.-2000.-Vol.65.- P.71-75. DOI 10.1111/j.1365-2621.2000.tb15958.x.

19. Barouh N., Bourlieu-Lacanal C., Figueroa-Espinoza M.C., Durand E., Villeneuve P. Tocopherols as antioxidants in lipid-based systems: The combination of chemical and physicochemical interactions determines their efficiency.-2022.- Vol.21(1).- P.1-47. DOI 10.1111/1541-4337.12867.

20. Sturza R., Druţă R., Covaci E., Duca G., Subotin I. Mechanisms of sunflower oil transforming into forced thermal oxidation processes.//Eng.Sci.-2020.-Vol.47.- P.239 - 251. DOI 10.5281/zenodo.3949716.

References

1. Kalorijnost’. Shipovnik. Himicheskij sostav i pishhevaja cennost’. URL: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/443.php. - Data obrashhenija: 02.09.2025. [in Russian]

2. Barros L., Carvalho A.M., Ferreira I. Exotic fruits as a source of important phytochemicals: Improving the traditional use of Rosa canina fruits in Portugal // Food Res. Int.-2011.-Vol.44(7).-P.2233-2236. DOI 10.1016/j.foodres.2010.10.005.

3. Kallio H., Yang B., Peippo P. Effects of different origins and harvesting time on vitamin C, tocopherols, and tocotrienols in sea buckthorn (Hippophae rhamnoides) berries// J. Agric. Food Chem. -2002.-Vol.50(21).- P.6136-6142. DOI 10.1021/jf020421v.

4. Negrean O. R. et al. Recent advances and insights into the bioactive properties and applications of Rosa canina L. and its by-products // Heliyon.- 2024.- Vol.10.(9):e30816 DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e30816.

5. Kalorijnost’. Kljukva sushenaja. Himicheskij sostav i pishhevaja cennost’. URL:https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/442.php.- Data obrashhenija: 02.09.2025. [in Russian]

6. Ghendov-Mosanu A. et al. Stabilization of sunflower oil with biologically active compounds from berries //Molecules.- 2023.-Vol. 28(8). - P.3596. DOI 10.3390/molecules28083596.

7. Kumar K., Srivastav S., Sharanagat V. S. Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review//Ultrasonics sonochemistry.-2021.- Vol.70: 105325. DOI 10.1016/j.ultsonch.2020.105325.

8. Chemat F. et al. Enrichment of edible oil with sea buckthorn by-products using ultrasound-assisted extraction //European Journal of Lipid Science and Technology.- 2012.-Vol.114(4).-P.453- 460. DOI 10.1002/ejlt.201100349.

9. Surmanidze N. et al. Optimization of the method of ultrasonic extraction of lycopene with a green extract from the fruit of Elaeagnus umbellata, common in Western Georgia //Food Science & Nutrition.-2024.-Vol.12.(5). -P.3593-3601. DOI 10.1002/fsn3.4030.

10. Pereira Oliveira C. N. et al. Nanoemulsions based on sunflower and rosehip oils: the impact of natural and synthetic stabilizers on skin penetration and an ex vivo wound healing model //Pharmaceutics.- 2023. -Vol.15 (3):999. DOI 10.3390/pharmaceutics15030999

11. Cravotto G. et al. Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves//Ultrasonics sonochemistry.- 2008. -Vol.15(5).- P.898-902. DOI 10.1016/j.ultsonch.2007.10.009.

12. Satayeva Z. I. Organic product with balanced composition of ω-6 and ω-3 fatty acids// //Science Bulletin of the S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. -2020.-Vol.3(106).-P.253-260. DOI 10.47100/herald.v.1i3.94.

13. Lamas D.L., Crapiste G.H., Constenla D.T. Changes in quality and composition of sunflower

oil during enzymatic degumming process//-LWT-Food Sci. Technol.2014.-Vol.58(1).-P.71-76. DOI 10.1016/j.lwt.2014.02.024.

14. Reis A., Spickett C.M. Chemistry of phospholipid oxidation.//Biochim. Biophys. Acta Biomembr.-2012.-Vol.1818(10).-P.2374-2387. DOI 10.1016/j.bbamem.2012.02.002.

15. Popovici V., Radu O., Hubenia V., Kovaliov E., Capcanari T., Popovici C. Physico-Chemical and Sensory Properties of Functional Confectionery Products with Rosa canina Powder. Ukr. Food J.-2019.-Vol.8.- P.815-827. DOI 10.24263/2304-974X-2019-8-4-12.

16. Ghendov-Moşanu A., Sturza R., Opriş O., Lung I., Popescu L., Popovici V., Soran M.-L., Patraş A. Effect of Lipophilic Sea Buckthorn Extract on Cream Cheese Properties. J. Food Sci. Technol.-2020.-Vol.57.- P.628-637. DOI 10.1007/s13197-019-04094-w.

17. Cristea E., Ghendov-Mosanu A., Patras A., Socaciu C., Pintea A., Tudor C., Sturza R. The Influence of Temperature, Storage Conditions, PH, and Ionic Strength on the Antioxidant Activity and Color Parameters of Rowan Berry Extracts//Molecules.-2021.- Vol.26(13):3786. DOI 10.3390/molecules26133786.

18. Anguelova T., Warthesen J. Degradation of Lycopene, β-Carotene, and α-Carotene during Lipid//Peroxidation.J.FoodSci.-2000.-Vol.65.- P.71-75.DOI 10.1111/j.1365-2621.2000.tb15958.x.

19. Barouh N., Bourlieu-Lacanal C., Figueroa-Espinoza M.C., Durand E., Villeneuve P. Tocopherols as antioxidants in lipid-based systems: The combination of chemical and physicochemical interactions determines their efficiency.-2022.-Vol.21(1).- P.1-47. DOI 10.1111/1541-4337.12867.

20. Sturza R., Druţă R., Covaci E., Duca G., Subotin I. Mechanisms of sunflower oil transforming into forced thermal oxidation processes.//Eng.Sci.-2020.-Vol.47.- P.239 - 251. DOI 10.5281/zenodo.3949716.

Сведения об авторах

Сатаева Ж.И.- PhD, директор ТОО «НПП «Nutritech», Астана, Казахстан, e-mail: julduz.kaynar@mail.ru;

Кундызбаева Н.Д.- к.т.н., научный консультант ТОО «НПП «Nutritech», Астана, Казахстан, e-mail: kundyzbaeva@mail.ru;

Смагулова М.Е.- к.х.н., химик ТОО «НПП «Nutritech», Астана, Казахстан, e-mail: mirgul.smagulova@bk.ru.

Information about the authors

Satayeva Zh.I.- PhD, Director of NPP Nutritech LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: julduz.kaynar@mail.ru;

Kundyzbayeva N.D.- Ph.D., scientific consultant of NPP Nutritech LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: kundyzbaeva@mail.ru;

Smagulova M.E.- Ph.D., chemist of NPP Nutritech LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: mirgul.smagulova@bk.ru.