

31. Strogatz S. H. Exploring complex networks / S. H. Strogatz // Nature. – 2001. – V. 410. – P. 268–276.
32. Huang X. Spiral Waves in Disinhibited Mammalian Neocortex / X. Huang // J. Neurosci. – 2004. – V. 24. – P. 9897–9902.
33. Hirata Y. Chaos in neurons and its application: Perspective of chaos engineering / Y. Hirata, M. Oku, K. Aihara // Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. – 2012. – V. 22. – № 047511. – doi:http://dx.doi.org/ 10.1063/1.4738191.
34. Zheng P. Network Self-Organization Explains the Statistics and Dynamics of Synaptic Connection Strengths in Cortex / P. Zheng, C. Dimitrakakis, J. Triesch // Plos Comput. Biol. – 2013. – V. 9. – doi:10.1371/journal.pcbi.1002848.
35. Pavin N. Self-Organization and Forces in the Mitotic Spindle / N. Pavin, I. Tolic' // Annu. Rev. Biophys. – 2016. – V. 45. – P. 279–98.
36. Qian H. Cooperativity in Cellular Biochemical Processes: Noise-Enhanced Sensitivity, Fluctuating Enzyme, Bistability with Nonlinear Feedback, and Other Mechanisms for Sigmoidal Responses / H. Qian // Annu. Rev. Biophys. – 2012. – V. 41. – P. 179–204.

**Гуца Тетяна, Гуца Олександр. Клітинна біологія з погляду теорії самоорганізації.** Самоорганізацію визнано універсальною властивістю, яка притаманна відкритим системам, зокрема біологічним об'єктам і живим організмам. Потік енергії або речовини, що протікає через систему, унаслідок кооперативної взаємодії її складників, спричинює перехід системи до нового впорядкованого стану. Система функціонує в стані, далекому від термодинамічної рівноваги, а переходи між станами описуються за допомогою нелінійних моделей. Аналіз такої поведінки дає підставу зібрати корисну інформацію про емерджентні властивості певної системи, що, як правило, неможливо зробити іншими засобами. У цьому огляді зібрано деякі найбільш цікаві з недавно опублікованих явищ, пов'язаних із динамічною самоорганізацією в клітинній біології. Основну увагу приділено процесам, які відбуваються в цитоскелеті, кардіомиоцитах та нейронах. Проаналізовано механізми зворотного зв'язку, контролюючі параметри й параметри порядку, необхідні для повної характеристики самоорганізованої поведінки кожної системи.

**Ключові слова:** нелінійна система, клітина, самоорганізація, параметр порядку.

**Гуца Татьяна, Гуца Александр. Клеточная биология с точки зрения теории самоорганизации.** Самоорганизация признана универсальным свойством, присущим открытым системам, в частности биологическим объектам и живым организмам. Поток энергии или вещества, протекающий через систему, вследствие кооперативного взаимодействия ее составляющих, приводит к переходу системы в новое упорядоченное состояние. Система функционирует в состоянии, далеком от термодинамического равновесия, а переходы между состояниями описываются с помощью нелинейных моделей. Анализ такого поведения позволяет собрать полезную информацию об эмерджентных свойствах определенной системы, чего, как правило, невозможно достигнуть другими способами. В этом обзоре собраны некоторые наиболее интересные из недавно опубликованных явлений, связанных с динамической самоорганизацией в клеточной биологии. Особое внимание уделяется процессам, протекающим в цитоскелете, кардиомиоцитах и нейронах. Проанализированы механизмы обратной связи, контролирующие параметры и параметры порядка, необходимые для полной характеристики самоорганизованного поведения каждой из систем.

**Ключевые слова:** нелинейная система, клетка, самоорганизация, параметр порядка.

Стаття надійшла до редколегії  
20.10.2017 р.

УДК 633.88(477.82):665.123

Марія Осип,  
Юрій Осип

### Вищі карбонові кислоти олії насіння чорниці звичайної (*Vaccinium myrtillus* L.)

Із насіння чорниці звичайної (*Vaccinium myrtillus* L.) методом вичерпної екстракції *n*-гексаном отримано олію світло-жовтого кольору з показником заломлення 1,4742. Вихід становить 18 %.

© Осип М., Осип Ю., 2017

Методом газорідної хроматографії визначено жирнокислотний склад олії насіння чорниці звичайної. Установлено, що досліджувана олія складається високої кількості олеїнової (23,7 %), лінолевої (38,1 %) та ліноленої (31,1 %) кислот. У меншій кількостях олія чорниці містить пальмітинову (5,3 %), стеаринову (1,0 %) та міристинову (0,7 %) кислоти.

**Ключові слова:** чорниця звичайна, жирні кислоти, газорідна хроматографія.

**Постановка наукової проблеми та її значення.** Дослідження біологічно активних речовин природного походження – класичний напрям у фармакології та медицині. На основі рослинної сировини створено велику кількість лікарських засобів, яким у медичній практиці спеціалісти надають перевагу над синтетичними препаратами.

Чорниця звичайна (*Vaccinium myrtillus* L.) – важлива лікарська, харчова, медоносна рослина. Це низенький (15–40, рідше 60 см заввишки) розгалужений, із гостроробристими голими гілками кущик із довгим повзучим кореневищем. Стебла висхідні або прямостоячі, розгалужені, зеленувато-коричневі. Листки спіральні розміщені, майже сидячі, суцільні, яйцеподібні, еліптичні або яйцеподібно-еліптичні, по краю дрібно-пилковидно-зубчасті, на верхівці – загострені, зверху – світло-зелені, знизу – блідіші, голі або по жилках – розсіяно коротко-опушені, тоненькі, на зиму опадають. Квітки правильні, на коротких квітконіжках, поодинокі, у пазухах листків; віночок зеленувато-білий із рожевим відтінком, кулясто-гличкоподібний, зрослопелюстковий, із 4–5 відвернутими частками відгину. Плід – куляста чорна ягода. Цвіте в травні-червні, плоди досягають у липні [1].

Плоди чорниці містять вуглеводи (5,3–7,4 %): глюкоза, фруктоза, сахароза, пектин; органічні кислоти (0,90–1,28 %): лимонна, молочна, щавлева, яблучна, янтарна; вітаміни: аскорбінова кислота – 5–6 мг %, тіамін – 0,045 мг %, рибофлавін – 0,08 мг %, нікотинова кислота – 2,1 мг %, каротин – 0,75–1,6 мг %; флавоноїди (460–600 мг %): гіперин, астрагалін, кверцитрин, ізокверцитрин, рутин; антоціани: дельфінідин, мальвідин, петунідин, ідаїн, миртилін; фенолокислоти: кавова, хінна, хлорогенова; феноли і їхні похідні: гідрохінон, монотропеозид, асперулозид; дубильні речовини (до 12 % на абсолютно суху речовину), ефірну олію, циклічний шестиатомний спирт інозит, похідні антрацену, сполуки марганцю й заліза.

У листі чорниці є дубильні речовини (до 20 % на абсолютно суху речовину), флавоноїди: кемпферол, рутин, астрагалін, гіперин, кверцитрин, ізокверцитрин, авікулярин, мератин; антоціани: ціанідин, дельфінідин, петунідин; тритерпеноїди:  $\beta$ -амірин, олеанолова й урсолова кислоти; фенолокислоти: кавова, хлорогенова, хінна; феноли та їхні похідні: гідрохінон, арбутин, метиларбутин, асперулозид, монотропеозид, ефірна олія, алкалоїд муртин, вітамін С, каротиноїди, лимонна кислота.

Завдяки комплексу біологічно активних речовин чорниця виявляє різноманітні біологічні ефекти й широко використовується у свіжому, сушеному та переробленому вигляді [2, 3, 4, 5, 6].

Насіння чорниці містить жирну олію, що використовується як цінний компонент косметичних засобів. Однією з найважливіших характеристик жирних олій є їх жирнокислотний склад.

Особливо важливими в рослинних оліях вважаються такі ненасичені жирні кислоти, як лінолева та ліноленова, що не синтезуються в організмах тварин, але є необхідними для багатьох біохімічних процесів.

Усі олії на 99,0–99,5 % складаються з тригліцеридів вищих карбонових кислот. У тридцятих роках минулого століття стало відомо, що в оліях містяться необхідні для життя людини речовини, які в організмі не виробляються, але є необхідними для нормальної життєдіяльності. Ними виявилися жирні кислоти з двома або більшим числом ненасичених зв'язків у молекулі: лінолева (18 атомів карбону та два подвійні зв'язки) і ліноленова (18 атомів карбону та три подвійні зв'язки), які ще називають есенціальними або незамінними. Незамінні жирні кислоти є вихідним будівельним матеріалом для клітинних мембран та біосинтезу речовин – посередників, що регулюють обмінні процеси (простагландинів і лейкотрієнів). Мембрани впорядковують усі процеси обміну речовин та енергії в організмі. Недостатність в організмі есенціальних жирних кислот може призвести до затримки росту й розвитку в дітей; порушення проникності шкіри; дерматитів; пригнічення репродуктивної функції в дорослих [7].

Найважливішими чинниками харчової цінності олій є кількість і співвідношення між поліненасиченими жирними кислотами (ПНЖК) –  $\omega$ -6 (лінолева кислота) та  $\omega$ -3 (ліноленова кислота), а також співвідношення мононенасичених жирних кислот (МНЖК) до ПНЖК.

Потреба організму людини в ПНЖК становить приблизно 11 г/добу, зокрема в  $\omega$ -3 жирних кислотах – 1–3 г/добу, в  $\omega$ -6 – не більше ніж 10 г/добу, а в МНЖК – 30 г/добу, при цьому повинно виконуватися співвідношення МНЖК:ПНЖК = 3:1.

На сьогодні співвідношення між  $\omega$ -6 та  $\omega$ -3 в раціоні середньостатистичної людини України становить приблизно 30:1. Соняшникова олія, яку використовує наше населення для приготування їжі, містить велику кількість лінолевої кислоти (50–75 %), але практично не містить ліноленової [8, 9, 10].

**Матеріали й методи.** Плоди чорниці збирали в липні 2016 р біля с. Кричевичі Ковельського району Волинської області. Для відділення насіння свіжі ягоди розтирали, отриману масу розводили водою. В отриманій суміші насіння осідало на дно посудини. Верхню фракцію відділяли декантацією. Процедура повторювали декілька разів, до отримання візуально чистого насіння, яке висушували до постійної маси.

Виділення олії з подрібненого насіння чорниці проводили методом вичерпної екстракції в апараті Сокслета *n*-гексаном. Отриманий екстракт фільтрували, та відганяли розчинник. Залишки *n*-гексану в отриманій олії упарювали за допомогою водоструменевого насоса, нагріваючи колбу на водяній бані.

Уміст жирних кислот в олії насіння чорниці визначали методом газорідинної хроматографії відповідно до методики, наведеної в ГОСТ 30418-96 [11]. Вищі карбонові кислоти естерифікували натрій метилатом, а отримані метилові естери розділяли на газовому хроматографі «Кристалл 2000М» Хроматек із капілярною колонкою DB-FFAP (США) та полум'яно-іонізаційним детектором. Для калібровки приладу використовували набір стандартів метилових естерів жирних кислот (Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України).

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.** Методом вичерпної екстракції *n*-гексаном встановлено, що насіння чорниці звичайної (*V. myrtillus*) містить 18 % олії світло-жовтого кольору із зеленкуватим відтінком. Показник заломлення становить 1,4742.

Результати дослідження жирнокислотного складу олії насіння чорниці методом вискоефективної газорідинної хроматографії відображено в табл. 1.

Таблиця 1

Дослідження жирнокислотного складу олії насіння чорниці

Карбонова кислота		Масова частка, %
Міристинова (14:0)	Тетрадеканова	0,7
Пальмітинова (16:0)	Гексадеканова	5,3
Стеаринова (18:0)	Октадеканова	1,0
Олеїнова (18:1) $\omega$ 9	Октадецена	23,7
Лінолева (18:2) $\omega$ 6	Октадекадієнова	38,1
Ліноленова (18:3) $\omega$ 3	Октадекатрієнова	31,1

Установлено, що досліджувана олія містить значну кількість олеїнової (23,7 %), лінолевої (38,1 %) та ліноленової (31,1 %) кислот. У значно менших кількостях олія чорниці має пальмітинову (5,3 %), стеаринову (1,0 %) і міристинову (0,7 %) кислоти.

Загалом понад 90 % вищих карбонових кислот є ненасиченими. Причому дві третіх цієї кількості (69,2 %) складають поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) – лінолева й ліноленова. Ці кислоти відносять до вітамінів групи F, оскільки вони не синтезуються в організмі людини, але необхідні для його нормального функціонування.

Лінолева кислота належить до класу  $\omega$ -6 ненасичених вищих карбонових кислот. Організм людини синтезує з неї поліненасичену арахідонову (20:4,  $\omega$ -6) жирну кислоту, що міститься в досить великих кількостях в організмі людини. Наприклад, у фосфоліпідах наднирників її вміст складає до 20 %, а в зовнішній мембрані гепатоцитів печінки – 11 %, у зовнішніх і внутрішніх мембранах мітохондрій гепатоцитів – 15,7 % та 18,5 % від усієї кількості жирних кислот відповідно [12].

Метаболіти арахідонової кислоти є ендогенними лігандами канабіноїдних рецепторів (CB1 і CB2). Найбільш важливі з них – арахідонілетаноламід (анандамід) та 2-арахідонілгліцерин. Ці сполуки виконують функції нейромодуляторів і нейромедіаторів. Анандамід відіграє роль у механізмах походження болю, депресії, апетиту, пам'яті, репродуктивної функції, підвищує стійкість серця до аритмічної дії ішемії й реперфузії за допомогою активації CB2-рецепторів [13].

Ліноленову кислоту відносять до особливо важливих для живих організмів ПНЖК родини  $\omega$ -3. В організмі людини вона перетворюється в довголанцюгові  $\omega$ -3 жирні кислоти: ейкозапентаєнову (20:5,  $\omega$ -3) та докозагексаєнову (22:6,  $\omega$ -3), що відіграють важливу роль у регуляції метаболізму ліпідів, тромбоутворення, вазодилатації й запалення [14].

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Можна зробити висновки, що ейкозапентаєнова кислота є попередником тромбоксанів, простагландинів і лейкотрієнів – високоактивних імунно-запальних регуляторів [15]. Вона запобігає швидкому згортанню крові, знижуючи рівень ризику розвитку тромбозу коронарної артерії.

Ейкозапентаєнова й докозагексаєнова жирні кислоти відіграють основну роль у підтримці гомеостазу запальних реакцій [15], запобігають розвитку запальних процесів, пригнічуючи вироблення ейкозаноїдів, сприяють відновленню нормального рівня серотоніну, вивільняють речовини, що сприяють загоєнню ран (протектини та резолвіни).

#### Джерела та література

1. Гродзінський А. М. Лікарські рослини : енциклопед. довід. / А. М. Гродзінський. – Київ : Вид-во «Українська енциклопедія» ім. М. П. Бажана, Укр. виробничо-комерційний центр «Олімп», 1992. – 544 с.
2. Товстуха Є. С. Фітотерапія / Є. С. Товстуха. – Вид. 2-ге, переробл. та доп. – Київ : Здоров'я, 1995. – 368 с.
3. Носаль М. А. Лікарські рослини і способи їх застосування в народі / М. А. Носаль, І. М. Носаль. – Київ : Електронна книжка, 2013. – 324 с.
4. Мамчур Ф. І. Овочі і фрукти в нашому харчуванні / Ф. І. Мамчур. – Ужгород : Карпати, 1988. – 197 с.
5. Попов П. Лікарські рослини в народній медицині / П. Попов. – Київ : Здоров'я, 1965. – 347 с.
6. Жогла Ф. А. Вітаміноносні лікарські рослини : довідник / Ф. А. Жогла, В. П. Попович, П. В. Олійник, Р. М. Шурин. – Львів : Світ, 1992. – 152 с.
7. Кулакова С. Н. Особенности растительных масел и их роль в питании / С. Н. Кулакова, В. Г. Байков, В. В. Бессонов, А. П. Нечаев, В. В. Тарасова // Масложировая промышленность. – 2009. – № 3. – С. 16–20.
8. Матвеева Т. В. Купажі олій – джерело полі ненасичених жирних кислот / Т. В. Матвеева, З. П. Федякіна // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Вип. 46. – Т. 2. – С. 210–213.
9. Penny M. Kris-Etherton. Appel Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease / M. Penny Kris-Etherton, S. William Harris, J. Lawrence // Arterioscler Thromb Vasc Biol. – 2003. – 23. – P. 151–152.
10. Sarah K Gebauer. Kris-Etherton n 3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits / K/ Sarah Gebauer [et. al.] // Am J Clin Nutr. – 2006. – 83 (suppl). – S. 1526–1535.
11. Метод определения жирнокислотного состава : ГОСТ 30418-96. – Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996. – 10 с.
12. Биохимия : учеб. для ВУЗов / под ред. Е. С. Северина. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2003. – С. 371–374.
13. Devane W. A. Isolation and structure of a brain constituent that binds to the cannabinoid receptor / W. A. Devane [et. al.] // Science. – 258. – 1946–1949 (1992).
14. Сірз В. Корисні жири омега-3: здорове харчування для всієї родини / В. Сірз, Дж. Сірз ; пер. з англ. – Київ : KM Publishing, 2014. – 200 с. : іл.
15. Шадрін О. Г. Жирно-кислотний спектр крові та шляхи кореляції його порушень у дітей раннього віку з харчовою алергією / О. Г. Шадрін, Г. А. Гайдучик // Современная педиатрия. – 20016. – 1(73). – С. 111–115.

**Осип Мария, Осип Юрий. Исседование жирнокислотного состава масла семян черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus* L.).** Черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.) – низкорослый кустарничек семейства Вересковые. Широко распространенная в зоне хвойных лесов северной и центральной Европы.

Интерес исследователей к этому растению в основном обусловлен высоким содержанием в плодах антиоксидантов флавоновидной природы – антоцианов. Однако черника содержит большое количество других важных биологически активных веществ.

В исследованиях использовали плоды черники, собранной в районе с. Кричевичи (Украина, Вольнская область). Методом экстракции *n*-гексаном из семян черники обыкновенной (*V. myrtillus*) получено масло светло-желтого цвета с показателем преломления 1,4742. Установлено, что семена черники содержат 18 % жирного масла.

Методом газожидкостной хроматографии определено жирнокислотный состав масла семян черники обыкновенной. Установлено, что исследованное масло содержит большое количество олеиновой (23,7 %), линолевой (38,1 %) и линоленовой (31,1 %) кислот. В сравнительно небольших количествах масло черники содержит пальмитиновую (5,3 %), стеариновую (1,0 %) и миристиновую (0,7 %) кислоты.

**Ключевые слова:** черника обыкновенная, жирные кислоты, газожидкостная хроматография, растительное масло.

**Osyp Mariya, Osyp Yurii. Fatty Acids of the Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) Oil.** The bilberry bush is a relative of the blueberry and is native to many areas, including the Rocky Mountains and regions of Europe and Asia.

Its berries and leaves have been used for medicinal purposes since the Middle Ages for a variety of conditions. Today, bilberry is used as a dietary supplement for cardiovascular conditions, diarrhea, urinary tract infections, eye problems, diabetes, and other conditions. Researchers are interested in bilberry in large part because its berries have a high concentration of antioxidants called anthocyanins, which some studies suggest may have health benefits. However there are other important substances contained in this plant.

In these studies, we used blueberries collected in the Volyn region near the village of Krichevichi.

From pure bilberry seeds (*V. myrtillus*), using n-hexane extraction, an oil of light yellow color with a refractive index of 1,4742 was obtained.

The method of gas-liquid chromatography determined the fatty acid composition of the oil of bilberry seed. It has been established that the oil under study contains a high content of oleic (23,7 %), linoleic (38,1 %) and linolenic (31,1 %) acids. In minor quantities, blueberries contain palmitic (5,3 %), stearic (1,0 %) and myristic (0,7 %) acids.

**Key words:** bilberry, fatty acids, gas-liquid chromatography.

Стаття надійшла до редколегії  
02.10.2017 р.

УДК 577.3

Світлана Зай,  
Владислав Білобров,  
Дарія Вулицька,  
Олександр Ноздренко,  
Ольга Абрамчук,  
Олександр Мотузюк

### **Зміна швидкісно-силових параметрів скорочення *musculus soleus* щурів при хронічній алкоголізації**

Проведено дослідження стосовно змін макропараметрів скорочення *musculus soleus* щурів при виникненні алкогольної міопатії. Показана нездатність м'яза з описаними патологіями адекватно реалізовувати імпульсні сигнали стимуляційного патерна, оскільки із врахуванням можливого збільшення тривалості латентного періоду, яке може бути спричинене затримкою генерації ПД і погіршенням провідності, імпульси не потрапляють у фазу латентного періоду, а зміщені в бік фази скорочення м'яза. Це призводить до погіршення ефективності частотної сумачії тетанічних скорочень.

**Ключові слова:** хронічна алкоголізація, сила скорочення, *musculus soleus*.

**Постановка наукової проблеми та її значення.** Комплексні дослідження щодо вивчення впливу етанолу на м'язову й кісткову тканини виявили достовірні специфічні ознаки атрофії м'язових волокон [1, 2]. Алкоголь порушує всі ланки обміну речовин м'язової й кісткової тканин. Дистрофічні зміни м'язових волокон переходять до їх руйнування [3]. Середній діаметр м'язових волокон за дії етанолу складає 80 % від їх діаметра в контрольних групах.

Хронічна алкогольна міопатія є вповільненим синдромом із характерною м'язовою слабкістю й атрофією. Основну роль у її розвитку відіграють етанол, його метаболіти, дефіцит мікроелементів та інших чинників. Значні незворотні зміни, що відбуваються в кістковій і м'язовій тканинах, – це результат дії алкогольної інтоксикації, яка призводить до порушення живлення тканин [4]. Надмірна активація процесів вільнорадикального перекисного окиснення спричинює каскад негативних біохімічних реакцій і патологічних змін, які лежать в основі багатьох захворювань людини й тварин, зокрема атеросклерозу, ішемічної хвороби серця, діабетичної ангіопатії, нейродегенеративних та аутоімунних захворювань, раку, променевої хвороби, псоріазу, опіків, катаракти й ін. [5, 6].

В ізометричних умовах скорочення м'яза аналіз реєстрованого зусилля, що розвивається м'язом при частотно-модульованій стимуляції її нерва, є якісним показником рівня нейро- й мітопатичних патологічних процесів. Феноменологічний підхід до аналізу патологічних процесів, які впливають на