

УДК: 582.26

ПРОДУКТЫ МОРСКОЙ КРАСНОЙ ВОДОРОСЛИ *DUNALIELLASALINA*

В.В. ПЛАТОНОВ, М.А. ЛАРИНА

Тульский государственный университет, ул. Болдина, д. 128, Тула, 300028, Россия

Аннотация. Приведены литературные и полученные авторами сообщения сведения о составе продуктов морской красной водоросли *Dunaliellasalina* с использованием хромато-масс-спектрометрии. В экстракте, полученном с использованием смеси изопропилового спирта и толуола, идентифицированы и количественно определены соединения, для которых установлены молекулярные и структурные формулы. Большинство соединений, согласно литературным данным, обладают физиологической активностью.

Ключевые слова: красные водоросли, хромато-масс-спектрометрия, полисахариды, хлорофилл.

PRODUCTS MARINE RED ALGAE *DUNALIELLASALINA*

V.V. PLATONOV, M.A. LARINA

Medical Institute, Tula State University, Boldin Str., 128 Tula, 300028, Russia

Abstract. The report presents the literature and authors' data about the composition of the products of marine red algae *Dunaliellasalina* involving by chromatography-mass spectrometry. In the extract obtained by using a mixture of toluene and isopropyl alcohol, the compounds are identified and quantified. Molecular and structural formulas were established for them. Most of the compounds, according to the literature, have physiological activity.

Key words: red algae, gas chromatography-mass spectrometry, polysaccharides, chlorophyll.

Красные водоросли (*Rhodophyta*) – морские растения, многоклеточные, часто крупные и сложно-расчленённые, своим названием они обязаны содержащемуся в них красному пигменту фикоэритрину. Различные соотношения фикоэритрина с хлорофиллом и синим пигментом фикоцианом обуславливают цвет красных водорослей от ярко-малинового до синеватого. Представители красных водорослей широко используются человеком в пищу, а также для удобрения полей, получения йода и солей. Особое значение они имеют как источник слизиобразующих полисахаридов, в частности агара, широко применяемого в текстильной и пищевой промышленности, в микробиологических исследованиях и т.д. Биохимики очень давно и подробно изучают красные водоросли, особенно их углеводный состав [1-4].

Общее содержание углеводов в красных водорослях может достигать 70%. Из дисахаридов встречаются сахароза, трегалоза, довольно редкий сахар в растениях [5, 6]. Содержатся также сахарные спирты, в основном дульцит и сорбит [7, 8] Кроме того, в *Porphyra umbilicalis* обнаружен сахарный спирт – 7 атомный волемит, а также маннит [9]. В *Porphyra perforata* найдены инозитсодержащие вещества – ламинит (*C*-метилюнозит) и *C*-инозит [10].

В красных водорослях широко распространены соединения галактозы и маннозы с глицерином, флоридозид и маннозидоглицерат. Флоридозид представляет собой один из основных углеводов, быстро синтезируемых красными водорослями из порядков *Bangiales* (*Porphyridium sp.*), *Nemalionales* (*Batrachospermum sp.*), *Cryptonemiales* (*Corallina officinalis*), *Gigartinales* (*Ahnfelti aplicata*, *Gigartina stellata*), *Bonnemai soniales* (*Trailiellain tricata*, *Polyidesrotundus*, *Cystoclonium purpureum* и *Phycodrysrubens*) в присутствии $C^{14}O_2$.

Маннозидоглицерат, обнаруженный в представителях *Ceramiales*, *Gigartinales* и *Cryptonemiales*, представляет собой α -*D*-маннопиранозидо-2-*D*-глицериновую кислоту [11, 12]

Из полисахаридов красных водорослей широко известен агар [13], называемый также желозой, или кантенон. Из основных агароносов умеренных широт его можно получить в среднем до 30% суховещества, хотя летом содержание агара в водорослях может достигать 55-60% [14]. Агар – это полисахарид, не растворимый в холодной воде, но растворимый в горячей. Около 2/3 всего количества сахаров в агаре составляет галактоза [15]. Кроме того, в агаре найдена 3,6-ангидро-*L*-галактоза. Важной составной частью агара является эфирносвязанная серная кислота [16]. Считается, что агар подобно крахмалу высших растений представляет собой смесь не менее 2 полиозов – агарозы и агаропектина. Другой полисахарид красных водорослей – каррагинан, который выделяется в основном из *Chondris crispus* и *Gigartina stellata*. Каррагинан, как и агар, находится в растениях в качестве компонента клеточной обо-

лочки в виде смеси солей *Na*, *K*, *Ca* и соответствующей кислоты. При гидролизе он даёт в основном *d*-галактозу, H_2SO_4 и кальций.

Как и в агаре, в каррагинане обнаружено 3,6-ангидропроизводное галактозы, но не *L*-, а *D*-формы [17]. Важной составной частью каррагинана является эфирносвязанная серная кислота, но существенным

отличием этого полисахарида от агара является значительно большее содержание $\frac{2-}{SO_4}$ (20-30%). Если у агара данная группа приходится примерно на 40 остатков гексоз, то у каррагинана – на 1 гексозу.

Содержание разных полисахаридов в водорослях может иметь таксономическое значение. Сопоставление данных о полизах более чем 60 видов красных водорослей показало, что их систематическое положение можно контролировать присутствием в одних водорослях агара, в других каррагинана [18].

«Порфиран» – полисахарид водорослей ряда *Porphyra*. Его содержание в *P.umbilicalis* достигало 41,7%. Основным углеводным компонентом порфирана, как у большинства полизах красных водорослей является галактан. Однако соотношение *D*- и *L*-галактоз и их производных в *P.umbilicalis* и *P.capensis* оказалось равным [19, 20].

«Иридофицин» – очень близкое к каррагинану вещество, выделяемое из *Iridea Laminarioides (Iridophycus flaccidum)* и представляющее собой натриевую соль эфира серной кислоты и галактана [21].

«Фуноран» – вещество, полученное при обработке водой или водяным паром водорослей рода *Gloiopeltis*, в котором сульфатных групп значительно больше, чем карбоксильных, и которые нейтрализованы кальцием и калием.

Целлюлозу определяют в общих анализах водорослей в количестве 1-8% [22-24]. Целлюлоза не единственный структурный полисахарид красных водорослей. Кроме неё, можно назвать ксилан и маннан.

Из запасных веществ, кроме флоридозида и трегалозы, в красных водорослях известен крахмал, называемый «багрянковым» или «флоридным». Его содержание у кальцинированной водоросли *Joculatormaximus* составляло около 3% сырого вещества [25]. При гидролизе флоридный крахмал дает 96% глюкозы. Других сахаров обычно не обнаруживают.

Содержание белков в красных водорослях в среднем составляет около 20% сухого вещества. Индивидуальные белки, выделенные из некоторых водорослей, представляют собой пигменты – фикобилинсодержащие билипротеины, или билихромпротеины. Характерным билипротеином красных водорослей является *R*-фикоцианин. В билипротеинах помимо аминокислот обнаружены также углеводы (рамнозу, ксилозу, маннозу, глюкозу, галактозу) [26].

Из разных представителей красных, сине-зелёных и криптофитовых водорослей выделяли *C*- и *R*-фикоцианины, аллофикоцианы, а также *C*-, *B*- и *R*-фикоэритрины. По аминокислотному составу белки красных водорослей не отличаются от белков других отделов водорослей. В гидролизатах преобладают аланин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты.

В водорослях широко представлены нуклеотиды, играющие важную роль в реакциях трансглюкозилирования, так как активируют молекулы разных сахаров. Характерной особенностью полизах красных водорослей является их этерификация серной кислотой. Содержание липидов в красных водорослях невелико и составляет у разных видов 0,4-3,2% [24]. Содержание жиров и фосфолипидов увеличивается в период образования спор. Среди жирных кислот у *Laurencia obtusa* и *Porphyridium cruentum* преобладали C_{20} -полиеновые кислоты с 4 и 5 двойными связями [27]. В составе липидов японских красных водорослей *Rhodoglossum pulchrum*, *Pterocladia tenuis* и у нескольких видов *Gelidium* был обнаружен холестерол $C_{27}H_{46}O$ [28].

Красные водоросли содержат пигменты: хлорофилл «а», фукоксантин, α - и β -каротины, небольшое количество хлорофилла «d» [29, 30].

Содержание золы в красных водорослях в среднем составляет около 20% сухого вещества. Следует отметить высокое содержание $\frac{2-}{SO_4}$ (0.5-19.1%), *K* (1.7-6.7%), *Na* (1.8-3.6%), *Ca* (0.1-0.8%), *Mg* (0.3-1.5%). Кальций в водорослях откладывается в основном в виде карбонатов. Возможно, что большую роль в отложении кальция в водорослях, как и в высших растениях, играют органические кислоты (янтарная, лимонная, яблочная).

Встречаются также другие элементы и микроэлементы, которые могут концентрироваться. Среди них следует отметить йод (0.021-0.168%). Как правило, в красных водорослях йода накапливается меньше, чем в бурых, но больше, чем в зелёных [31]. В отдельных красных водорослях накапливается много брома (3-6%) [32]. Среди других веществ, обнаруженных в красных водорослях, следует отметить бромфенольное соединение, имеющее общую формулу $C_7H_5O_3Br$ – 5-бром-3,4-диоксибензальдегид.

Содержание витамина B_{12} в красных водорослях в среднем составляет 0.27 мкг/г сухого вещества, но синтезируется он, вероятно не водорослями, а эпифитными бактериями.

Выделение органического вещества (ОВ) в виде слизи характерно для всех водорослей. Кислый белково-полиозный комплекс, содержащий 6-7% белка, сходный с веществом клеточных стенок водо-

рослей. Углеводная часть комплекса представляет собой агароподобный полисахарид с 10% связанного сульфата [33].

Некоторые из выделяемых водорослями веществ отличаются антибиотической активностью. Так, *Laurencia obtusa* подавляла рост *Streptococcus aureus* и *Escherichia coli*. Стимуляторы роста бактерий выделяли *Furcellaria fastigiata*, *Rhodomela larix* и *Polysiphonian igrescens*. Из них следует отметить птероил – триглутаминовую, фолиниевую и фолевую кислоты и тимидин. [34]. Обнаружены стимуляторы роста плесневых грибов и дрожжей, по-видимому, витамины группы B [35]. Выделены кайниновая и α -аллокайниновая, домойеновые кислоты, отличающиеся глистогонными свойствами, а также ростовые вещества с ауксиноподобным действием, в частности индолилуксусная кислота [36].

Красные водоросли выделяют небольшое количество терпенов и кислот (муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная, валериановая), диметилсульфид.

Следует отметить, что основные составные компоненты красных водорослей сходны, общий качественный состав у большинства порядков аналогичен. Общее количество углеводов достигает 70 (мас. % сухого вещества), белков – 20 (до 40), липидов (до 3), золы и других веществ – 20.

Красные водоросли содержат структурные полиозы – производное глюкозы – целлюлозу, сульфатированные производные галактозы, и её производных – агар, каррагинан, агароид, порфиран, фуцеллан, фунорин и т.п., производные ксилозы – ксилан; маннозы – маннан, глюкозамина и его ацетильного производного – хитин; резервные вещества – дисахариды трегалозу, сахарозу, сахарные спирты – дульцит, сорбит, маннит, волемит, ламинит (С-метилюозит), С-инозит, эстеры глицерина с галактозой и маннозой – флоридозид и маннозидоглицерат, производные глюкозы – флоридный крахмал; белки – R-фикоэритрин, B-фикоэритрин, B-фикоцианин, C-фикоцианин, аллофикоцианин, азотсодержащие вещества – серусодержащую аминокислоту – таурин, дипептид – карнозин, нуклеотид – 3,5 пиррофосфат-аденозин, неомыляемые липиды – фукостерол, ситостерол, холестерол; углеводород – генэйкозан; терпены – 1,8 цинеол, *n*-цимен, линалоол, гераниол; хлорофиллы – *a,d*; каротины – α и β -каротины, ксантофиллы – лютеин, неоксантин, зеаксантин, фукоксантин; серусодержащие летучие вещества – метанетиол; птериды – фолевую, фолиниевую, птероил – триглутаминовую кислоты, биоптерин.

Большинство красных водорослей содержит сульфатированные слизеподобные полиозы, являющиеся полимерами обеих форм галактозы и их производных, в частности 3,6-ангидро. Характерным для красных водорослей является наличие билипротеинов, отличающихся от подобных пигментов в других отделах водорослей, а также соединений глицерина с галактозой и маннозой, дисахарида трегалозы и, кроме того, большая роль серы в обмене.

Целью настоящего исследования являлось изучение продуктов морской красной водоросли *Dunaliella Salina* с привлечением хромато-масс-спектрометрии.

Исходный продукт представлял собой маслоподобную подвижную жидкость ярко-оранжевого цвета, отобранного в г. Саки Крымской области. Содержание золы составило 27 (мас.%), рентгено-флуоресцентный анализ которой показал наличие: Cl (83.72%), K (6.87%), S (5.715%), Br (1.73%), Si (1.38%).

Хромато-масс-спектрометрическому анализу подвергался экстракт, полученный с использованием смеси изопропилового спирта с толуолом.

Образцы анализировали с использованием газового хроматографа GC-2010 Plus, соединенного с тройным квадрупольным масс-спектрометром GCMS-TQ8030 под управлением ПО GCMSsolution 4.11. Для идентификации и количественного определения содержания соединений использовали следующие условия хроматографирования: ввод пробы с делением потока (1:10), колонка ZB-5MS (30м×0,25мм×0,25мкм), температура инжектора 280°C, газ-носитель – гелий, скорость газа через колонку 0,90 мл/мин.

Для регистрации аналитических сигналов использовали следующие параметры масс-спектрометра: температура переходной линии – 280°C, температура источника ионов 200°C, электронная ионизация (ЭИ). Диапазон регистрируемых масс от 50 до 500 Да. Задержка выхода растворителя 3,5 мин.

Были идентифицированы соединения приведенные в табл. Общий вид хроматограммы приведен на рис. 1. На рис. 2-10 приведены масс-спектры и структурные формулы отдельных соединений.

| No | Ret. Time | % S | Formula | Compound Name |
|----|-----------|-------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 5,172 | 0,93 | C ₈ H ₁₀ | <i>o</i> -Xylene |
| 2 | 5,295 | 0,01 | C ₁₀ H ₂₂ O | 3-Decanol |
| 3 | 5,420 | 0,66 | C ₈ H ₁₆ O | Furan, tetrahydro-2,2,4,4-tetramethyl- |
| 4 | 5,580 | 2,03 | C ₈ H ₈ | 1,3,5,7-Cyclooctatetraene |
| 5 | 5,823 | 0,01 | C ₉ H ₁₈ O | 2-Ethyl-4,6-dimethyltetrahydropyran |
| 6 | 5,873 | 0,03 | C ₉ H ₁₈ O | 5-Octen-2-ol, 5-methyl- |
| 7 | 5,943 | 0,06 | C ₁₅ H ₂₄ O ₆ | 2-Propenoic acid, (1-methyl-1,2-ethanediyl) bis[oxy(methyl-2,1-ethanediyl)] ester |
| 8 | 6,009 | 0,06 | C ₇ H ₁₁ NO ₂ | Ethosuximide |
| 9 | 6,087 | 0,04 | C ₁₀ H ₁₈ O ₂ | <i>n</i> -Heptylacrylate |
| 10 | 6,218 | 0,06 | C ₉ H ₁₂ | Benzene, (1-methylethyl)- |
| 11 | 6,460 | 0,01 | C ₁₂ H ₂₂ O | Cyclopropanemethanol, . α .,2-dimethyl-2-(4-methyl-3-pentenyl)-, [1. α .(R*),2. α .]- |
| 12 | 6,539 | 0,02 | C ₁₄ H ₂₆ | 3-Tetradecyne |
| 13 | 6,677 | 0,17 | C ₁₄ H ₂₈ O | 10-Dodecen-1-ol, 7,11-dimethyl- |
| 14 | 6,743 | 0,03 | C ₁₀ H ₁₂ O | Benzeneethanol, . β .-ethenyl- |
| 15 | 6,940 | 0,04 | C ₉ H ₁₂ | Benzene, propyl- |
| 16 | 7,137 | 0,04 | C ₉ H ₁₂ | Benzene, 1-ethyl-2-methyl- |
| 17 | 7,225 | 0,10 | C ₁₅ H ₁₂ O ₄ | Benzoic acid, 4-formyl-2-methoxyphenyl ester |
| 18 | 7,551 | 0,10 | C ₉ H ₆ O | Phenol |
| 19 | 7,643 | 0,01 | C ₉ H ₁₂ | Benzene, 1-ethyl-4-methyl- |
| 20 | 7,740 | 0,06 | C ₁₀ H ₂₂ O ₂ | 1,7-Octanediol, 3,7-dimethyl- |
| 21 | 8,054 | 0,10 | C ₁₀ H ₁₈ O ₂ S | Bicyclo[2.2.2]octane, 1-methyl-4-(methylsulfonyl)- |
| 22 | 8,146 | 0,05 | C ₉ H ₁₂ | Benzene, 1,2,3-trimethyl- |
| 23 | 8,674 | 0,01 | C ₈ H ₁₀ O | Oxirane, 2-methyl-2-phenyl- |
| 24 | 9,317 | 0,13 | C ₆ H ₈ O ₂ | 1,2-Cyclopentanedione, 3-methyl- |
| 25 | 9,461 | 0,02 | C ₁₀ H ₁₆ | <i>D</i> -Limonene |
| 26 | 10,419 | 0,02 | C ₇ H ₈ O | Phenol, 3-methyl- |
| 27 | 10,566 | 0,02 | C ₁₀ H ₁₄ O | Cyclohexanone, 2-(2-butynyl)- |
| 28 | 10,853 | 0,02 | C ₉ H ₁₆ | Cyclohexene, 4-propyl- |
| 29 | 11,224 | 0,03 | C ₁₃ H ₁₀ O ₂ | Benzoic acid, phenylester |
| 30 | 13,056 | 0,03 | C ₆ H ₈ O ₂ | 2H-Pyran-2-carboxaldehyde, 5,6-dihydro- |
| 31 | 13,354 | 0,08 | C ₈ H ₁₆ O | Cyclohexanol, 3,5-dimethyl- |
| 32 | 13,705 | 0,02 | C ₇ H ₁₀ O ₂ | 2-Cyclopenten-1-one, 3-ethyl-2-hydroxy- |
| 33 | 14,402 | 0,04 | C ₇ H ₁₇ NO | Dimethylamine, <i>N</i> -(neopentyl-oxo)- |
| 34 | 20,305 | 0,08 | C ₁₀ H ₁₆ O | 1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 2,6,6-trimethyl- |
| 35 | 22,304 | 0,05 | C ₁₁ H ₁₈ O | 1-Cyclohexene-1-acetaldehyde, 2,6,6-trimethyl- |
| 36 | 23,339 | 0,02 | C ₁₂ H ₂₀ O ₃ | Geranylacetate, 2,3-epoxy- |
| 37 | 24,096 | 0,03 | C ₁₁ H ₁₀ | 1,4-Methanonaphthalene, 1,4-dihydro- |
| 38 | 24,777 | 0,07 | C ₁₂ H ₁₄ | 1,2,3-Trimethylindene |
| 39 | 25,398 | 0,02 | C ₁₄ H ₂₂ O | [3,3-Dimethyl-2-(3-methylbuta-1,3-dienyl)cyclohex-1-enyl]methanol |
| 40 | 25,606 | 0,05 | C ₁₃ H ₁₈ O | Spiro[3.6]deca-5,7-dien-1-one,5,9,9-trimethyl |
| 41 | 26,290 | 1,61 | C ₁₃ H ₁₈ | Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,1,6-trimethyl- |
| 42 | 26,410 | 0,06 | C ₁₃ H ₂₀ | Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene |
| 43 | 26,570 | 0,04 | C ₁₄ H ₂₈ | Cyclohexane, 1,2,4,5-tetraethyl- |
| 44 | 26,693 | 0,07 | C ₈ H ₁₀ | 1H-Indene, 1,1,3-trimethyl- |
| 45 | 27,328 | 1,53 | C ₁₄ H ₂₆ | 4-Tetradecyne |
| 46 | 27,640 | 1,04 | C ₁₂ H ₁₂ | Naphthalene, 1,8-dimethyl- |
| 47 | 28,104 | 10,99 | C ₁₇ H ₃₃ Cl | 7-Heptadecene, 1-chloro- |
| 48 | 28,907 | 0,15 | C ₁₈ H ₃₂ | 1,1':4',1''-Tercyclohexane |
| 49 | 29,437 | 0,11 | C ₁₈ H ₃₀ O ₂ | 9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)- |
| 50 | 29,829 | 2,02 | C ₁₅ H ₂₈ | 1-Pentadecyne |
| 51 | 30,506 | 11,98 | C ₂₀ H ₄₀ | 5-Eicosene, (E)- |
| 52 | 31,250 | 0,14 | C ₁₃ H ₂₀ N ₂ | 1,4-Methanocycloocta[d]pyridazine, 1,4,4a,5,6,9,10,10a-octahydro-11, |

| | | | | |
|----|--------|-------|-------------------|---------------------------------------------------------------------|
| | | | | <i>11-dimethyl-, (1.α.,4.α.,4a.α.,10a.α.)-</i> |
| 53 | 31,514 | 0,29 | $C_{11}H_{16}O_2$ | <i>2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-</i> |
| 54 | 31,864 | 0,51 | $C_{16}H_{34}$ | <i>Hexadecane</i> |
| 55 | 32,389 | 6,01 | $C_{16}H_{16}$ | <i>Benzene, 1,1'-(1,2-cyclobutanediyl)bis-, cis-</i> |
| 56 | 33,393 | 0,52 | $C_{14}H_{28}$ | <i>Cyclododecane, ethyl-</i> |
| 57 | 33,847 | 5,68 | $C_{20}H_{38}$ | <i>Benzene, 1,1'-(1,2-cyclobutanediyl)bis-, trans-</i> |
| 58 | 34,343 | 0,14 | $C_{15}H_{30}O_2$ | <i>Dodecanoicacid, 1-methylethyl ester</i> |
| 59 | 34,589 | 0,23 | $C_{16}H_{16}$ | <i>Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1-phenyl-</i> |
| 60 | 34,903 | 0,16 | $C_{17}H_{22}$ | <i>Cyclopropane, 1-butyl-2,2-dimethyl-1-phenylethynyl-</i> |
| 61 | 35,161 | 0,31 | $C_{15}H_{16}$ | <i>Benzene, 1,1'-(1,3-propanediyl)bis-</i> |
| 62 | 35,695 | 1,67 | $C_{10}H_{18}$ | <i>9-Methylbicyclo[3.3.1]nonane</i> |
| 63 | 36,036 | 10,08 | $C_{15}H_{30}$ | <i>Cyclopentadecane</i> |
| 64 | 36,469 | 0,52 | $C_{16}H_{16}$ | <i>Cyclobutane, 1,2-diphenyl-</i> |
| 65 | 36,786 | 0,57 | $C_{28}H_{58}$ | <i>Octacosane</i> |
| 66 | 37,452 | 0,87 | $C_{16}H_{16}$ | <i>Benzene, 1,1'-(2-butene-1,4-diyl)bis-</i> |
| 67 | 37,929 | 0,35 | $C_{18}H_{34}$ | <i>3-Eicosyne</i> |
| 68 | 38,487 | 5,16 | $C_{16}H_{16}$ | <i>[2.2]Paracyclophane</i> |
| 69 | 38,701 | 0,34 | $C_{18}H_{34}$ | <i>3-Octadecyne</i> |
| 70 | 39,606 | 0,16 | $C_{13}H_{22}$ | <i>4-Tridecen-6-yne, (Z)-</i> |
| 71 | 40,025 | 0,95 | $C_{20}H_{38}$ | <i>9-Eicosyne</i> |
| 72 | 40,277 | 0,22 | $C_{14}H_{24}$ | <i>5-Tetradecen-3-yne, (E)-</i> |
| 73 | 40,477 | 0,11 | $C_{19}H_{38}$ | <i>9-Nonadecene</i> |
| 74 | 40,725 | 0,41 | $C_{19}H_{36}$ | <i>7-Octadecyne, 2-methyl-</i> |
| 75 | 41,090 | 0,09 | $C_{15}H_{12}$ | <i>1a,9b-Dihydro-1H-cyclopropa[a]anthracene</i> |
| 76 | 41,288 | 0,22 | $C_{16}H_{34}$ | <i>Tridecane, 6-propyl-</i> |
| 77 | 41,667 | 0,50 | $C_{18}H_{34}$ | <i>9-Octadecyne</i> |
| 78 | 41,927 | 0,18 | $C_{21}H_{44}$ | <i>Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl-</i> |
| 79 | 42,340 | 0,28 | $C_{20}H_{32}$ | <i>(E,E,E)-3,7,11,15-Tetramethylhexadeca-1,3,6,10,14-pentaene</i> |
| 80 | 42,690 | 0,88 | $C_{11}H_{18}O$ | <i>Bicyclo[4.1.0]heptane,-3-cyclopropyl,-7-hydroxymethyl, trans</i> |
| 81 | 43,382 | 1,46 | $C_{11}H_{18}O$ | <i>Bicyclo[4.1.0]heptane,-3-cyclopropyl,-7-hydroxymethyl, (cis)</i> |
| 82 | 43,820 | 1,57 | $C_{15}H_{30}O_2$ | <i>Pentadecanoicacid</i> |
| 83 | 44,195 | 1,09 | $C_{44}H_{90}$ | <i>Tetratetracontane</i> |
| 84 | 45,032 | 9,05 | $C_{20}H_{40}O_2$ | <i>Eicosanoicacid</i> |
| 85 | 45,303 | 6,35 | $C_{13}H_{26}O_2$ | <i>Tridecanoicacid</i> |
| 86 | 46,588 | 7,84 | $C_{16}H_{32}O_2$ | <i>n-Hexadecanoicacid</i> |
| 87 | 47,153 | 0,06 | $C_{20}H_{28}O$ | <i>Retinal</i> |
| 88 | 47,314 | 0,05 | $C_{40}H_{56}$ | <i>.β. Carotene</i> |
| 89 | 47,570 | 0,13 | $C_{26}H_{54}$ | <i>Eicosane, 7-hexyl-</i> |

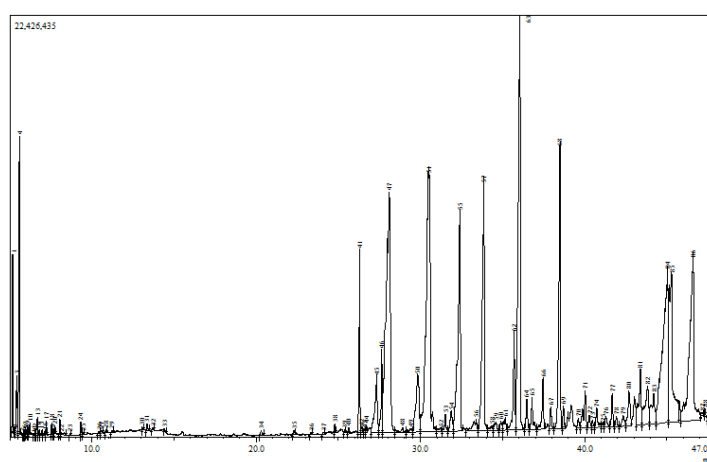


Рис. 1. Общий вид хроматограммы

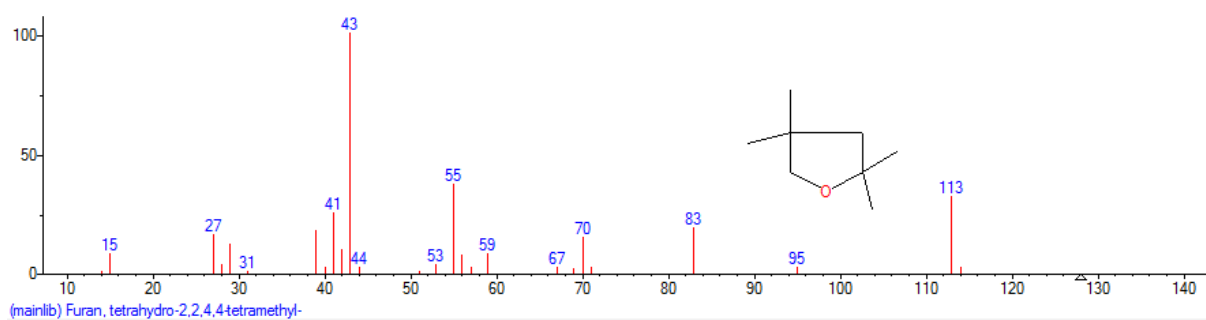


Рис. 2. Furan, tetrahydro-2,2,4,4-tetramethyl-

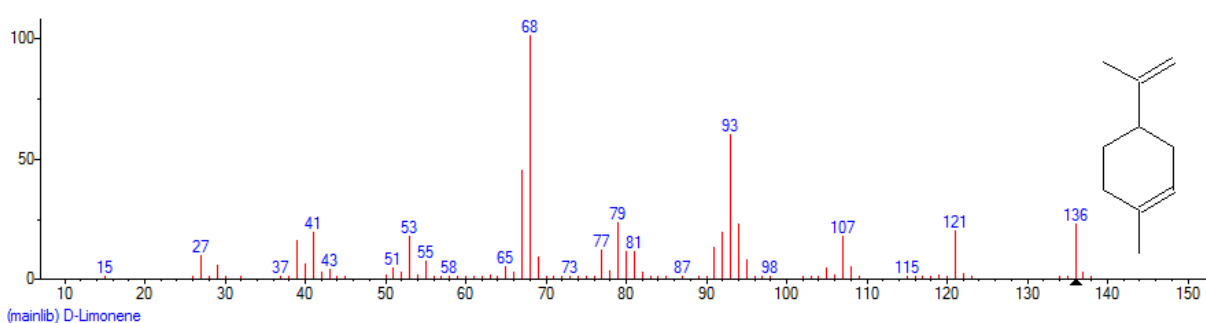


Рис. 3. D-Limonene

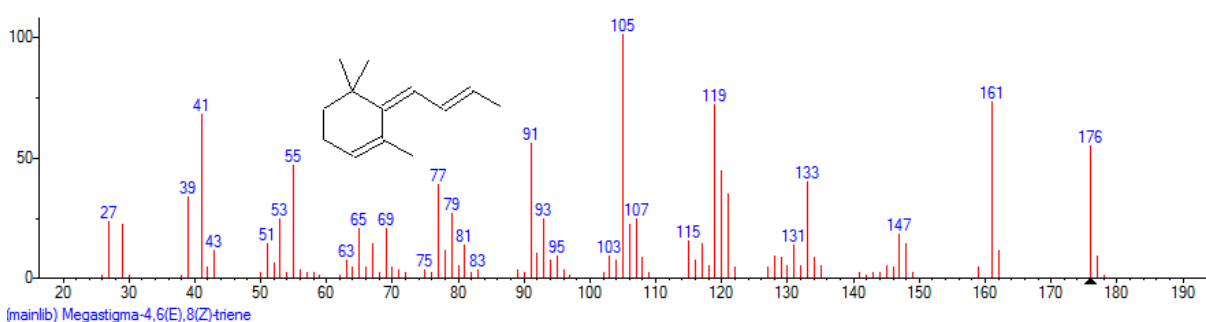


Рис. 4. Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene.

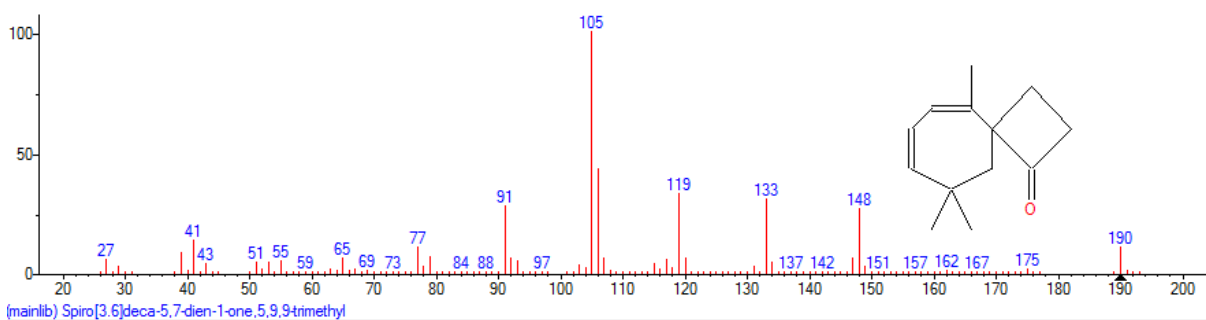


Рис. 5. Spiro[3.6]deca-5,7-dien-1-one,5,9,9-trimethyl

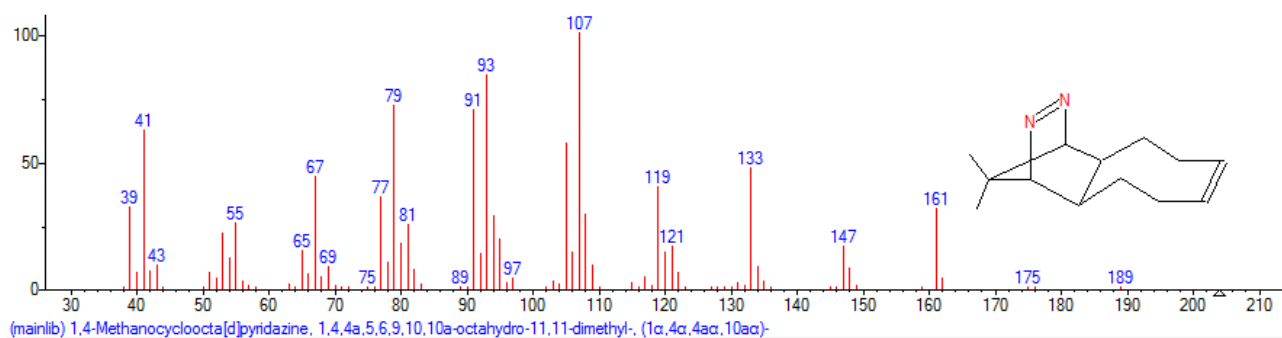


Рис. 6. 1,4-Methanocycloocta[d]pyridazine, 1,4,4a,5,6,9,10,10a-octahydro-11,11-dimethyl-, (1. α .,4. α .,4a. α .,10a. α .)

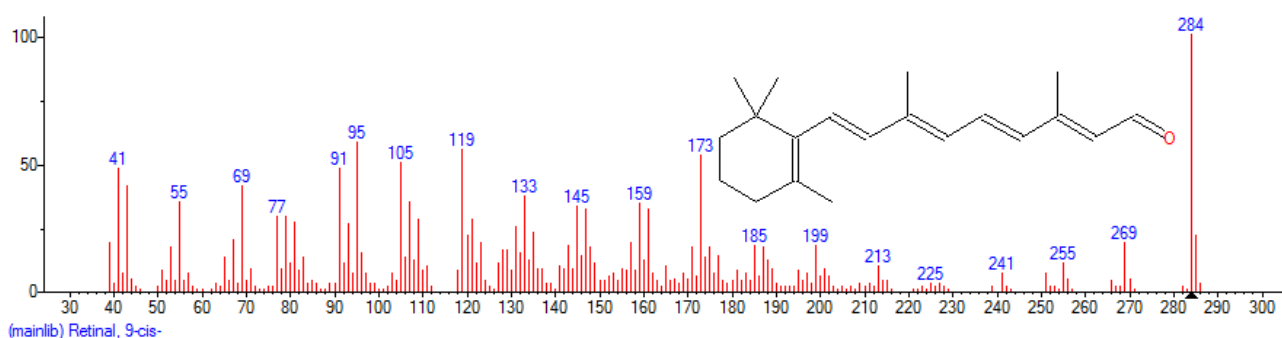


Рис.7. Retinal

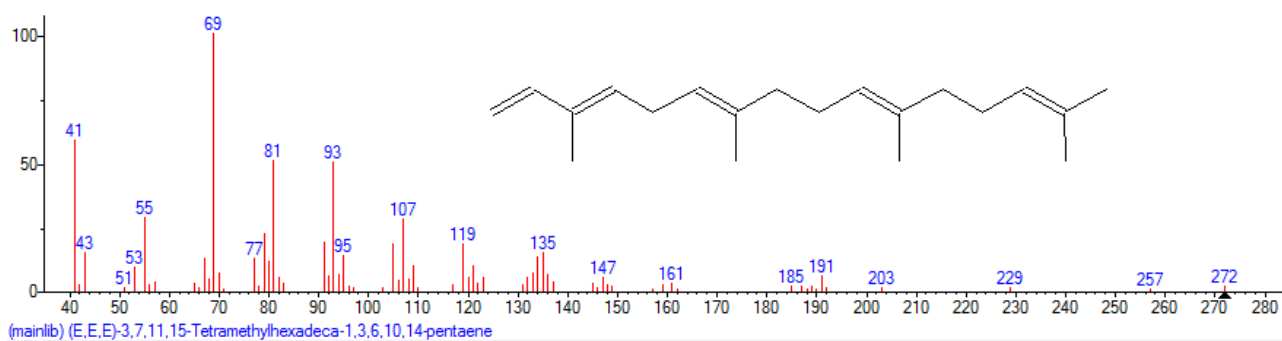


Рис 8. (E,E,E)-3,7,11,15-Tetramethylhexadeca-1,3,6,10,14-pentaene

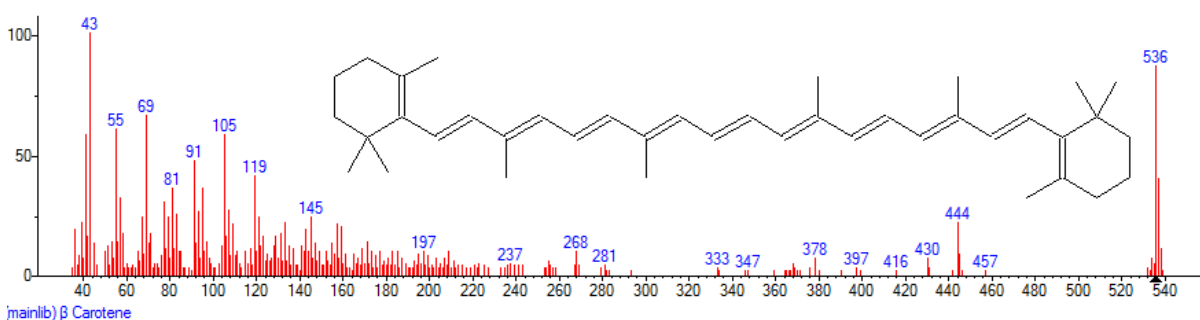


Рис.9. β . Carotene

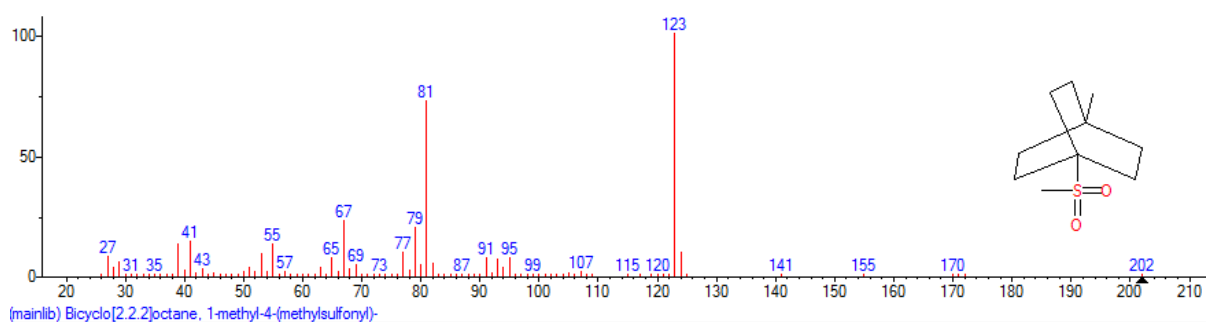


Рис. 10. Bicyclo[2.2.2]octane, 1-methyl-4-(methylsulfonyl)

Литература

1. Conway E., Young E.G. Science. 1966. V. 151, №3708. P. 358.
2. Hirst E. Proc. Chem. Soc. 1958. P. 177.
3. Mori T. Advances in carbohydrat. Chem. 1953. № 8. P. 315.
4. Smith D.G., Montgomery R. The chemistry of plant gums and mucilares and some related polysaccharides. New York: Reinold Publ. Corp., 1959.
5. Sauvageau C., Deniges G. C.r. Acad. Sci. 1930. № 190. P. 958.
6. Colin H. Bull. Mus. Nat. Hist. 1934. V. 2, №6. P.153.
7. Haas P., Hill T. Biochem. I. 1931. V. 23, №5. P. 987.
8. Haas P., Hill T. Ann. Bot. 1933. V. 47, №185. P. 55.
9. Lindberg B. Actachemscand. 1955. №. 9. P. 1097.
10. Su Jong-Ching., Hassid W. Z. Biochemistry. 1962. №1-3. P. 468–474.
11. Kawaguchi K., Yamada S., Miyama S. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 1953. V. 19, №25. P. 481.
12. Augier J. Congr. internat.botan. Paris. Collog. anal. Plantesetproblemesengraismineraux Sect. 1954. №17. P. 30.
13. Payen A. C. r. Acad. Sci. 1859. №. 49. P. 521.
14. Чепмен В. Морские водоросли и их использование. М.:ИЛ, 1953.
15. Bauer R.W. J. prakt. Chem. 1884. № 30. P. 367.
16. Fellers C. Chem. Ztbl., 1918. 642 p.
17. O' Neill A.N. J. Amer. Chem. Soc. 1955. №77. P. 6324.
18. Stoloff L., Silva P. Econ. Bot. 1957. V. 11, №4. P. 327.
19. Turvey J.R. Collog. internat. Centre natrech sci. 1961. №103. P. 29.
20. Nunn J.R., Holdt M.M. Von. J. Chem. Soc., 1957. P. 1094.
21. Hassid W.Z. J.Amer. Chem. Soc. 1935. №57. P. 2046.
22. Джемилева П.Д. Труды Карадаг.биостанции. Т.12, 1952. 101 с.
23. Кизеветтер И.В. Вестн. Д.–В. ФАН СССР. Т.19, 1936. 21 с.
24. Ross A.G. J. Sci. Food and Agric. 1953. V.4. №7. P. 328–333.
25. Ozari H., Maeda M., Nisizawa K. J. Biochem. 1967. V. 61, №4. P. 497.
26. Sasaki T., Tsuchiya Y. Tohoku. J. Agric. Res. 1961. V.12, №1. P. 43.
27. Pohl P., Wagner H., Passig T. Phytochemistry. 1968. V.7, №9. P. 1965.
28. Tsuda K., Akagi S., Kishida Y. Science. 1957. V. 126, №3279. P. 927.
29. Cook A.H. Biol. rev. 1945. V. 20, №3. P. 115.
30. Sagromsky H. Ber. Disch. bot. Ges. 1958. V. 71, №10. P. 435.
31. Kappanna A.N., Sitakara R.V. J. Sci. and Jnd. Res. 1962. V. 21, №11. P. 559.
32. Schmid O.J., Hoppe H.A. Chemiker-Ztg. Chem. Apparat. 1965. V. 89, №16. P. 549.
33. Jones R.F. J. Cell. And Compar. Physiol. 1962. V. 60, №1. P. 61.
34. Ericson L.E., Widoff E., Banhidi Z.G. Acta. Chem. scand. 1953. V. 7, №6. P. 974.
35. Dagys J., Karaliute I. I. iet. TSR aurstujumokyklumokslodarbai. Biol. 1962. №2. P. 25.
36. Augier H. Bull. Jnst. oceanogr. 1965. V. 65, №1341. P. 18.

References

1. Conway E., Young E.G. Science. 1966;151(3708):358.
2. Hirst E. Proc. Chem. Soc. 1958:177.
3. Mori T. Advances in carbohydrat. Chem. 1953;8:315.

4. Smith D.G., Montgomery R. The chemistry of plant gums and mucilages and some related polysaccharides. New York: Reinold Publ. Corp.; 1959.
5. Sauvageau C., Deniges G. C.r. Acad. Sci. 1930;190:958.
6. Colin H. Bull. Mus. Nat. Hist. 1934;2(6):153.
7. Haas P., Hill T. Biochem. I. 1931;23(5):987.
8. Haas P., Hill T. Ann. Bot. 1933;47(185):55.
9. Lindberg B. Actachemscand. 1955;9:1097.
10. Su Jong-Ching., Hassid W. Z. Biochemistry. 1962;1-3:468-74.
11. Kawaguchi K., Yamada S., Miyama S. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 1953;19(25):481.
12. Augier J. Congr. internat.botan. Paris. Collog. anal. Plantesetproblemesengraismineraux Sect. 1954;17:30.
13. Payen A. C. r. Acad. Sci. 1859;49:521.
14. Chepmen V. Morskije vodorosli i ikh ispol'zovanie. Moscow:IL; 1953. Russian.
15. Bauer R.W. J. prakt. Chem. 1884;30:367.
16. Fellers C. Chem. Ztbl.; 1918.
17. O' Neill A.N. J. Amer. Chem. Soc. 1955;77:6324.
18. Stoloff L., Silva P. Econ. Bot. 1957;11(4):327.
19. Turvey J.R. Collog. internat. Centre natrech sci. 1961;103:29.
20. Nunn J.R., Holdt M.M. Von. J. Chem. Soc. 1957:1094.
21. Hassid W.Z. J.Amer. Chem. Soc. 1935;57:2046.
22. Dzhemileva P.D. Trudy Karadag.biostantsii; 1952. Russian.
23. Kizevetter I.V. Vestn. D.–V. FAN SSSR; 1936. Russian.
24. Ross A.G. J. Sci. Food and Agric. 1953;4(7):328-33.
25. Ozari H., Maeda M., Nisizawa K. J. Biochem. 1967;61(4):497.
26. Sasaki T., Tsuchiya Y. Tohoku. J. Agric. Res. 1961;12(1):43.
27. Pohl P., Wagner H., Passig T. Phytochemistry. 1968;7(9):1965.
28. Tsuda K., Akagi S., Kishida Y. Science. 1957;126(3279):927.
29. Cook A.H. Biol. rev. 1945;20(3):115.
30. Sagromsky H. Ber. Disch. bot. Ges. 1958;71(10):435.
31. Kappanna A.N., Sitakara R.V. J. Sci. and Jnd. Res. 1962;21(11):559.
32. Schmid O.J., Hoppe H.A. Chemiker-Ztg. Chem. Appar. 1965;89(16):549.
33. Jones R.F. J. Cell. And Compar. Physiol. 1962;60(1):61.
34. Ericson L.E., Widoff E., Banhidi Z.G. Acta. Chem. scand. 1953;7(6):974.
35. Dags J., Karaliute I. I. iet. TSR aurstujumokyklumokslodarbai. Biol. 1962;2:25.
36. Augier H. Bull. Jnst. oceanogr. 1965;65(1341):18.

Библиографическая ссылка:

Платонов В.В., Ларина М.А. Продукты морской красной водоросли *Dunaliellasalina* // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №3. Публикация 7-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-3/7-2.pdf> (дата обращения: 05.07.2016).