



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA

Treball Fi de Grau

Identificació i anàlisi dels lípids del cargol bover

Daniel Ortuño Cuadrado

07/07/2017

Professor: F. Xavier de las Heras



Resum

En aquest estudi s'ha fet un anàlisi dels lípids del cargol bover (*helix aspersa*) on destaquen per la seva abundància els àcids grassos i els esterols. S'ha trobat una gran quantitat d'àcids grassos essencials (omega 3) i de colesterol, on hi ha una competència en quant alimentació que actua directament a la salut cardiovascular. La ratio trobada omega-6/omega-3 es de 1,7 i la quantitat d'omega 3 total es 2,4 vegades major que la de colesterol.

Abstract

In this study we have analyzed the lipids of the garden snail (*helix aspersa*) on highlighting the fatty acids and sterols. We have found a great quantity of essential fatty acids (omega 3) and cholesterol, and it has a competence in how this alimentation acts directly to cardiovascular health. The ratio w6/w3 is 1.67 and the total omega 3 quantity is 2.4 higher than cholesterol.



Índex

1.1 Objectius	3
1.2 Introducció	3
2. Materials i mètodes	4
2.1 Descripció i ús del cargol	4
2.1.1 Descripció.....	4
2.1.2 Gastronomia.....	4
2.2 Mètode extractiu.....	5
2.2.1 Consideracions generals	5
2.2.2 Descripció Soxhlet	6
2.2.3 Extracció compostos <i>helix aspersa</i>	7
2.2.3.1 Preparació del material per l'extracció	7
2.2.3.2 Extracció del material orgànic	8
2.3 Tècniques d'identificació de compostos	8
2.3.1 Espectrometria de masses	10
2.3.2 Descripció de la tècnica de cromatografia de gasos acoblada a espectrometria de masses (GC-MS)	11
2.3.3 Preparació d'una solució de l'extracte per punxar al cromatògraf	13
2.4 Anàlisi quantitativa.....	13
2.4.1 Mètode del patró intern	14
3. Resultats i discussió.....	14
3.1 Resultats	15
3.2. Àrees components	53
3.3 Discussió	58
3.3.1 Alcans.....	58
3.3.2 Alquens	60
3.3.3 Àcids grassos	61
3.3.3.1 Àcids grassos saturats	61
3.3.3.2 Àcids grassos insaturats	62
3.3.4 Alcohols.....	66
3.3.5 Esterols.....	67
4. Conclusions.....	69
5. Bibliografia.....	70



1. Introducció

1.1 Objectius

1. Descriure quantitativa i qualitativament el màxim nombre de compostos presents al cargol bover i fer-ne una discussió.
2. Completar el cicle d'un procés analític: extracció, identificació mitjançant un cromatògraf de gasos acoblat a l'espectròmetre de masses i quantificació utilitzant el mètode del patró intern.
3. Fer un recerca bibliogràfica el més exhaustiva possible per comparar amb altres cargols analitzats i altres essers vius per veure similituds i diferències.

1.2 Introducció

El cargol bover (*helix aspersa*) també conegut com a cargol comú és un mol·lusc pulmonat molt abundant arreu del món. És un herbívor que és considerat a molts llocs una plaga per devastar horts i cultius, però, també culte de menjar per a molts i emprat a la dieta mediterrània.

En aquest treball s'intentarà analitzar el major nombre de compostos extrets del cargol mitjançant cromatografia de gasos i quantificar els compostos identificats per veure quins avantatges o desavantatges té en front d'aquesta dieta mediterrània i quan bo o dolent es aquest animal com a menjar.



2. Materials i mètodes

2.1 Descripció i ús del cargol

2.1.1 Descripció

El cargol bover, com la majoria dels llimacs i caragols, posseeix òrgans masculins i femenins, per la qual cosa qualsevol parella d'individus pot procrear. És hermafrodita, ovípar i posseeix una petxina calcària enrotllada en espiral. Aquesta closca es formada de carbonat de calci molt resistent de 25 a 40 mm de diàmetre i de 25 a 35 mm d'alt i el seu cos es de fins 8 cm de llarg.

És herbívor i s'alimenta d'una gran quantitat de plantes. Al mateix temps ell és la presa de nombrosos animals incloent-hi alguns insectes, ocells, granotes i altres.

És originari d'Europa, però viu en altres zones. És d'hàbits crepusculars i nocturns, encara que en llocs humits en penombra i en dies de pluja també és actiu de dia. En època de sequera s'amaga dins de la petxina i es tanca elaborant un "tap" a força de moc sec anomenat epifragma.

Famós per la seva proverbial lentitud, es mou a una velocitat màxima de 0,05 km/h, malgrat la qual cosa és un dels cargols més ràpids.

2.1.2 Gastronomia

Aquest gasteròpode és molt apreciat en gastronomia mediterrània; especialment a França, anomenat petit gris, i a Catalunya, conegut com bover.

Actualment el cargol s'ha convertit en un ingredient important en la cuina catalana i els restauradors busquen rescatar receptes tradicionals i populars, per provar amb elles noves maneres de cuinar aquesta menja. La seva popularitat ha fet que cada any es celebrin trobades gastronòmiques al seu entorn, la més important, indiscutiblement, l'Aplec del Cargol de Lleida, on s'han arribat a cuinar 12 tones de cargols per uns 200.000 visitants.



La particularitat gastronòmica que diferencia aquesta varietat de caragol és el sabor i la textura de la seva bava, també utilitzada en productes de cosmètica. Per al seu consum, es recol·lecta o es cria en granges especials. La cria de caragols es diu helicicultura.

Gairebé tots els cargols es poden cuinar però n'hi ha set o vuit classes que destaquen especialment per la seva carn greixosa, indiscutiblement, el rei és el cargol bover, seguit del vinyal. Els podem comprar o collir, i es poden menjar durant tot l'any, encara que la millor època per anar a collir-los és, precisament ara, arribada la primavera entre els mesos de març i abril. Abans de cuinar-los serà important depurar-los, els millors cargols són aquells que han estat dejunats o purgats entre 8 ó 10 dies, per evitar els efectes de la ingesta d'herbes nocives o verinoses per part dels cargols que podrien arribar al nostre sistema digestiu. Un cop purgats i nets, es poden cuinar directament o hi ha qui abans de cuinar-los prefereix bullir-los.

La majoria de cops els cargols es presenten cuinats a la llauna, però les seves possibilitats a l'hora d'entrar a les cuines són diverses i molt variades, els cargols sols en sec els podem menjar a la llauna, a la brutasca, a la graella o bullits i acompanyats amb salses com alloli, maioneses, vinagretes o tomàquet.

2.2 Mètode extractiu

2.2.1 Consideracions generals

Els processos extractius varien segons el tipus de mostra i el tipus de compostos que es volen recuperar, és a dir, sempre hi haurà diferència segons si s'utilitza una mostra fresca, congelada o dessecada, i segons si l'esser viu ha estat criat o a crescut a la natura, a més de la seva localització.

Tan mateix, resulta impossible disposar d'un mètode d'extracció que no negligèixi cap metabòlit i pugui analitzar-los tots.

Les extraccions poden ser des d'una extracció simple amb dissolvent o amb Soxhlet fins altres més sofisticades com l'extracció de fluids en estat supercrític (SPE) o l'extracció assistida per microones (MAE).



En aquest treball s'ha fet una extracció Soxhlet que, tot i haver d'utilitzar una gran quantitat de dissolvent, necessitar un llarg temps d'operació i necessitat de tècnica addicional per tal de minimitzar el volum de mostra i eliminar part del dissolvent, es tracta d'una tècnica senzilla i presenta un bons percentatges d'extracció, a part de ser una tècnica estesa per molt laboratoris d'anàlisi i recerca.

2.2.2 Descripció Soxhlet

L'extracció Soxhlet permet extreure components d'una matriu sòlida, deixant enrere impureses insolubles. Per exemple, si un component en una mescla sòlida té una alta solubilitat en alguna matriu líquida, es pot utilitzar una extracció Soxhlet per aïllar-lo a aquesta nova matriu.

El muntatge d'un sistema Soxhlet es pot veure a la Figura 1. Dins del cos del Soxhlet (4) es col·loca una càpsula de cel·lulosa on s'introdueix la mostra sòlida. El solvent s'escalfa des del matràs de fons rodó (2). A mesura que bull, el condensador (9) el retorna en forma de degoteig cap al cos del Soxhlet. Això permet l'extracció dels components solubles de la mostra.

A mesura que el solvent va omplint el recipient, també es va omplint el sifó lateral (3) fins que vessa. És en aquest moment en què es dona el buidat del solvent (5) juntament amb l'extracte fins arribar al matràs de fons rodó de partida. Aquest cicle es repeteix a mesura que el solvent va bullint gràcies a la font de calor aportada mitjançant una manta elèctrica o bé una placa escalfadora a la base del matràs rodó.

S'utilitzen dissolvents orgànics amb punts d'ebullició baixos. Aquests han de fluir a través de l'extractor de Soxhlet durant hores per tal d'obtenir uns bons resultats

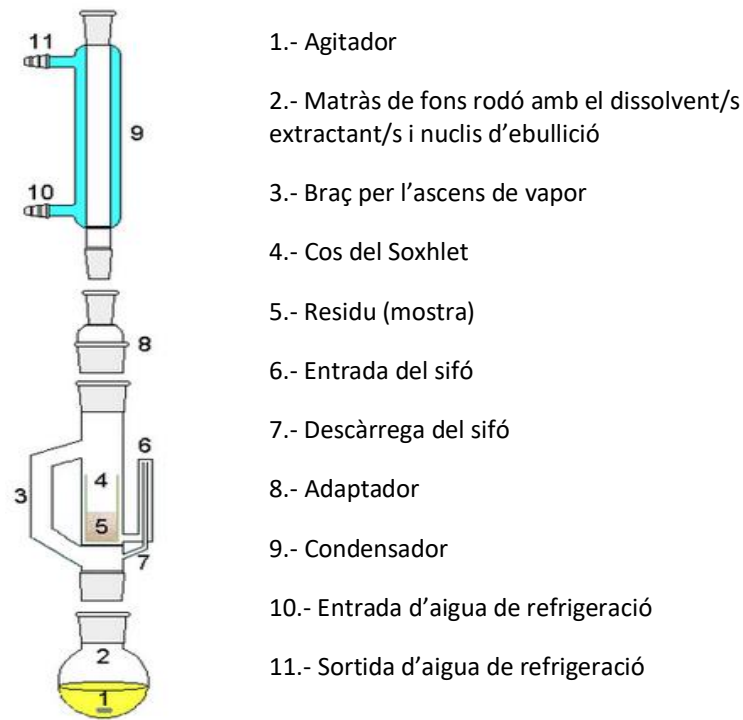


Figura 1. Esquema i parts d'un Soxhlet (extret d'Augé, 2015)

Prèviament, abans de l'extracció, cal fer una neteja exhaustiva dels aparells per evitar posteriors contaminacions. Es fa una neteja amb aigua i sabó de totes les parts dels Soxhlets. Després es fa el muntatge dels aparells i es fa un reflux d'aproximadament 24 hores, recirculant una barreja de pentà/diclorometà 7:3. També s'introdueixen els didals de cel·lulosa amb llana de vidre que s'utilitzaran posteriorment per les quatre extraccions. Un cop parat i refredat, posem els didals a l'estufa per tal d'eixugar-los.

S'ha d'evitar qualsevol contacte ja sigui del material de vidre com del teixit vegetal amb qualsevol estri de plàstic, per evitar contaminacions per ftalats.

2.2.3 Extracció compostos *helix aspersa*

2.2.3.1 Preparació del material per l'extracció

La mostra consta de dos cargols bovers. Aquestes mostres van ser triturades sense closca amb un morter. El primer va pesar 7,3907 g i el segon 6,6075 g. Vam utilitzar el de menys pes per assecar i ens va quedar un pes de 1,5381 g.



2.2.3.2 Extracció del material orgànic

Utilitzant una proveta de 100ml, omplim un matràs rodó amb 350 ml de la mescla pentà/diclorometà 7:3 cadascun. Hi afegim trossets de porcellana com a nucli d'ebullició a cada un, els tapem amb un tap de vidre pyrex i els reservem deixant-los damunt de suports de suro.

Connectem els tubs de plàstic semirígids d'entrada i sortida d'aigua freda, a la màquina recirculadora i refrigerant, programar-la de manera que la temperatura de l'aigua circulant sigui d'uns 4°C, i posar-la amb marxa.

Encaixar el baló a la manta calefactora. Separar la peça de vidre refrigerant del cos de l'extractor del sòxhlet i introduir-hi un didal amb la mostra de cargol que hem pesat anteriorment a cada un.

Encendre la manta calefactora de manera que la temperatura inicial d'escalfament sigui d'uns 40 °C.

L'extracció es va aturar al cap de 24 hores, s'hauran produït unes 96 extraccions (4 cicles d'extracció/hora).

2.3 Tècniques d'identificació de compostos

La identificació de productes naturals com els metabòlits secundaris ha estat útil en camps de la ciència molt diversos. Històricament ha servit per identificar plantes en base a la quimiotaxonomia, i com a empremta dactilar per a la autenticació de vins, olis i altres productes comercials (Revilla et al., 2001; Tura & Robards, 2002). Paral·lelament, s'han descobert i identificat nous compostos, dels quals s'han estudiat les seves propietats biològiques i/o farmacològiques. A més, la gran disponibilitat d'assaigs screening in vitro per a les activitats d'aquests compostos, ha permès fer un extens de nombrosos productes naturals. Això ha portat al descobriment de noves molècules amb propietats farmacològiques i de relacions d'estructura-activitat que han proporcionat les bases pel disseny de nous fàrmacs.

Fins avui, l'estudi dels metabòlits s'ha portat a terme mitjançant tècniques de ressonància magnètica nuclear (NMR) i d'espectrometria de masses (MS). La tècnica de NMR té l'avantatge que s'ha utilitzat durant molts anys, de manera que ha estat intensament validada. A més, es tracta d'una tècnica que permet recuperar la mostra, fet que pot ser determinant en certs



casos. D'altra banda, però, presenta els inconvenients de tenir una sensibilitat i resolució baixes, i de només ser aplicable als productes que es troben en una major proporció. La introducció de la MS a l'estudi metabòlic és més recent, i el seu acoblament a la cromatografia de gasos i a la cromatografia de líquids ha fet possible l'anàlisi d'un ampli ventall de metabòlits a la vegada (Fernie et al., 2004; Saghatelian & Cravatt, 2005). La tècnica d'espectrometria de masses acoblada a cromatografia de gasos (GC-MS) fa més temps que s'utilitza per la determinació del perfil metabòlic, i per tant, existeixen protocols estables per a la posada a punt i manteniment dels aparells, la preparació de les mostres, la realització de les anàlisis, l'avaluació dels cromatogrames i la interpretació de les dades. En canvi, la utilització de la cromatografia de líquids acoblada a espectrometria de masses (LC-MS) és més recent i no s'ha adquirit tanta experiència, de manera que encara no es disposa de protocols prou validats, i es necessita més temps en la interpretació de les dades. Tot i així, presenta una sèrie d'avantatges respecte la GC-MS, com ara que és aplicable a un ventall més ampli de molècules (la GC-MS només és aplicable a compostos volàtils, o bé que poden esdevenir volàtils per derivatització), és molt útil en la detecció de rutina de drogues, es pot portar a terme en mesclures complexes, i no apareixen residus fruit de les reaccions de derivatització. A més, la combinació en tàndem (LC-MS/MS) augmenta encara més la sensibilitat i l'especificitat de les anàlisis. Així, es poden detectar tot tipus de metabòlits secundaris, com ara alcaloides, flavonoides, glucosinolats, isoprens, saponines, etc (Fernie et al., 2004; Saghatelian & Cravatt, 2005)

La cromatografia de gasos i l'espectrometria de masses són realment dues tècniques combinades per formar un sol mètode d'anàlisi de mesclures de compostos químics. La cromatografia de gasos (GC) separa els components de la mescla segons la seva volatilitat, o segons la facilitat que tenen per evaporar-se i l'espectrometria de masses (MS) caracteritza cadascun d'ells de manera individual a partir de la seva estructura química. La combinació d'aquestes dues tècniques permet estudiar una solució amb diferents components de manera qualitativa i quantitativa.

D'altra banda, tot i que es poden detectar molts compostos a la vegada, s'ha estimat que en una anàlisi per GC-MS típica, només es poden identificar sense ambigüitat d'un 20 a un 30% dels pics detectats



2.3.1 Espectrometria de masses

La MS és una eina amb un gran potencial per l'elucidació i identificació de compostos. Aquesta tècnica és capaç de proporcionar molta informació: massa molecular dels compostos, estructura de l'aglicona, punts de substitució de la molècula, patrons de glicosilació, metilació o sulfuració, tipus de sucres, etc. A més, permet fer aquests tipus d'estudis amb molt poca quantitat de mostra (Stobiecki, 2000).

La MS també s'ha portat a terme on-line, acoblada a tècniques de separació com cromatografies de líquids, de gasos o electroforesis. Aquest fet encara la converteix en una tècnica més potent per a la identificació de compostos, ja que combina la informació estructural que proporciona la MS amb la capacitat de separació de la HPLC (Robards, 2003). Cal tenir en compte, però, que la HPLC i la MS no requeriran les mateixes condicions de treball. Així, mentre que per la HPLC és necessària l'aplicació, a temperatura ambient, d'un flux i pressió elevats, per la MS es requereix una alta temperatura i un flux i pressió baixos, arribant al buit (He, 2000).

El fonament d'aquesta tècnica consisteix en la ionització de la molècula, que fa que aquesta pugui ser detectable d'acord amb la seva relació massa/càrrega (m/z). Els dos punts claus d'aquesta tècnica són la font de ionització i l'analitzador.

- Fonts d'ionització

Existeixen diferents sistemes de ionització com l'impacte electrònic (EI) i la ionització, química (CI) (He, 2000; Stobiecki, 2000). Tant en el EI com en la CI els ions entren directament en fase gasosa al detector, fet que permet l'acoblament amb la cromatografia de gasos (GC-MS)

El sistema de (EI) consisteix en la ionització de les molècules d'analit a través de l'impacte amb electrons altament energètics, que han estat accelerats per una diferència de voltatge de 50-70 eV. Aquesta ionització provoca una fragmentació de la molècula molt energètica, però permet la determinació de la seva estructura. En la CI els analits s'ionitzen per la reacció amb ions de molècules de gasos de massa molecular relativament petita com el metà (com a CH_5^+), l'isobutà (com a $(\text{CH}_3)_3\text{C}^+$) o l'amoni (NH_4^+). Aquest tipus de ionització aporta menys energia a la molècula analit, de manera que els ions formats es fragmenten menys que en el EI. Per això, la CI proporciona menys informació per determinar l'estructura de la molècula, però a



canvi, pot proporcionar la massa molecular del compost, ja que aquesta, a vegades, pot quedar totalment fragmentada per el EI i no ser visible.

- Analitzadors de masses

També existeixen diferents tipus d'analitzadors de masses. Els més utilitzats són els de temps de volada (TOF) i els de transmissió de quadrupol (Q). L'analitzador TOF es basa en el principi que diferents ions als quals se'ls aplica la mateixa energia inicial, tindran velocitats proporcionals al seus valors de m/z . Els ions, un cop surten de la font d'ionització, són accelerats a través d'un tub de volada gràcies a l'aplicació d'un potencial elèctric. L'espectre de masses s'aconsegueix a través del senyal que rep el detector en funció del temps que arriba cada ió, i és convertit en m/z per un sistema de conversió de dades.

D'altra banda, els quadrupols (Q) són, potser, els analitzadors més utilitzats en laboratoris d'anàlisi orgànica. Un quadrupol està constituït per quatre varetes paral·leles a les quals se'ls aplica un voltatge i una radiofreqüència. Quan les molècules ionitzades entren al quadrupol, comencen a oscil·lar a causa d'aquest voltatge. En un determinat voltatge, només les molècules que oscil·len a la freqüència correcta podran passar a través del quadrupol i arribar al detector.

2.3.2 Descripció de la tècnica de cromatografia de gasos acoblada a espectrometria de masses (GC-MS)

Com podem veure a la Figura 2, la mostra és introduïda (injectada) a la fase mòbil (gas portador) que pot ser heli, nitrogen, hidrogen. Aquest condueix la mostra a través de la columna cromatogràfica la qual conté l'anomenada fase estacionària, que sol ser un/s compost/s que interacciona selectivament amb els components de la mescla

La columna es troba dins un forn que pot ésser programat per augmentar la temperatura de forma gradual (rampes de temperatura). Això facilita la separació. A mesura que la temperatura augmenta, aquells compostos amb punts d'ebullició més baixos elueixen abans que els que tenen punts d'ebullició més alts.

Si les condicions del mètode d'anàlisi (temperatura del forn, tipus de columna, etc.) són les mateixes, un compost concret sempre eluirà al voltant del mateix temps de retenció. Això ens



pot servir per identificar els diferents compostos en una matriu complexa (anàlisi qualitativa). De totes maneres, cal tenir en compte que els compostos amb propietats similars sovint tenen temps de retenció molt similars. Per això cal més informació per poder fer la descripció d'una mostra desconeguda .

A mesura que els components elueixen de la columna, entren al detector de masses on pateixen una ionització. Són bombardejats per un feix d'electrons que els fragmenta en moltes unitats de diferents mides de la molècula original. Aquests fragments són ions carregats amb una massa concreta. Com que la majoria de fragments tenen càrrega +1, la relació massa/càrrega (m/z) representa normalment el pes molecular del fragment. El senyal, proporcional a la concentració de la mostra, és processat per un ordinador. El temps entre el moment de la injecció i el moment de l'elució s'anomena temps de retenció.

Un grup de 4 electroimants anomenat quadrupol orienta els fragments a través d'una obertura cap al detector. El quadrupol està programat de manera que només una certa massa passi a través d'aquesta obertura i la resta col·lisiona contra les parets.

Finalment, el detector fa el recompte del nombre d'ions d'una massa específica. Aquesta informació s'envia a un ordinador per tal d'obtenir l'espectre de masses.

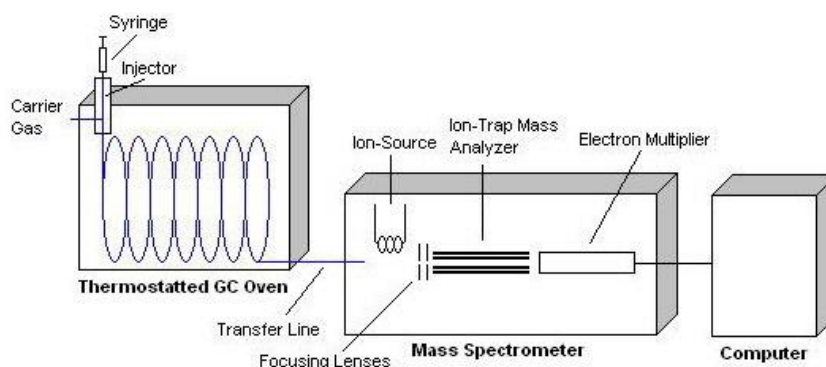


Figura 2. Esquema del sistema CG-MS.



Per l'anàlisi dels compostos del cargol es va utilitzar un aparell (MS/GC) FISIONS INSTRUMENTS GC8000/MD80. La columna utilitzada va ser una TK-5Ms J&W Scientific (30 m de longitud x 0.25 mm de diàmetre intern x 0.25 µm de gruix de la pel·lícula interior de metilpolisiloxà). La rampa de temperatura aplicada va ser la següent: 1 minut a la temperatura inicial de 40 °C (Tª inicial del forn), amb un increment de 20° C/min fins a 230° C, mantenint 10 min a 230°C, i llavors un increment de 2° C/min fins a la temperatura final de 300°C, i 20 min a aquesta temperatura final. La temperatura del injectador va ser de 275°C.

La ionització dels compostos es va portar a terme mitjançant impacte electrònic (EI) (energia de 70 eV) amb heli com a gas portador.

Finalment, es va fer l'escombrat de detecció entre valors d' m/z dels ions de 50 a 650 daltons.

2.3.3 Preparació d'una solució de l'extracte per punxar al cromatògraf

En quatre vials de vidre de 2 mL transvasar-hi 100 µL dels extractes M1, M2, M3 i M4, (cada mostra a un vial diferent), 300 µL de la solució de friedelina de 500 ppm (patró intern), 200 µL de bis(trimetilsilil)trifluoroacetamida i 900 µL de pentà. Remenar-lo en posició vertical.

El BSTFA és un agent derivatitzant, que actua sobre els grups polars reactius dels compostos. Substitueix el hidrògens actius dels grups OH (e.g. alcohols, fenols, àcids carboxílics), NH (e.g. amides, amines, imines), SH (e.g. tiols) per grups silil, i així augmentar la sensibilitat del senyal.

Un cop tenim els quatre vials preparats fem passar un corrent de nitrogen, a una pressió de 0.1 bar, per concentrar al màxim. S'introdueixen a l'estufa a 70 °C durant una hora per completar la derivatització.

2.4 Anàlisi quantitativa

Fins fa poc l'interès en la quantificació dels compostos fenòlics era relativament menor que en la seva caracterització, ja que el ventall de compostos fenòlics de referència disponibles comercialment era molt baix. Actualment, però, aquesta tendència està canviant ràpidament. S'ha vist, per exemple, que les concentracions de polifenols varien molt d'unes plantes a les altres, fet que fa necessària una quantificació per tal de poder fer estudis comparatius entre



diferents espècies, diferents situacions ambientals i/o fisiològiques, sobre la localització dels compostos en les diferents parts de la planta, etc. A més, el problema de la disponibilitat comercial de compostos de referència s'està resolent a mesura que se'n van identificant i sintetitzant de nous (Escarpa & González, 2001).

2.4.1 Mètode del patró intern

El mètode de quantificació per patró intern consisteix en afegir a la mostra desconeguda una quantitat coneguda d'una substància patró diferent als analits a determinar i es compara la resposta del instrument amb la resposta de la concentració coneguda del analit patró. Aquest mètode presenta una sèrie d'avantatges com ara que es requereixen poques injeccions. D'aquesta manera es limiten els possibles errors produïts per la pesada, manipulació i injecció de nombroses mostres.

En el present treball s'ha utilitzat com a patró intern la friedelina (3- friedelanona) de $[M^+] = 426$, com s'ha descrit a l'apartat 2.3.3 , preparació d'una solució de l'extracte per punxar al cromatògraf , s'ha afegit 300 μ l d'una solució de 500 ppm.

3. Resultats i discussió

A continuació exposo l'anàlisi feta de l'espectre de masses del cargol bover (*hèlix aspersa*) amb el programa *Xcalibur*, indicat pel temps de retenció, l'espectre de masses corresponent al temps i la identificació del component.



3.1 Resultats

Espectre de masses del cargol bover des de la primera detecció de l'espectre al minut 6,63 fins l'espectre de la friedelina al minut 50 (Fig. 3):

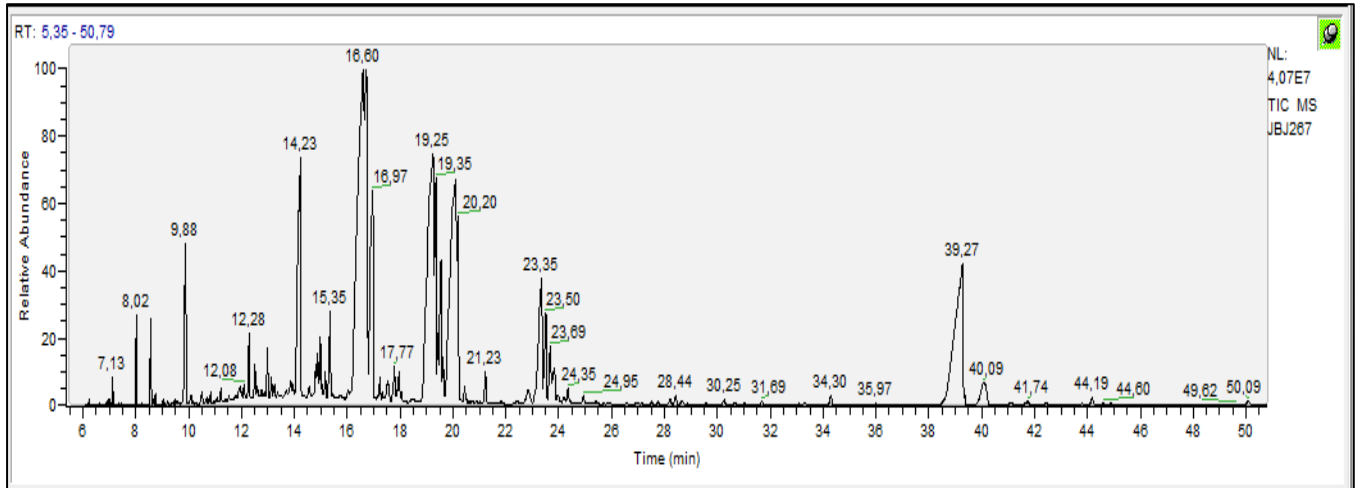
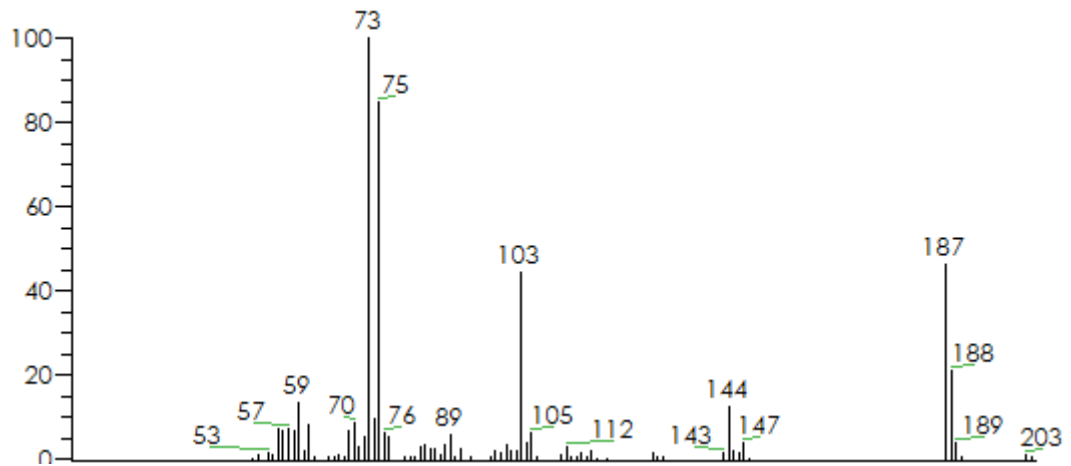


Figura 3. Espectre de masses *helix aspersa*.

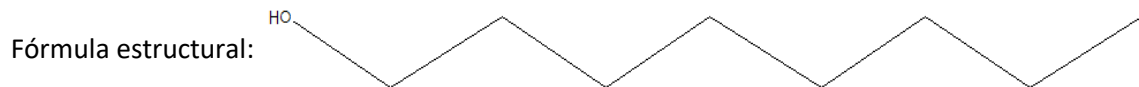
Temps de retenció: 6,63

- Espectre de masses:



Component: Octanol

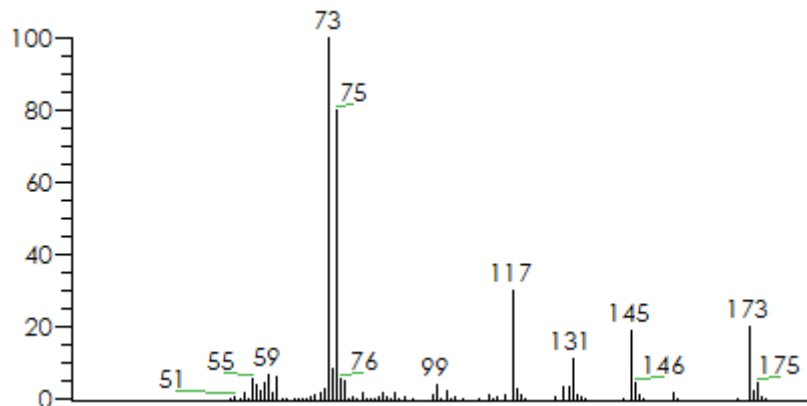
Fórmula empírica: $C_8H_{18}O$





Temps de retenció: 6,92

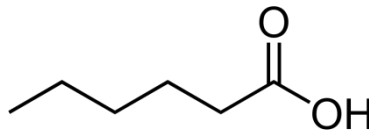
- Espectre de masses:



Component: Àcid hexanoic

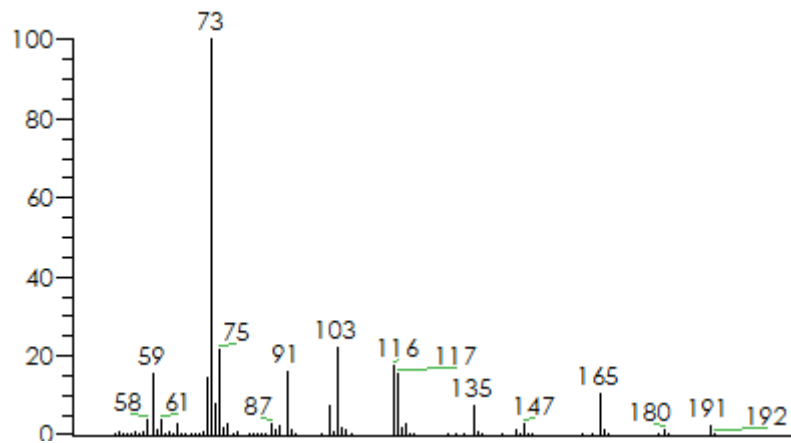
Fórmula empírica: C₆H₁₂O₂

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 7,13

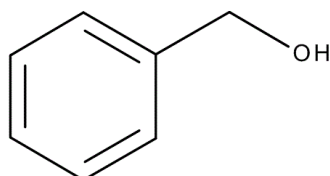
- Espectre de masses:



Component: Alcohol benzílic

Fórmula empírica: C₇H₈O

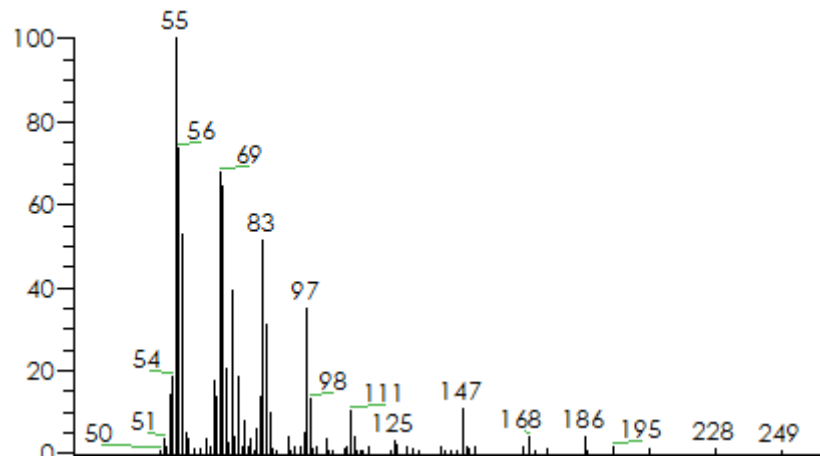
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 7,45

- Espectre de masses:



Component: Dodecè

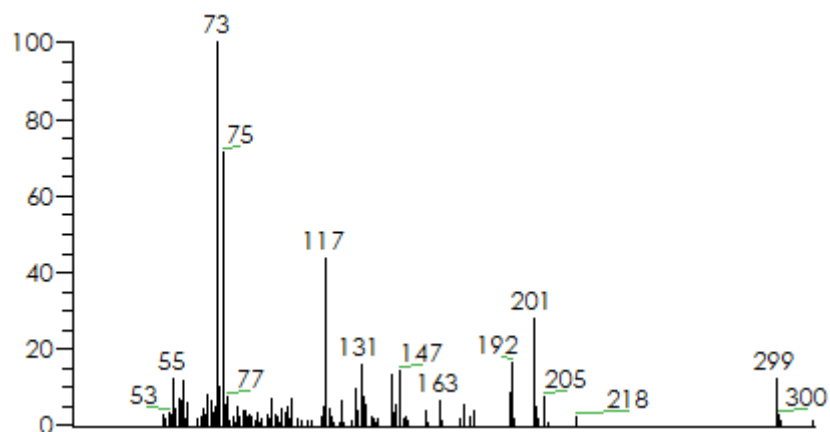
Fórmula empírica: $C_{12}H_{24}$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 7,98

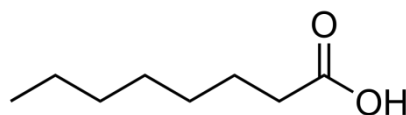
- Espectre de masses:



Component: Àcid octanoic

Fórmula empírica: $C_8H_{16}O_2$

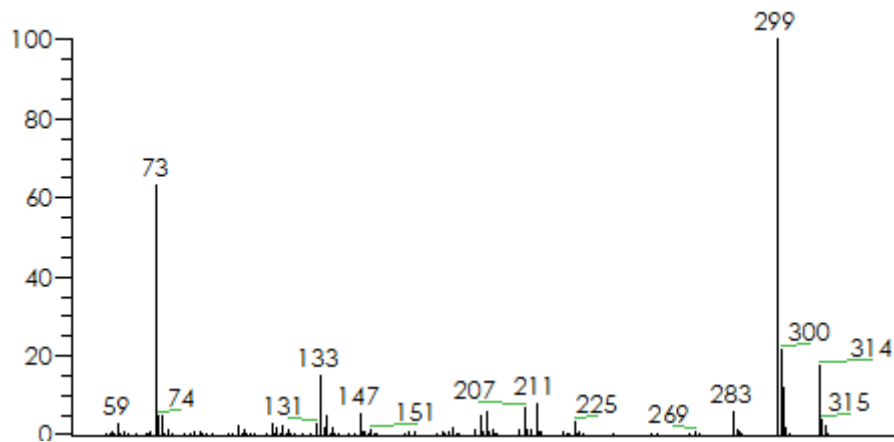
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 8,02

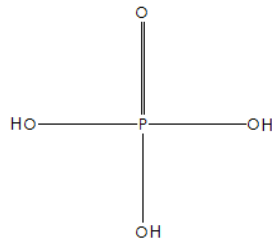
- Espectre de masses:



Component: Àcid fosfòric

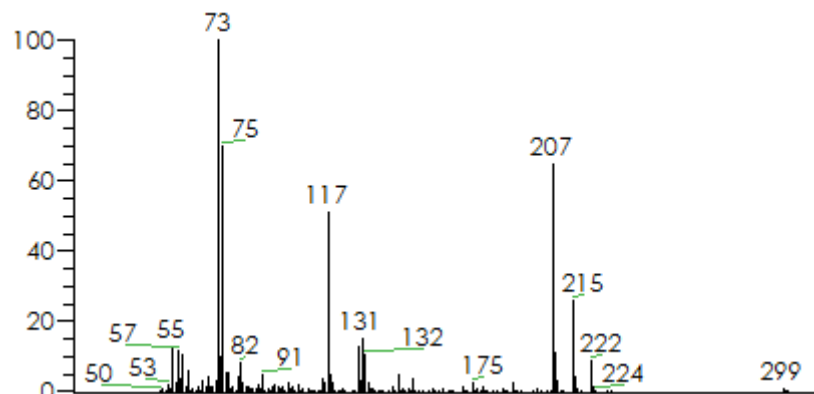
Fórmula empírica: H_3PO_4

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 8,75

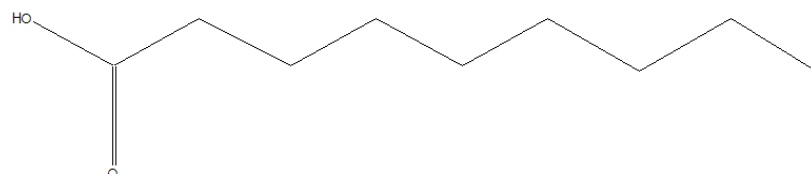
- Espectre de masses:



Component: Àcid nonanoic

Fórmula empírica: $C_9H_{18}O_2$

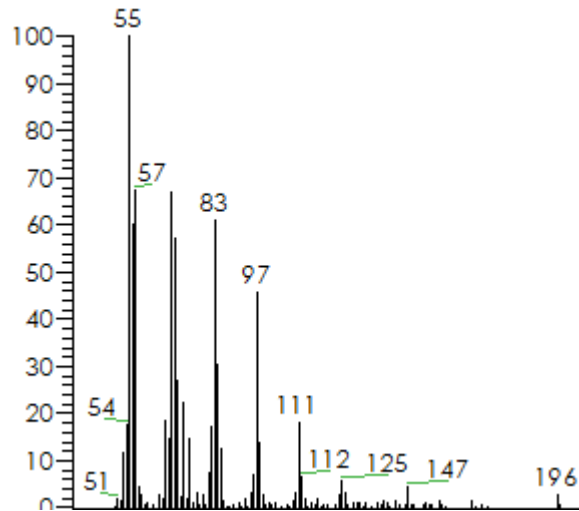
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 9,03

- Espectre de masses:



Component: Tetradece

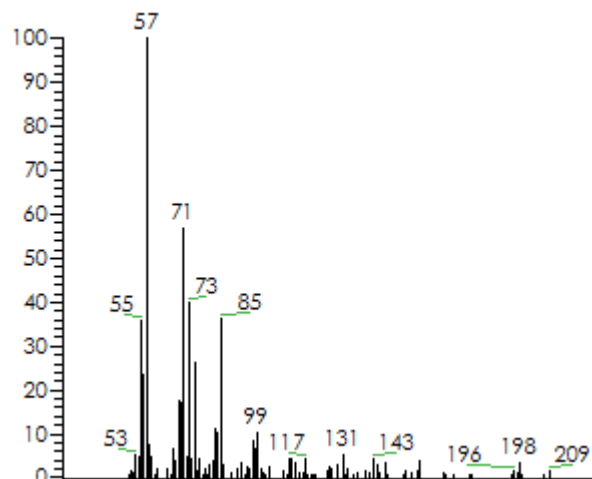
Fórmula empírica: $C_{14}H_{30}$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 9,08

- Espectre de masses:



Component: Tetradece

Fórmula empírica: $C_{14}H_{30}$

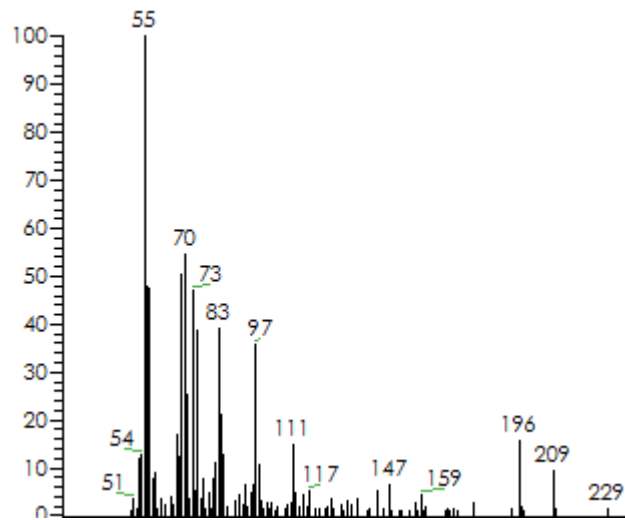
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 9,12

- Espectre de masses:



Component: Isomer tetradecè

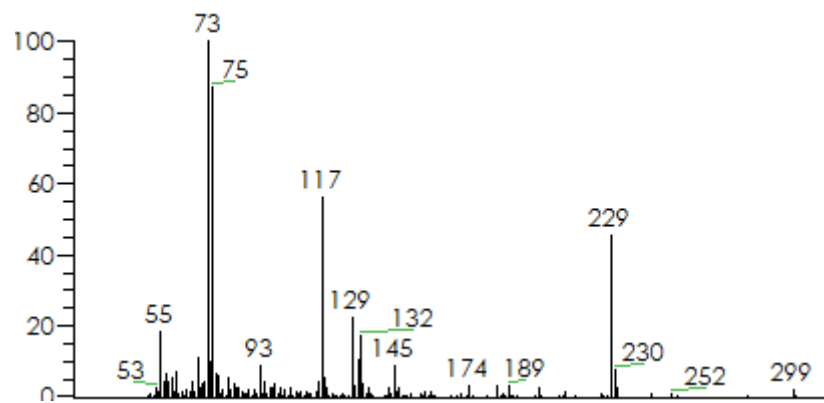
Fórmula empírica: $C_{14}H_{30}$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 9,47

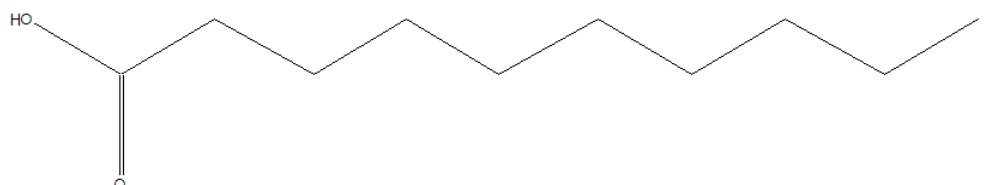
- Espectre de masses:



Component: Àcid decanoic

Fórmula empírica: $C_{10}H_{20}O_2$

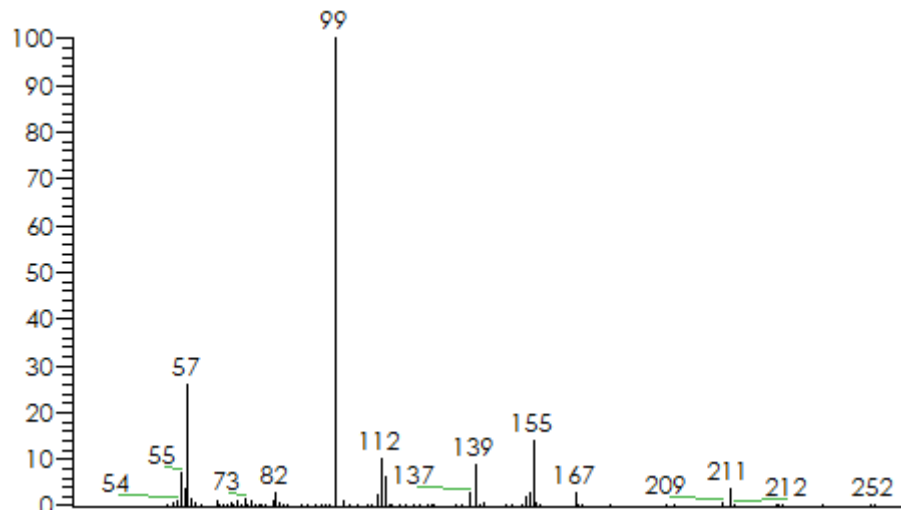
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 9,82

- Espectre de masses:



Component: Pentadecà

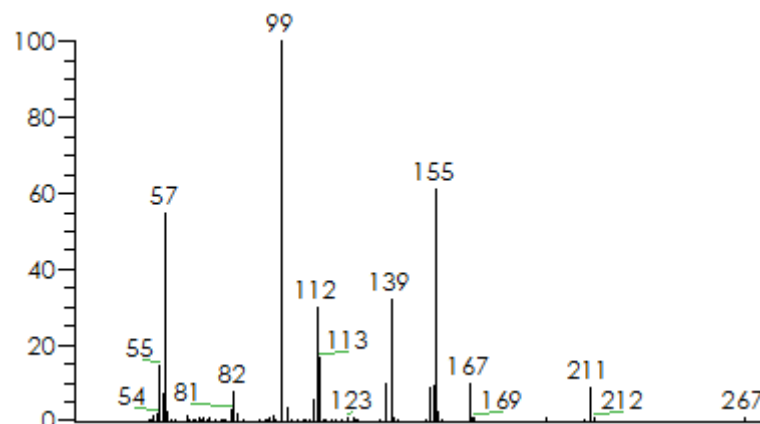
Fórmula empírica: $C_{15}H_{32}$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 9,88

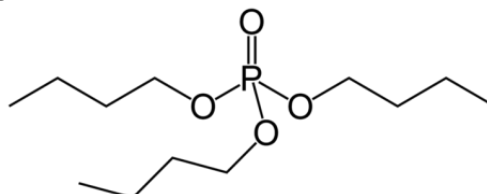
- Espectre de masses:



Component: Fosfat de triisobutil

Fórmula empírica: $(C_4H_9O)_3PO$

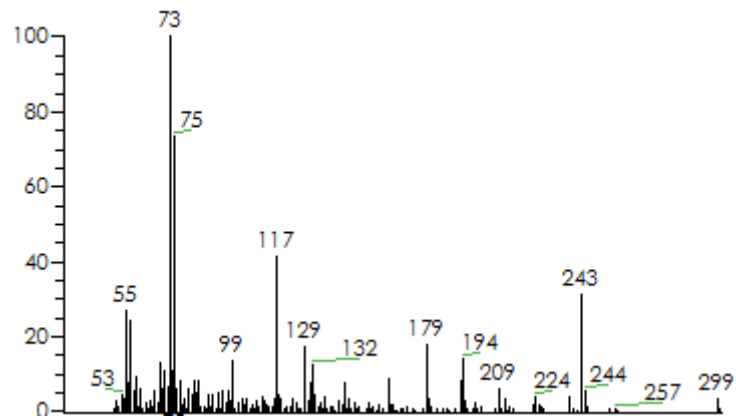
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 10,15

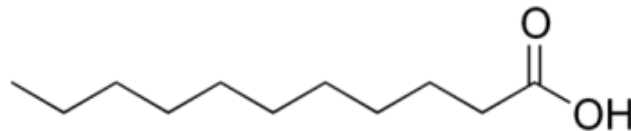
- Espectre de masses:



Component: Àcid undecanoic

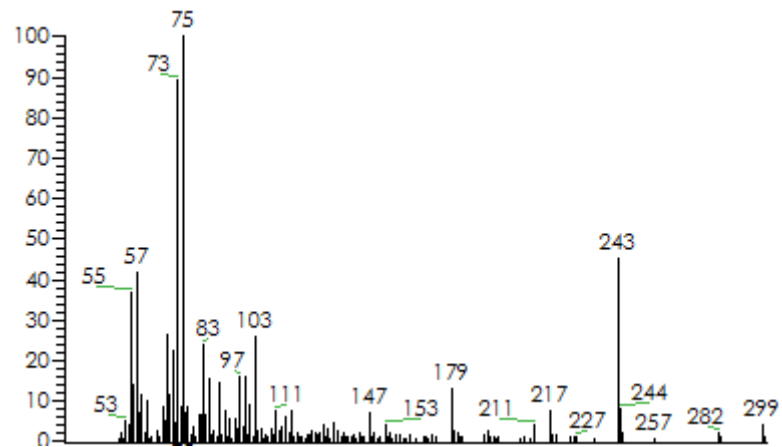
Fórmula empírica: $C_{11}H_{22}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 10,27

- Espectre de masses:



Component: Dodecanol

Fórmula empírica: $C_{12}H_{26}O$

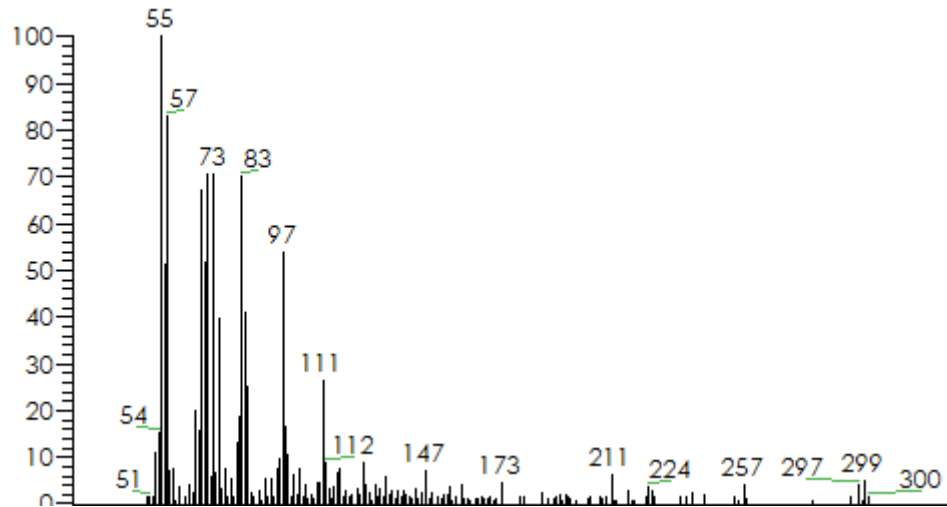
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 10,48

- Espectre de masses:



Component: Hexadecà

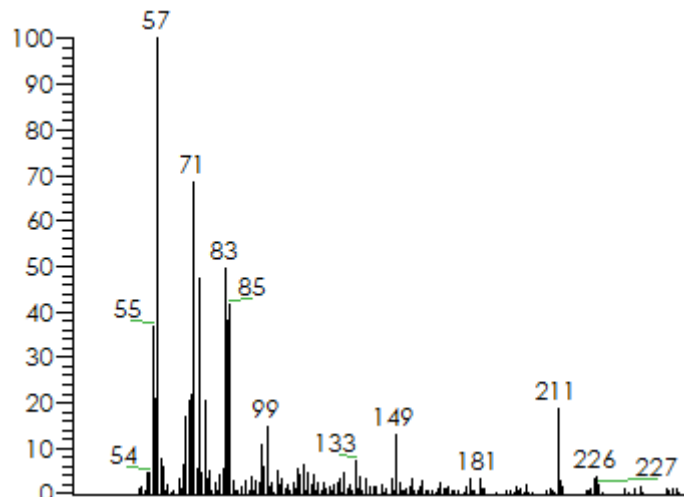
Fórmula empírica: $C_{16}H_{32}$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 10,52

- Espectre de masses:



Component: Hexadecà

Fórmula empírica: $C_{16}H_{34}$

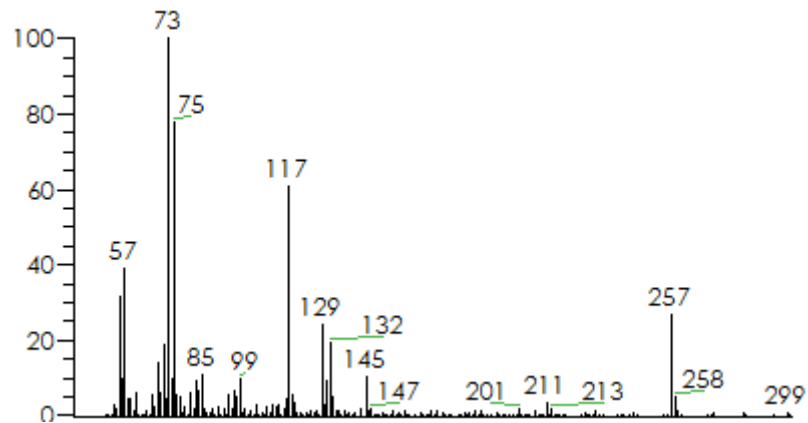
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 10,85

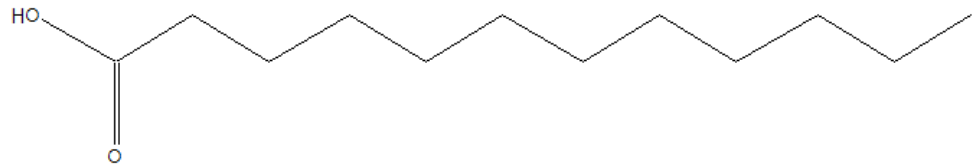
- Espectre de masses:



Component: Àcid dodecanoic

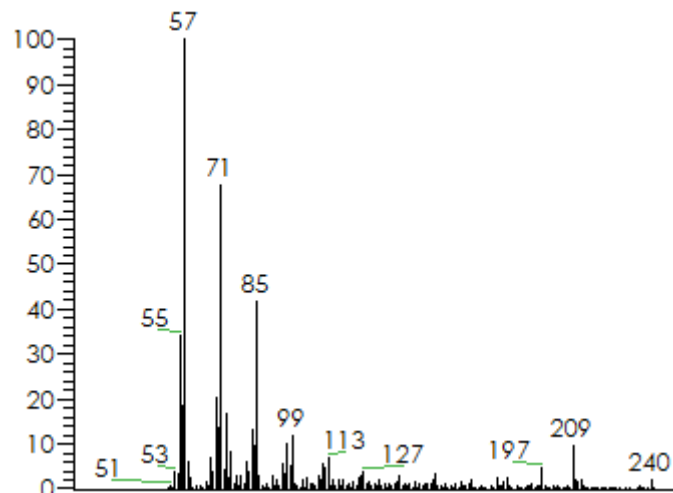
Fórmula empírica: $C_{12}H_{24}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 11,20

- Espectre de masses:



Component: Heptadecà

Fórmula empírica: $C_{17}H_{36}$

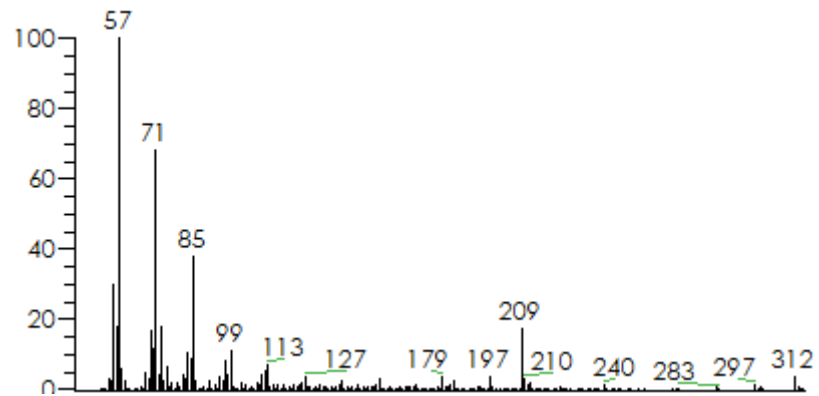
Fórmula estructural:





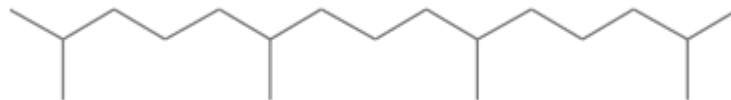
Temps de retenció: 11,22

- Espectre de masses:



Component: 2,6,10,14-tetrametilpentadecà (pristà)

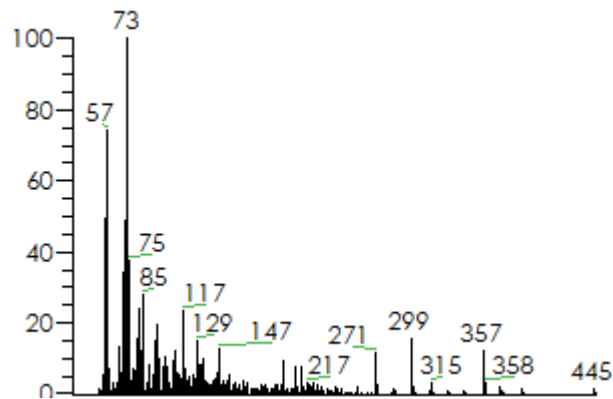
Fórmula empírica: $C_{20}H_{42}$



Fórmula estructural:

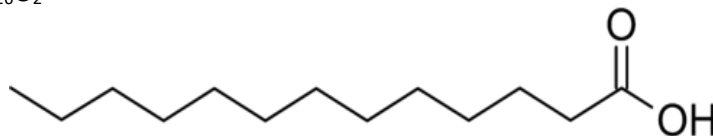
Temps de retenció: 11,52

- Espectre de masses:



Component: Àcid tridecanoic

Fórmula empírica: $C_{13}H_{26}O_2$

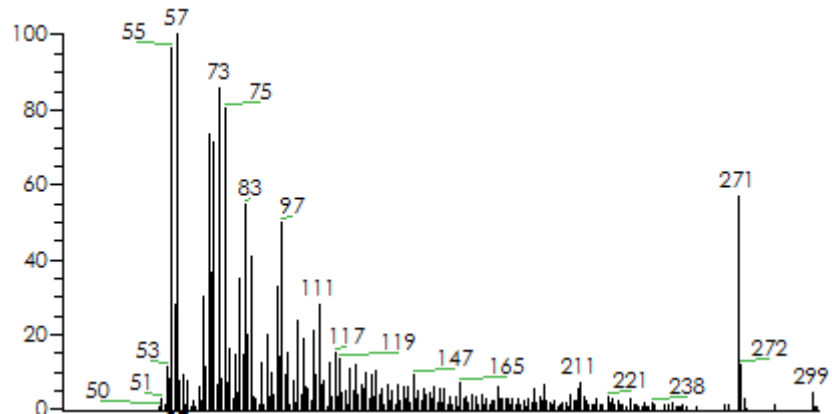


Fórmula estructural:



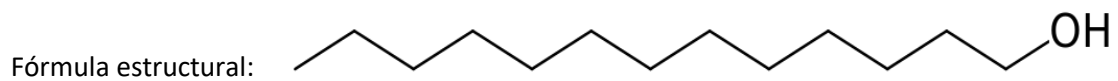
Temps de retenció: 11,61

- Espectre de masses:



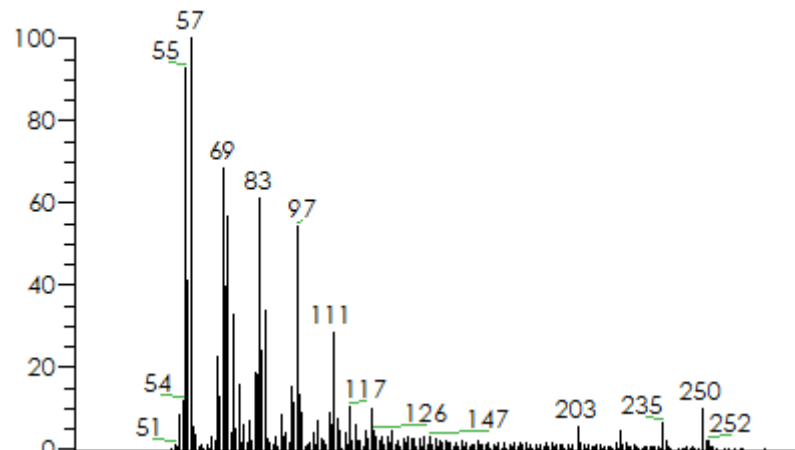
Component: tridecanol

Fórmula empírica: $C_{13}H_{28}O$



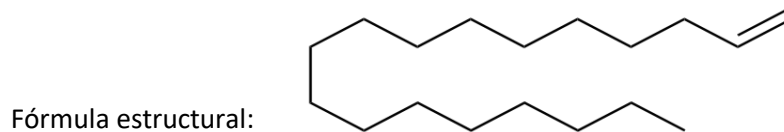
Temps de retenció: 11,90

- Espectre de masses:



Component: Octadecè

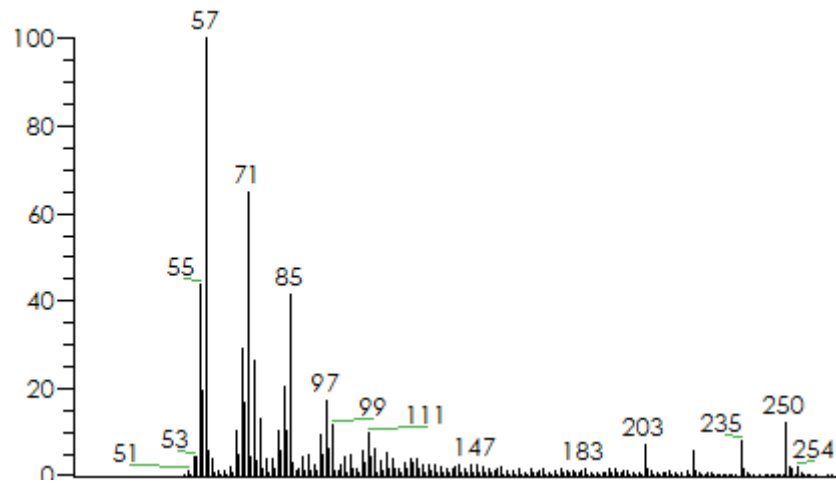
Fórmula empírica: $C_{18}H_{36}$





Temps de retenció: 11,95

- Espectre de masses:



Component: Octadecà

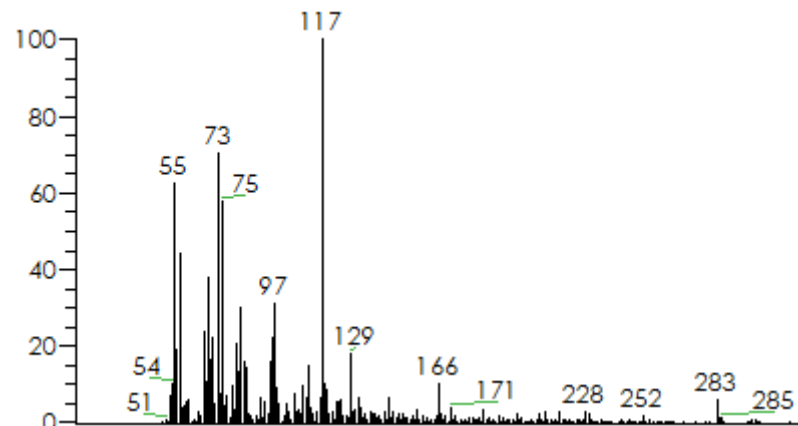
Fórmula empírica: $C_{18}H_{38}$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 12,08

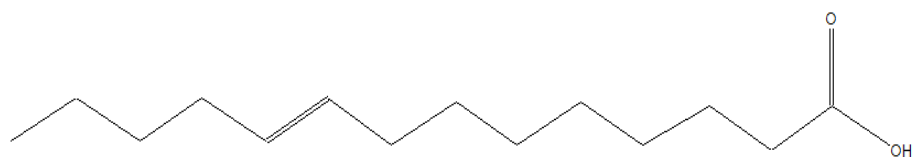
- Espectre de masses:



Component: Àcid 9-tetradecenoic

Fórmula empírica: $C_{14}H_{26}O_2$

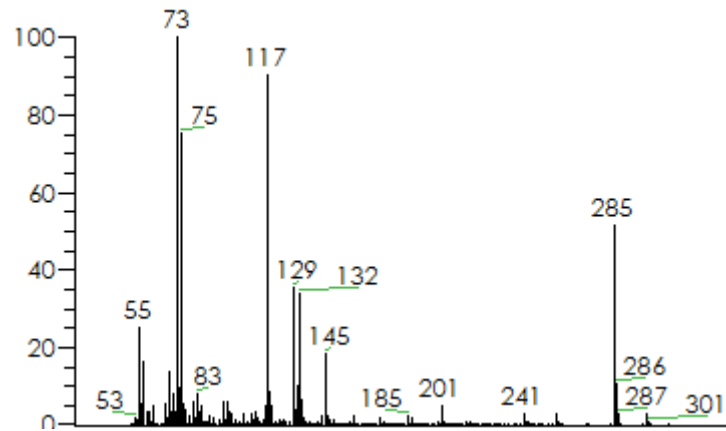
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 12,28

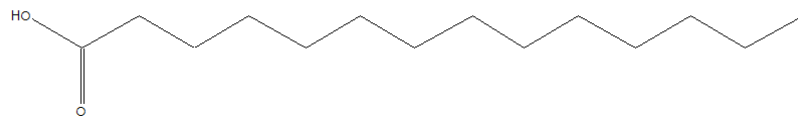
- Espectre de masses:



Component: Àcid tetradecanoic (àcid mirístic)

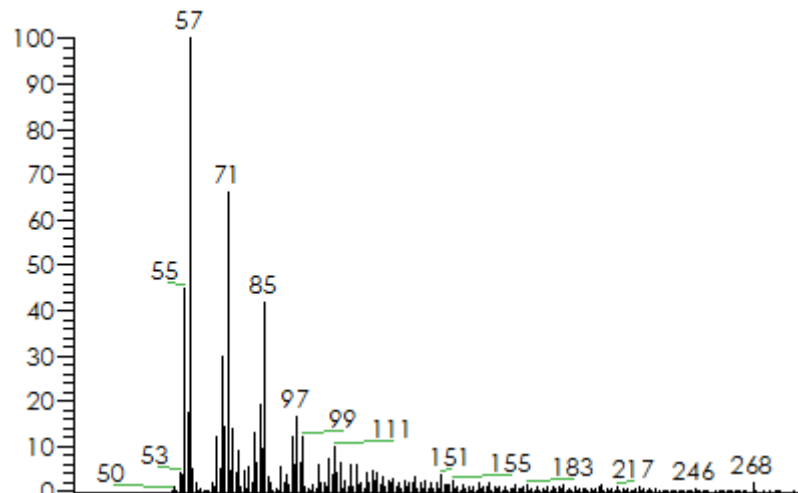
Fórmula empírica: $C_{14}H_{28}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 12,75

- Espectre de masses:



Component: Nonadecà

Fórmula empírica: $C_{19}H_{40}$

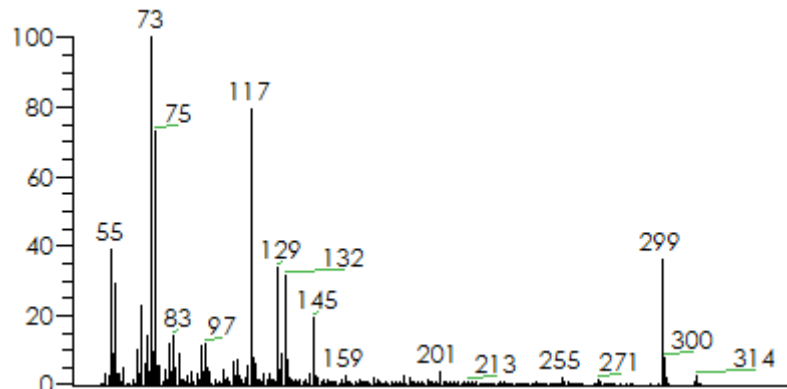
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 13,13

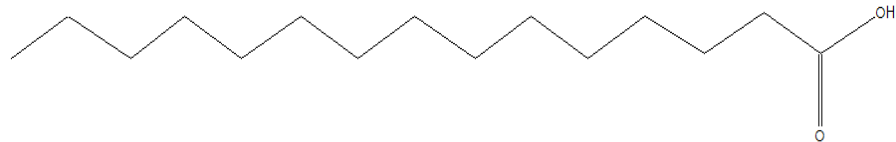
- Espectre de masses:



Component: Àcid pentadecanoic

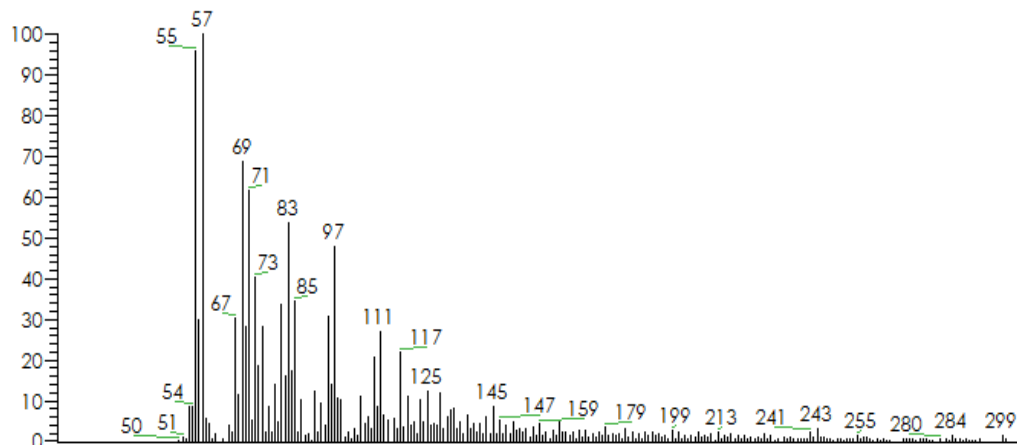
Fórmula empírica: $C_{15}H_{30}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 13,65

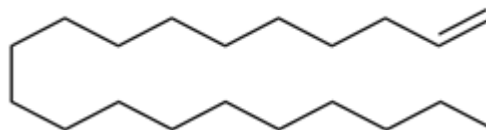
- Espectre de masses:



Component: Icosè

Fórmula empírica: $C_{20}H_{40}$

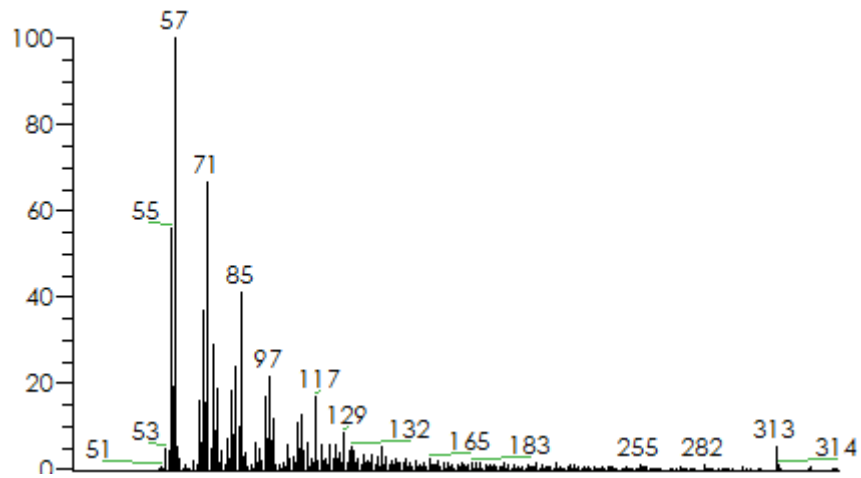
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 13,70

- Espectre de masses:



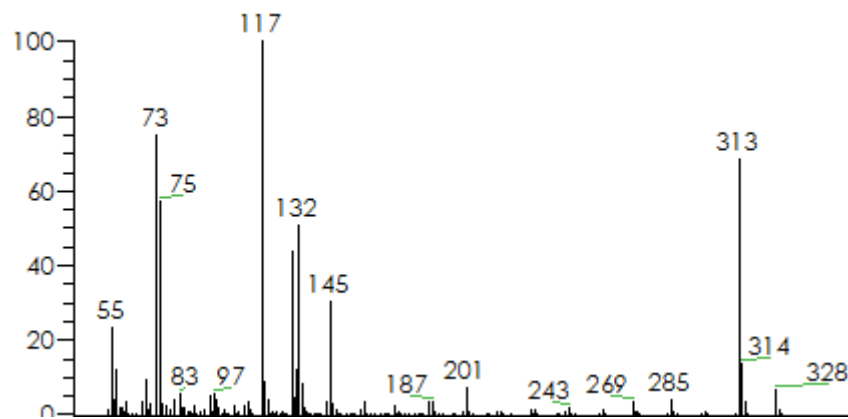
Component: Icosà

Fórmula empírica: $C_{20}H_{42}$

Fórmula estructural:



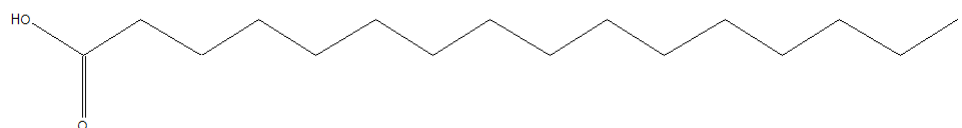
Temps de retenció: 14,23



Component: Àcid hexadecanoic (àcid palmític)

Fórmula empírica: $C_{16}H_{32}O_2$

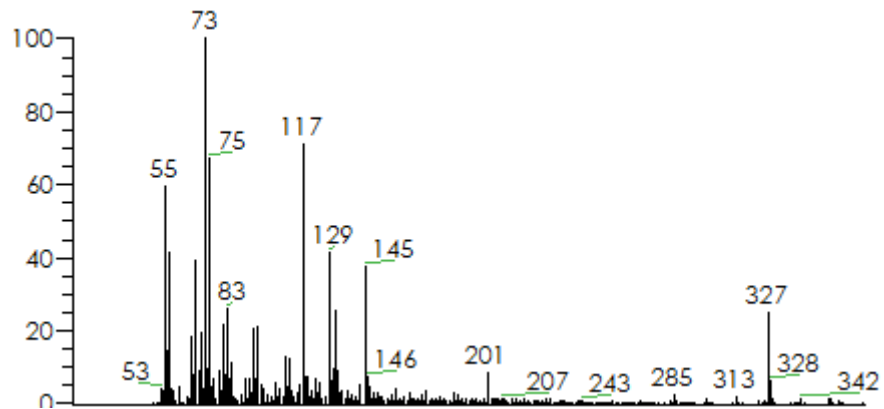
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 14,57

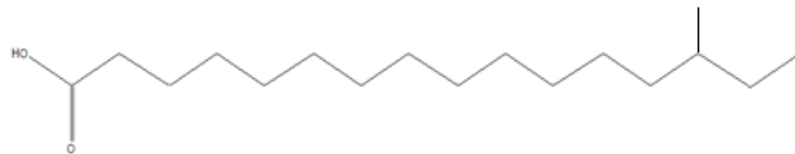
- Espectre de masses:



Component: Àcid anteisoheptadecanoic

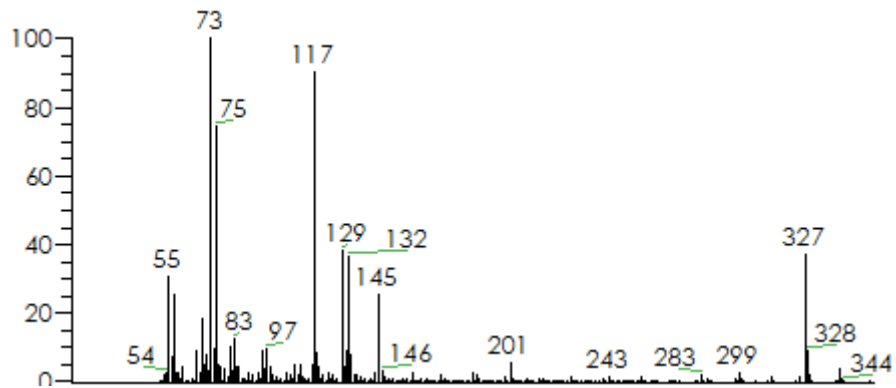
Fórmula empírica: $C_{17}H_{34}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 14,98

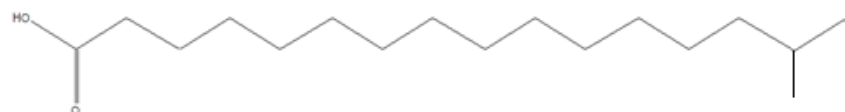
- Espectre de masses:



Component: Àcid isoheptadecanoic

Fórmula empírica: $C_{17}H_{34}O_2$

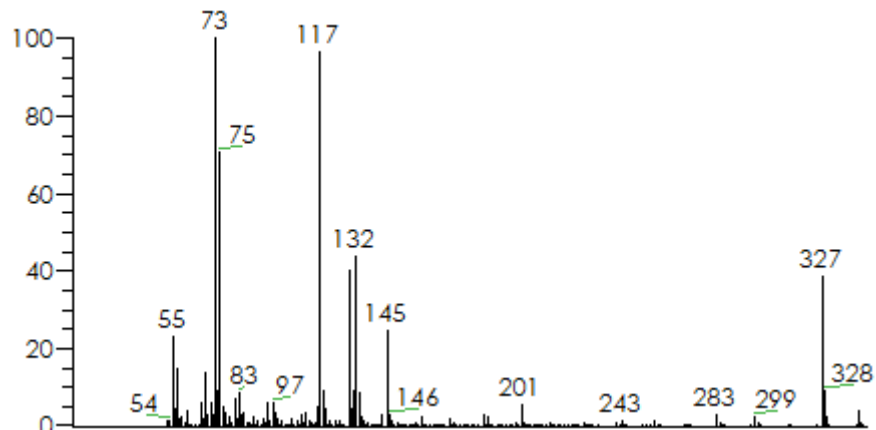
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 15,35

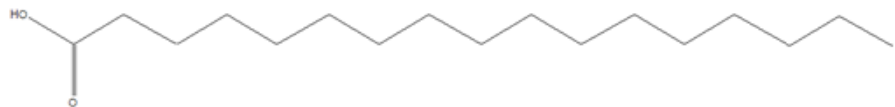
- Espectre de masses:



Component: Àcid heptadecanoic (àcid margàric)

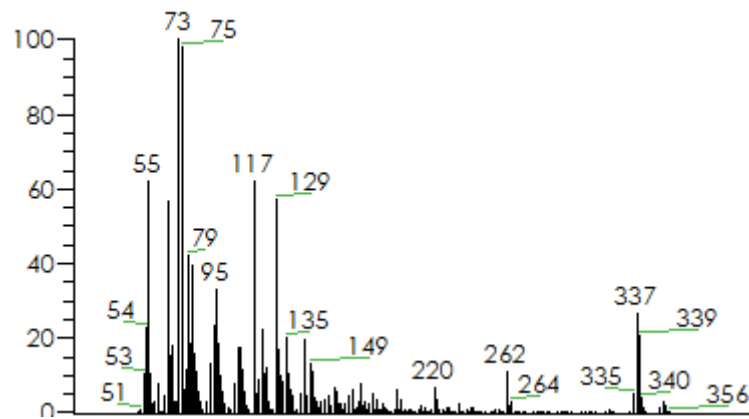
Fórmula empírica: $C_{17}H_{34}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 16,60

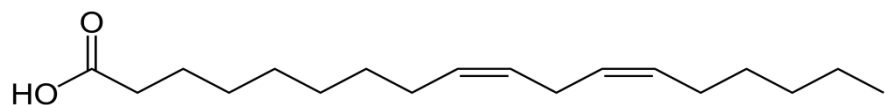
- Espectre de masses:



Component: Àcid linoleic (àcid 9,12-octadecenoic)

Fórmula empírica: $C_{18}H_{32}O_2$

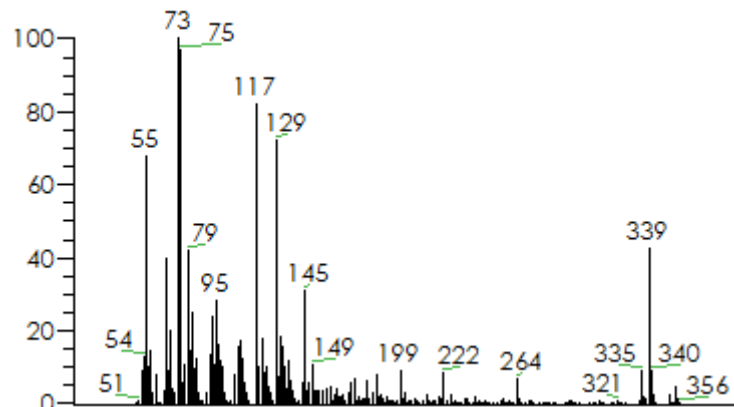
Fórmula estructural:





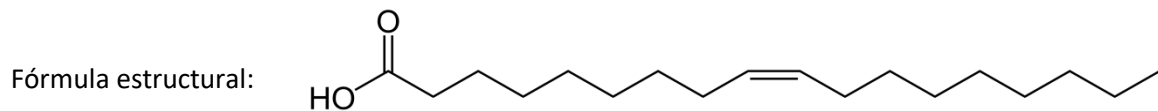
Temps de retenció: 16,70

- Espectre de masses:



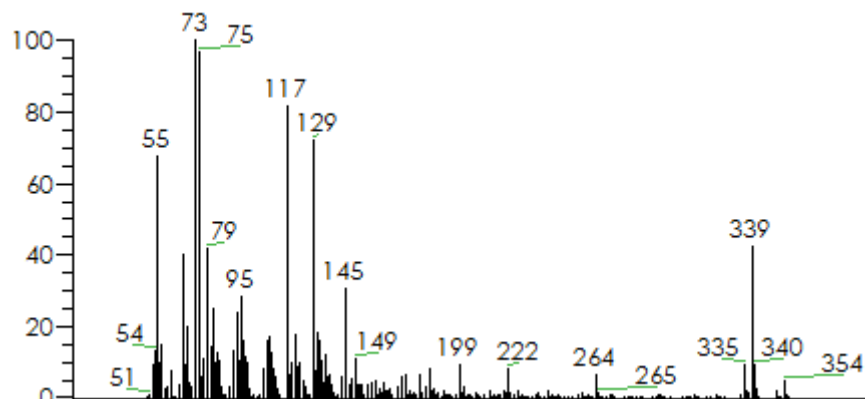
Component: Àcid oleic (àcid 9-cis-octadecanoic)

Fórmula empírica: $C_{18}H_{34}O_2$



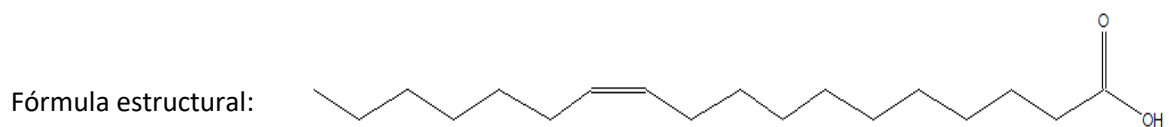
Temps de retenció: 16,72

- Espectre de masses:



Component: Àcid vaccènic (àcid 11-cis-octadecenoic)

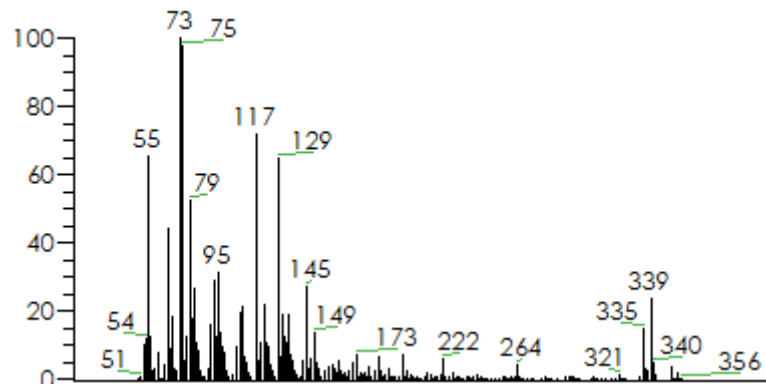
Fórmula empírica: $C_{18}H_{34}O_2$





Temps de retenció: 16,73

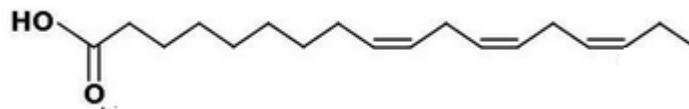
- Espectre de masses:



Component: Àcid α -linolenic

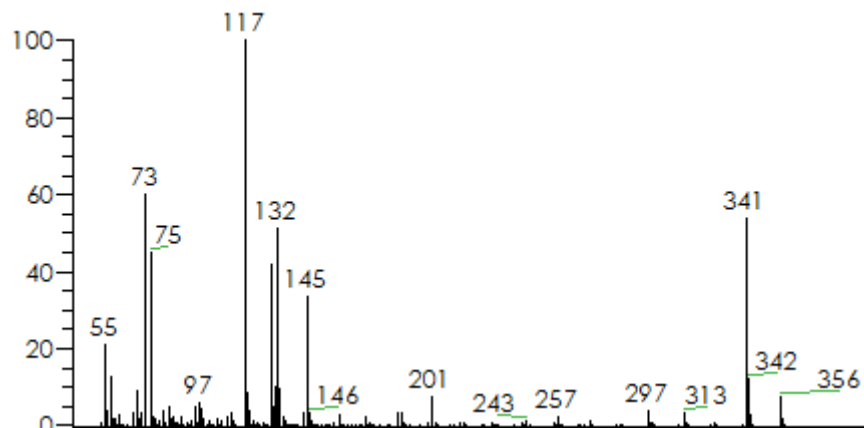
Fórmula empírica: $C_{18}H_{30}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 16,97

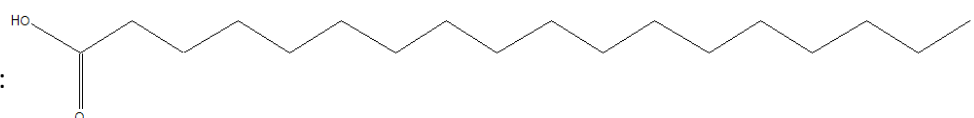
- Espectre de masses:



Component: Àcid octadecanoic (àcid esteàric)

Fórmula empírica: $C_{18}H_{36}O_2$

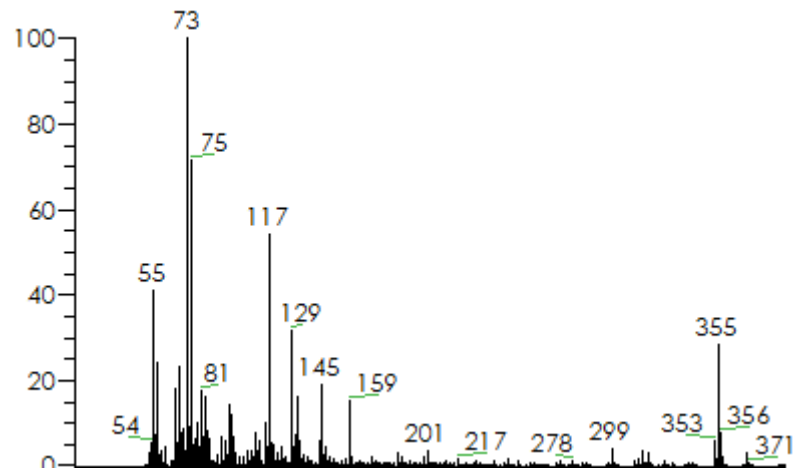
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 17,54

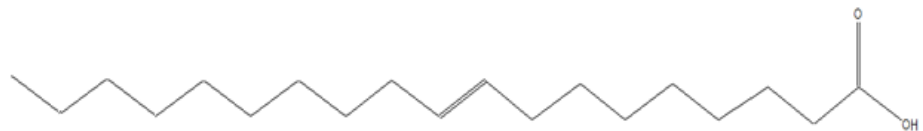
- Espectre de masses:



Component: Àcid nonadecenoic

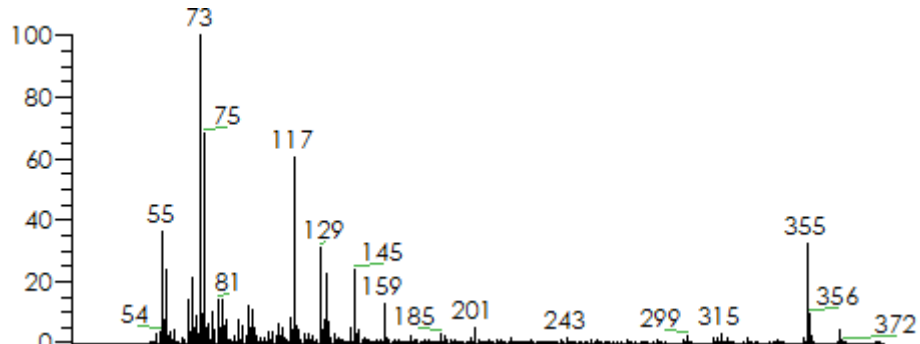
Fórmula empírica: $C_{19}H_{36}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 17,56

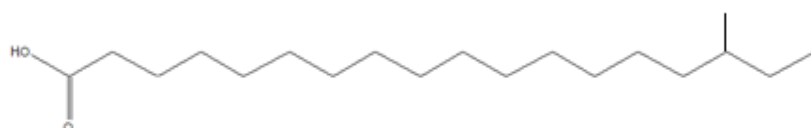
- Espectre de masses:



Component: Àcid anteisononadecanoic

Fórmula empírica: $C_{19}H_{38}O_2$

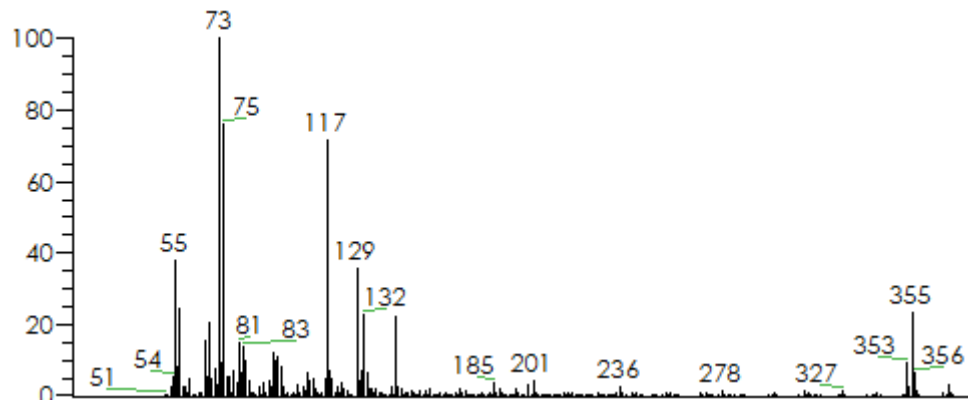
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 17,95

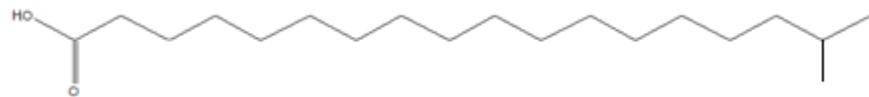
- Espectre de masses:



Component: Àcid isononadecanoic

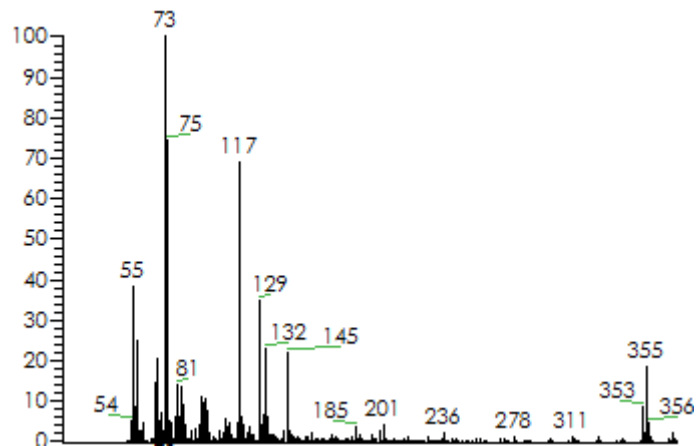
Fórmula empírica: $C_{19}H_{38}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 17,97

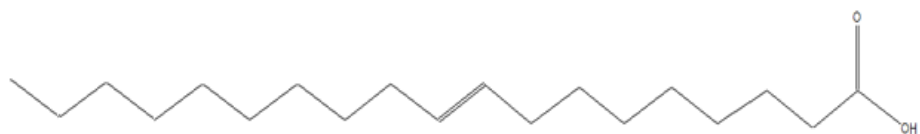
- Espectre de masses:



Component: Àcid nonadecenoic

Fórmula empírica: $C_{19}H_{36}O_2$

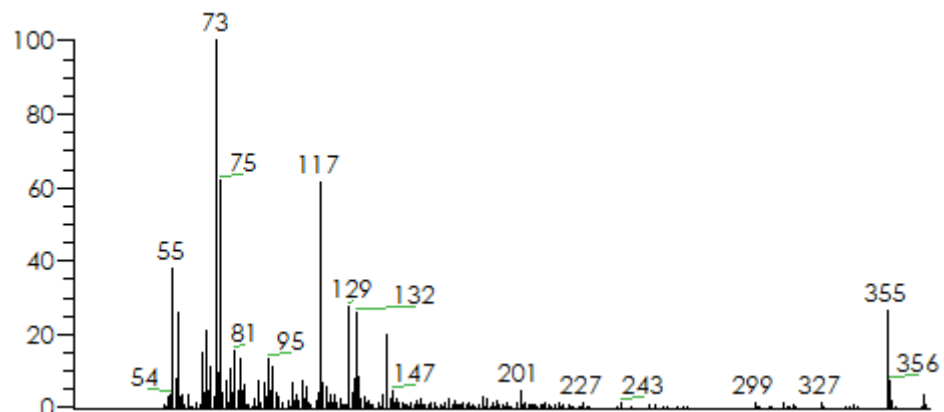
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 18,43

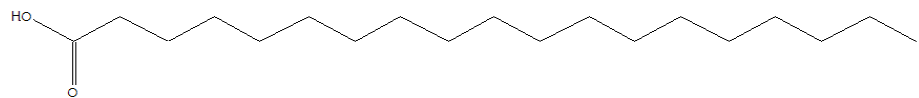
- Espectre de masses:



Component: Àcid nonadecanoic

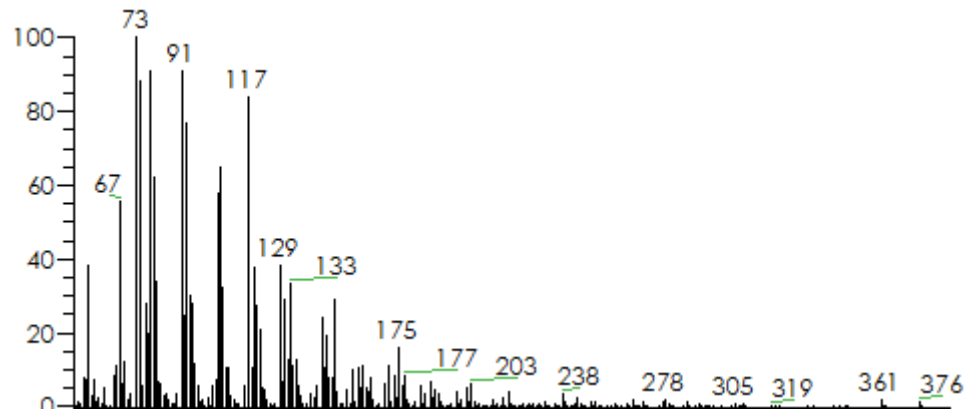
Fórmula empírica: $C_{19}H_{38}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 19,25

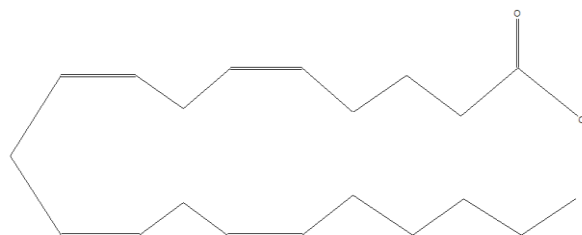
- Espectre de masses:



Component: Àcid araquidònic (àcid 5,8,11,14-icosatetraenoic)

Fórmula empírica: $C_{20}H_{32}O_2$

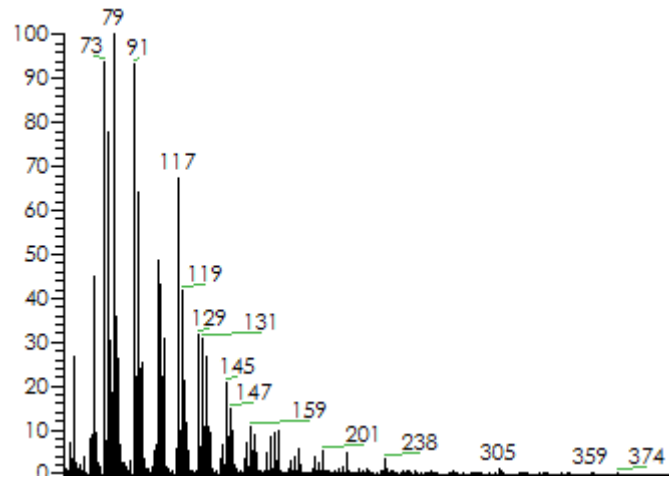
Fórmula estructural:





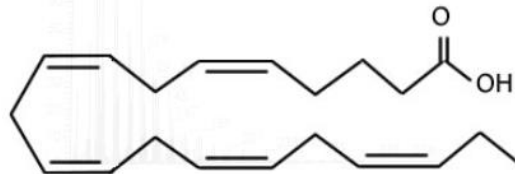
Temps de retenció: 19,35

- Espectre de masses:



Component: Àcid icosapentaenoic (EPA)

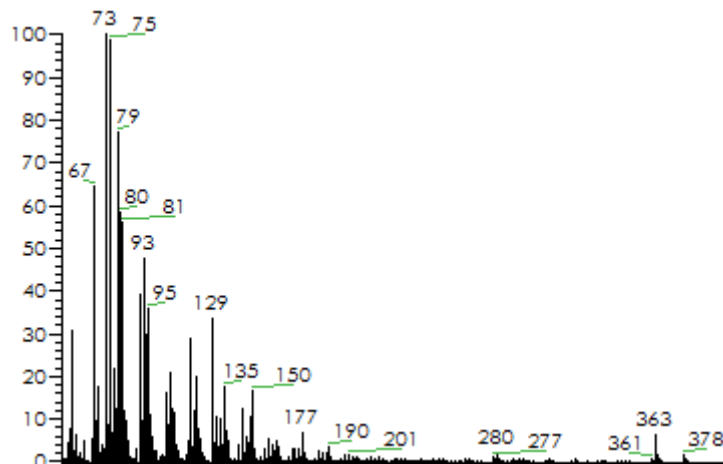
Fórmula empírica: $C_{20}H_{30}O_2$



Fórmula estructural:

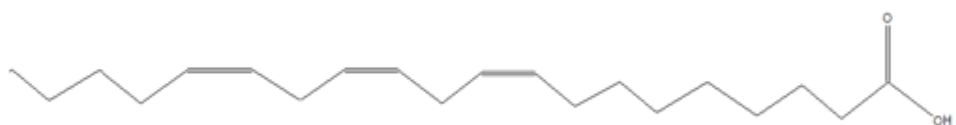
Temps de retenció: 19,55

- Espectre de masses:



Component: Àcid icosatrienoic

Fórmula empírica: $C_{20}H_{30}O_2$

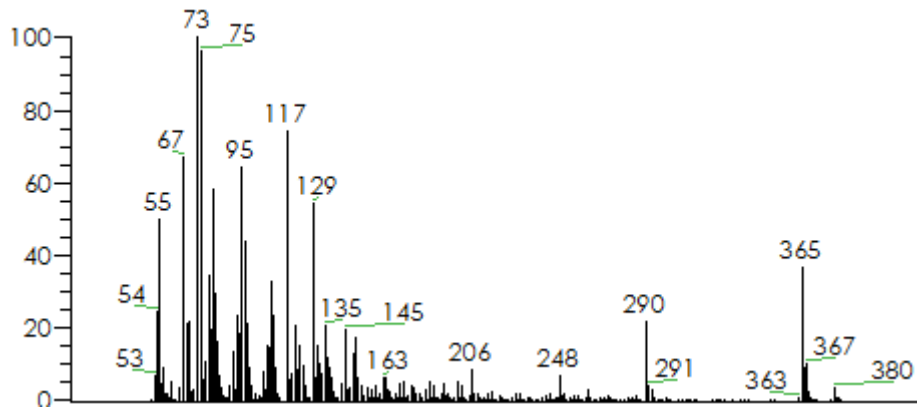


Fórmula estructural:



Temps de retenció: 20,10

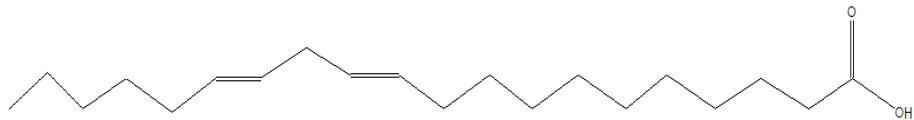
- Espectre de masses:



Component: Àcid icosadienoic (àcid 11,14-eicosadienoic)

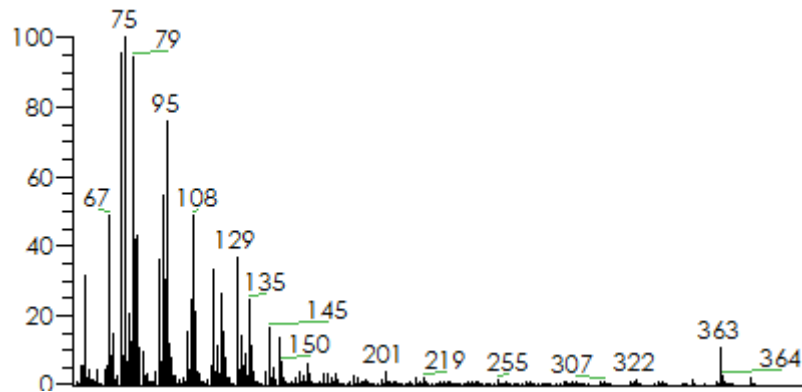
Fórmula empírica: $C_{20}H_{36}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 20,20

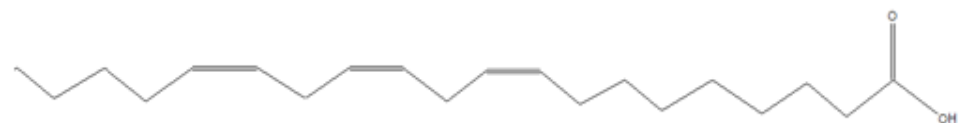
- Espectre de masses:



Component: Àcid icosatrienoic

Fórmula empírica: $C_{20}H_{30}O_2$

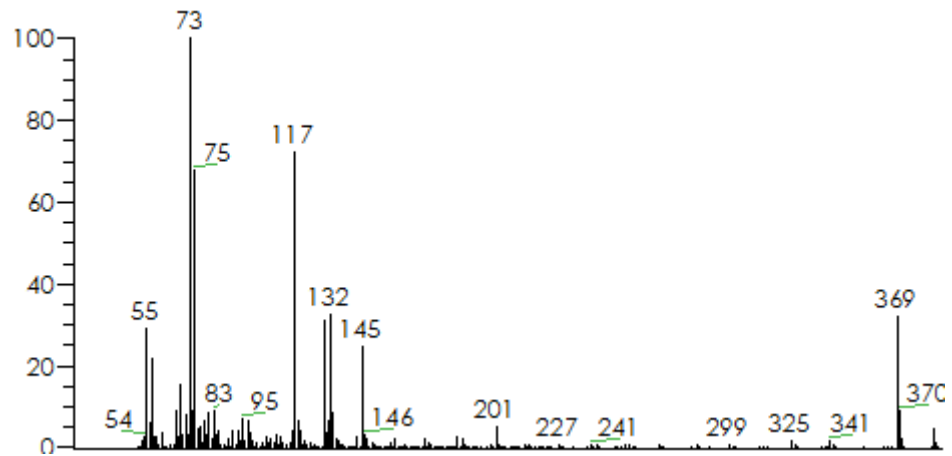
Fórmula estructural:





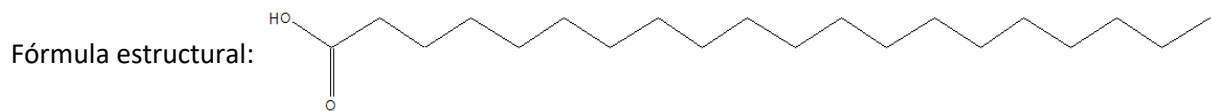
Temps de retenció: 20,43

- Espectre de masses:



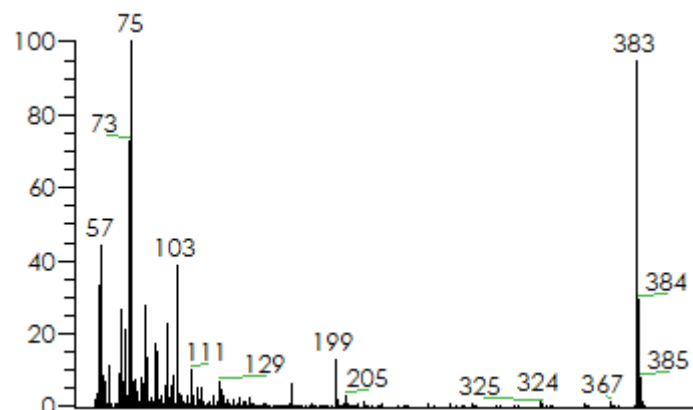
Component: Àcid Araquídic (àcid icosanoic)

Fórmula empírica: $C_{20}H_{40}O_2$



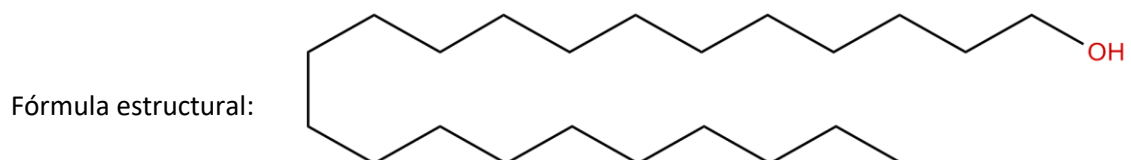
Temps de retenció: 22,87

- Espectre de masses:



Component: Docosanol

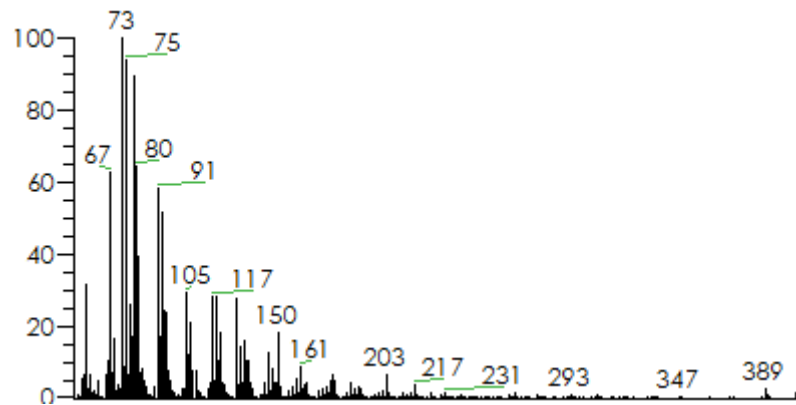
Fórmula empírica: $C_{22}H_{46}O_2$





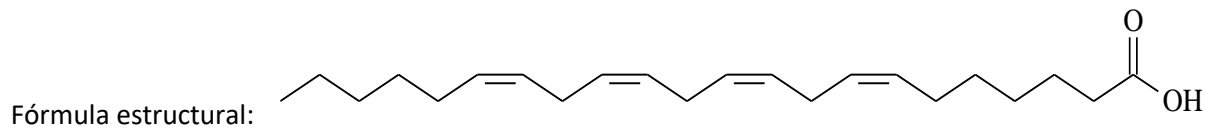
Temps de retenció: 23,35

- Espectre de masses:



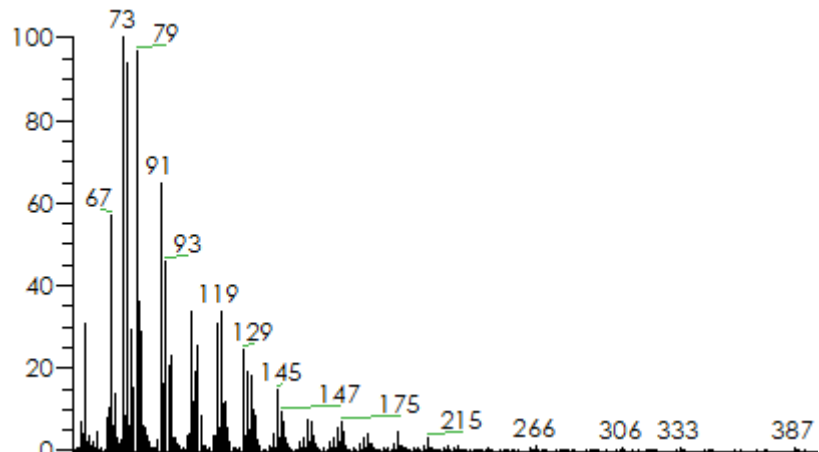
Component: Àcid docosatetraenoic (àcid adrèric)

Fórmula empírica: $C_{22}H_{42}O_2$



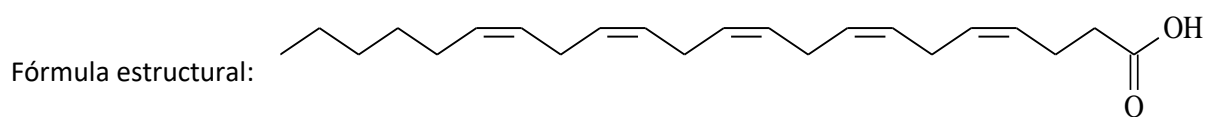
Temps de retenció: 23,50

- Espectre de masses:



Component: Àcid docosapentaenoic

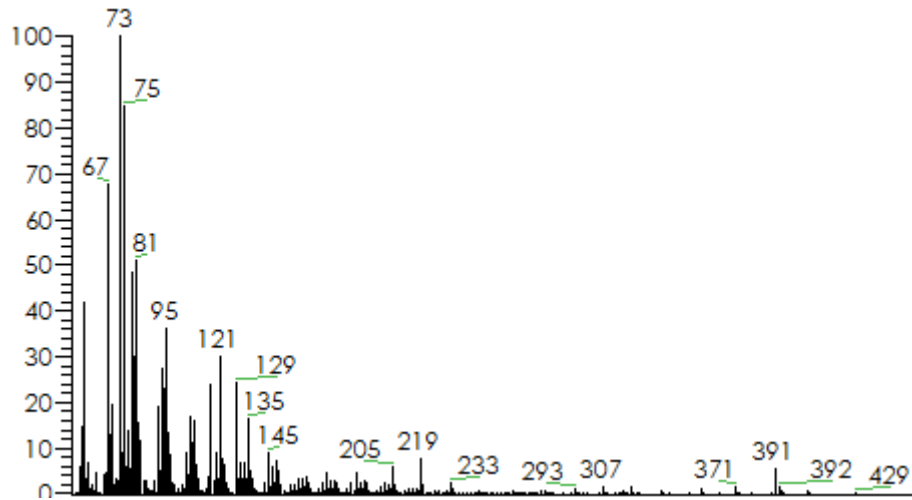
Fórmula empírica: $C_{22}H_{40}O_2$





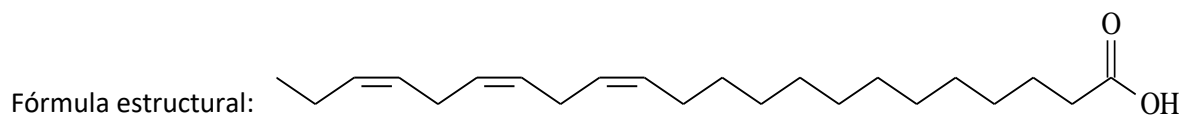
Temps de retenció: 23,69

- Espectre de masses:



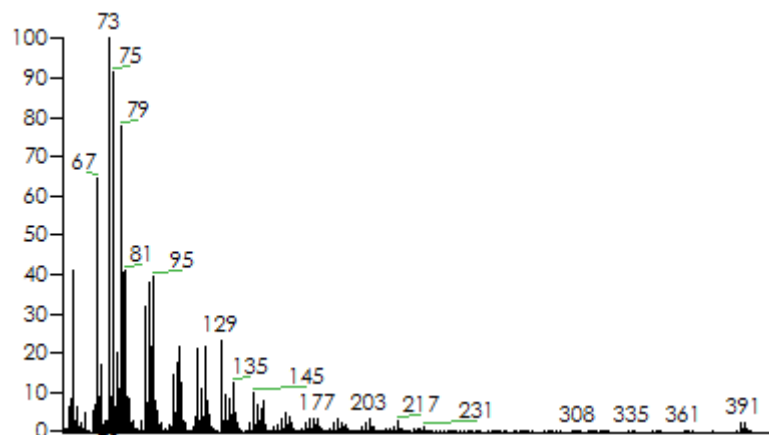
Component: Àcid docosatrienoic

Fórmula empírica: $C_{22}H_{44}O_2$



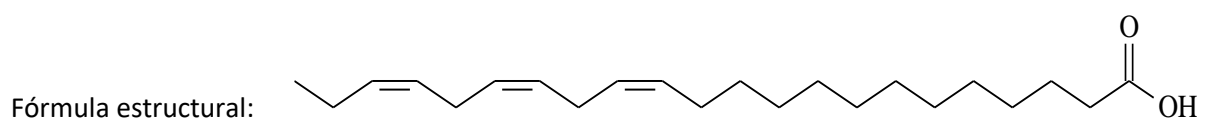
Temps de retenció: 23,84

- Espectre de masses:



Component: Àcid docosatrienoic

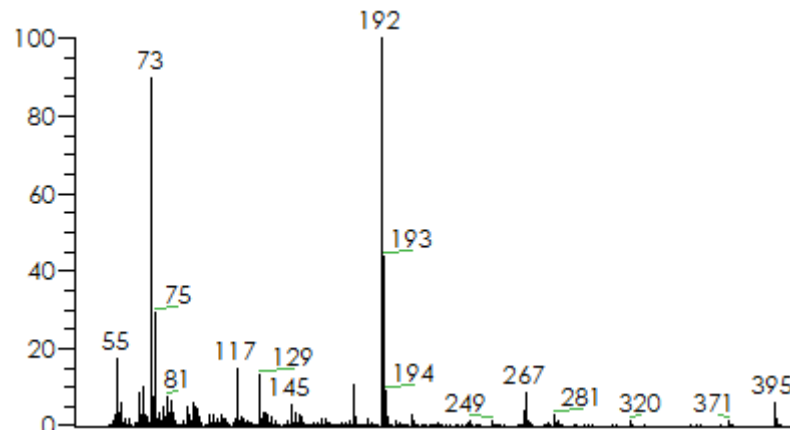
Fórmula empírica: $C_{22}H_{44}O_2$





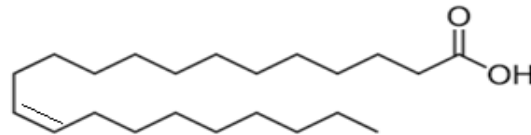
Temps de retenció: 24,35

- Espectre de masses:



Component: Àcid docosaenoic (àcid erúic)

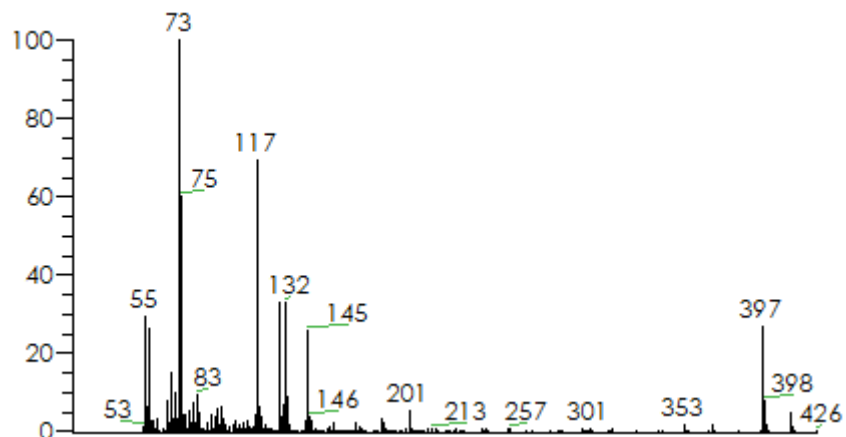
Fórmula empírica: $C_{22}H_{48}O_2$



Fórmula estructural:

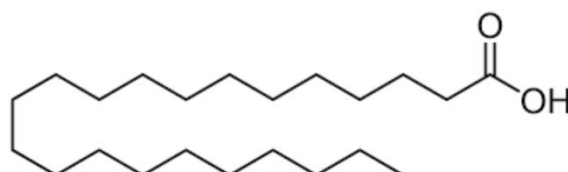
Temps de retenció: 24,95

- Espectre de masses:



Component: Àcid docosanoic (àcid behènic)

Fórmula empírica: $C_{22}H_{44}O_2$

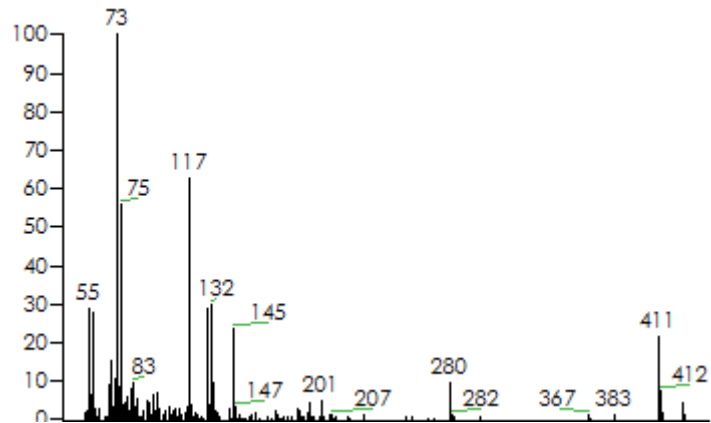


Fórmula estructural:



Temps de retenció: 27,52

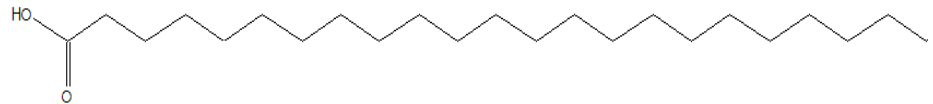
- Espectre de masses:



Component: Àcid tricosanoic

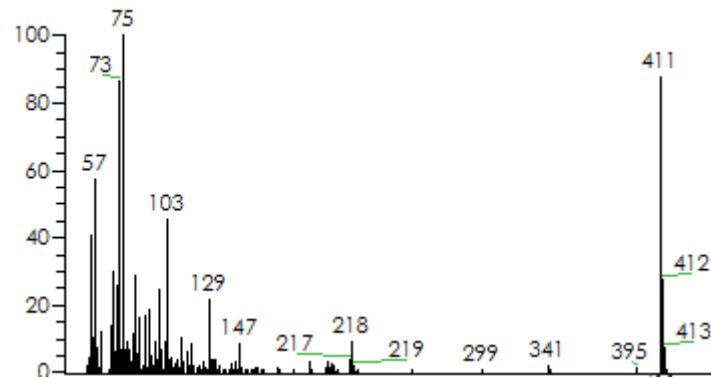
Fórmula empírica: $C_{23}H_{46}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 27,75

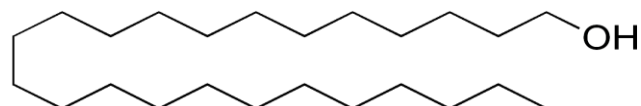
- Espectre de masses:



Component: Tetracosanol

Fórmula empírica: $C_{24}H_{50}O$

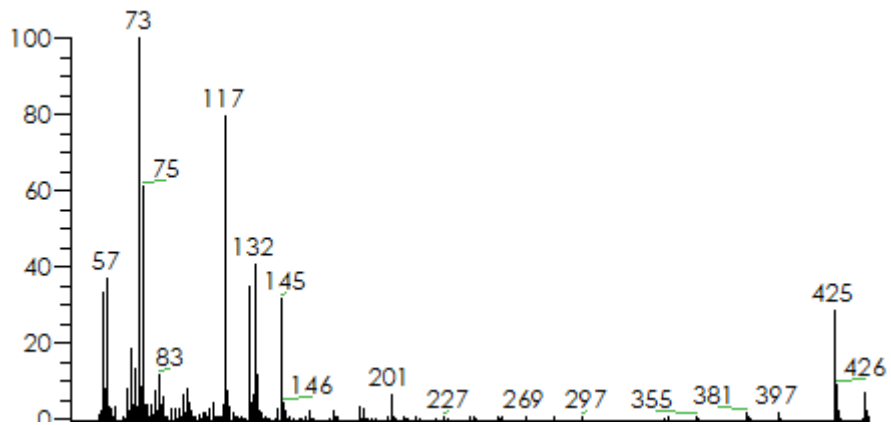
Fórmula estructural:





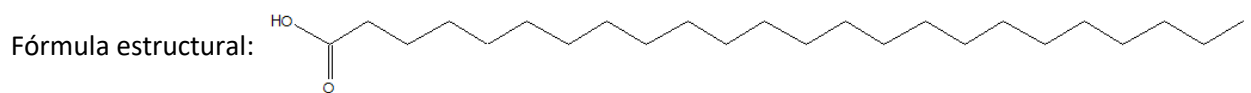
Temps de retenció: 30,25

- Espectre de masses:



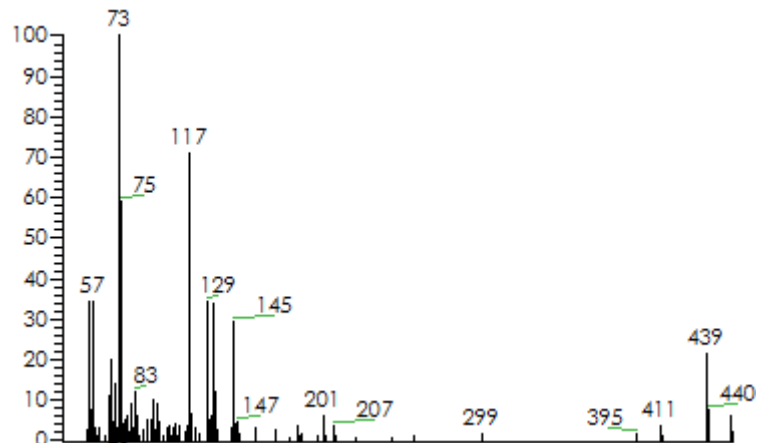
Component: Àcid tetracosanoic

Fórmula empírica: $C_{24}H_{48}O_2$



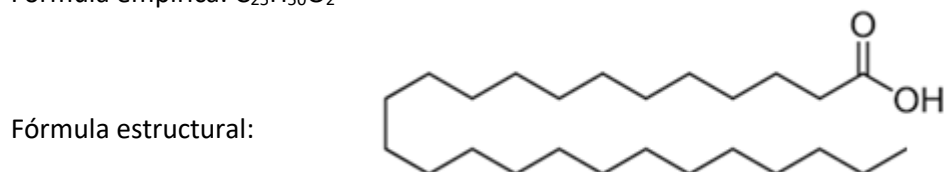
Temps de retenció: 33,07

- Espectre de masses:



Component: Àcid pentacosanoic

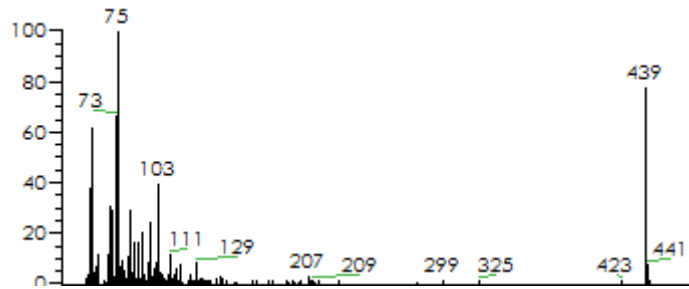
Fórmula empírica: $C_{25}H_{50}O_2$





Temps de retenció: 33,30

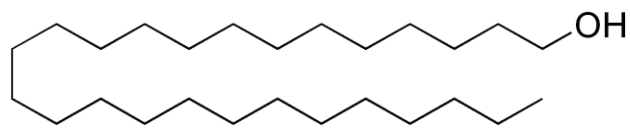
- Espectre de masses:



Component: Hexacosanol

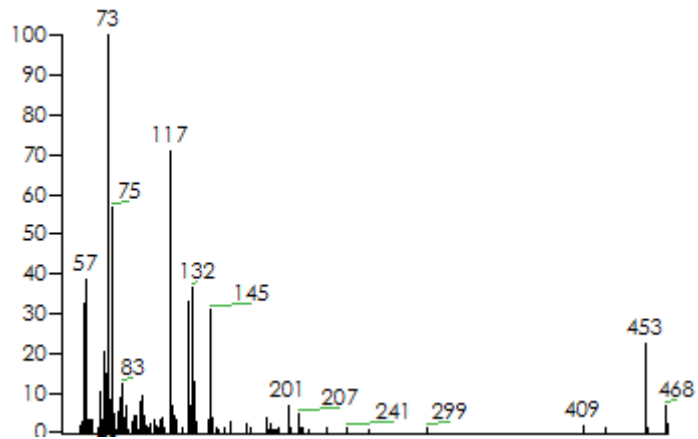
Fórmula empírica: $C_{26}H_{54}O$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 35,97

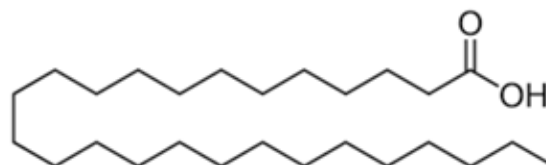
- Espectre de masses:



Component: Àcid hexacosanoic

Fórmula empírica: $C_{26}H_{52}O_2$

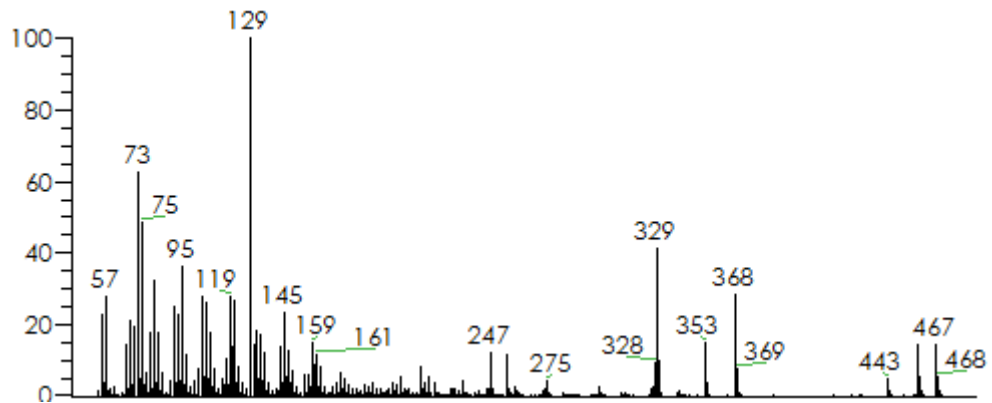
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 39,24

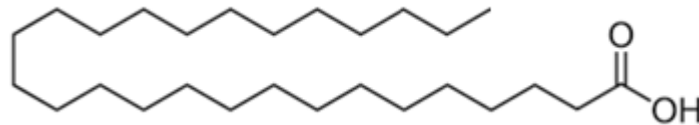
- Espectre de masses:



Component: Àcid heptacosanoic

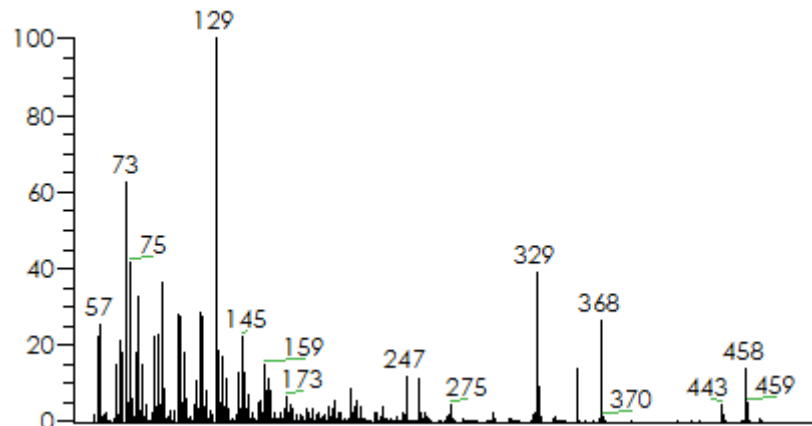
Fórmula empírica: $C_{27}H_{54}O_2$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 39,27

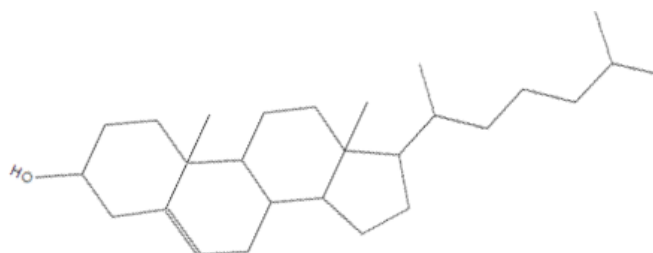
- Espectre de masses:



Component: Colesterol

Fórmula empírica: $C_{27}H_{46}O$

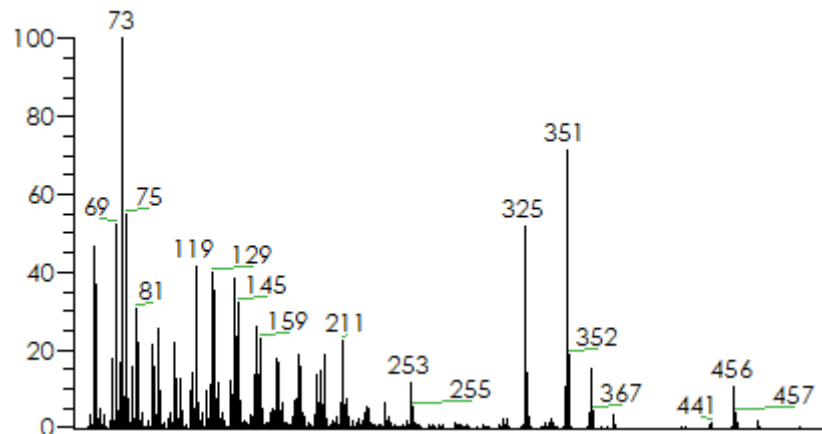
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 40,09

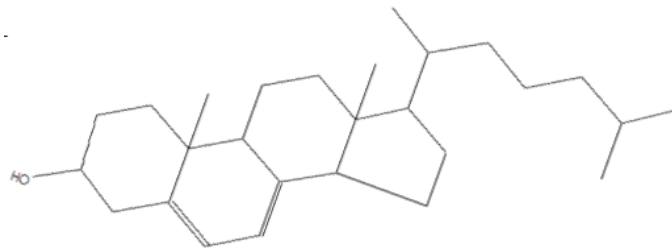
- Espectre de masses:



Component: 5,7-Cholestadien-3 β -ol

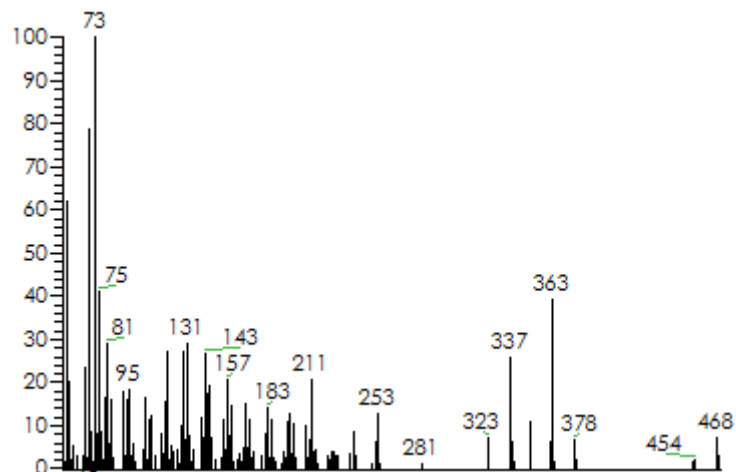
Fórmula empírica: C₂₇H₄₄O

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 41,12

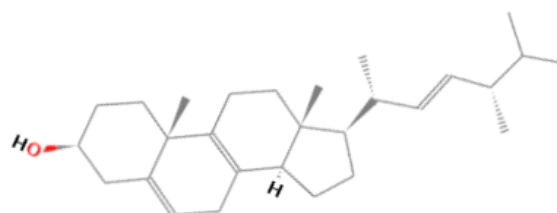
- Espectre de masses:



Component: ergosta-5,7,22-trien-3 β -ol

Fórmula empírica: C₂₈H₄₄O

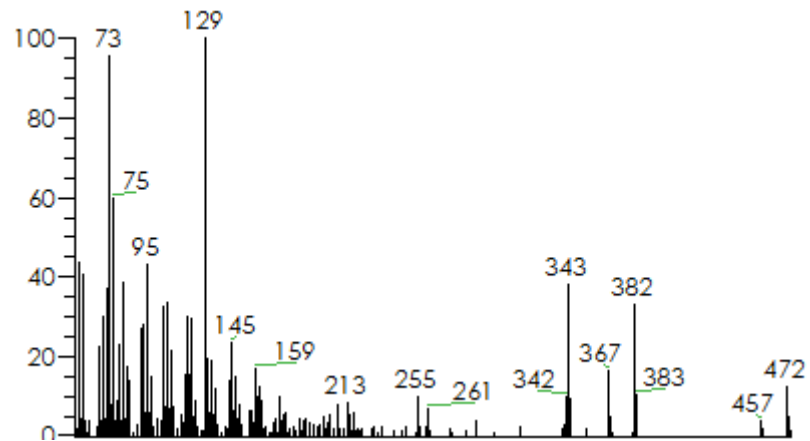
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 41,74

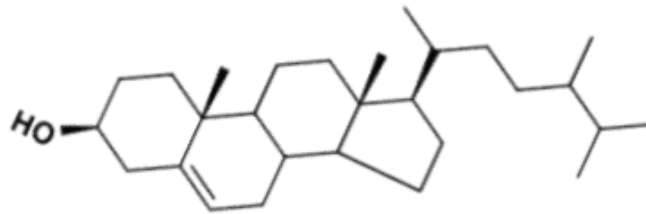
- Espectre de masses:



Component: Campesterol

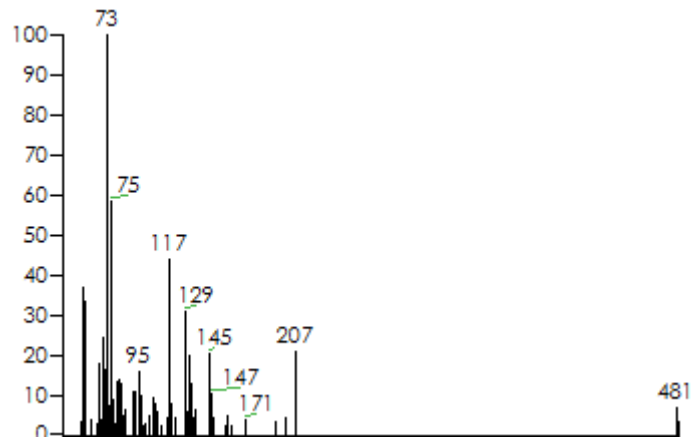
Fórmula empírica: $C_{28}H_{48}O$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 41,80

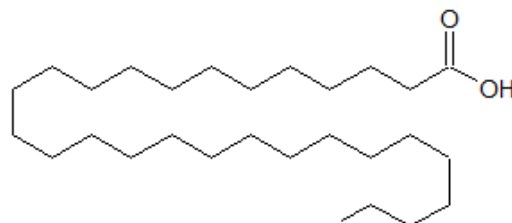
- Espectre de masses:



Component: Àcid octacosanoic (àcid montànic)

Fórmula empírica: $C_{28}H_{56}O_2$

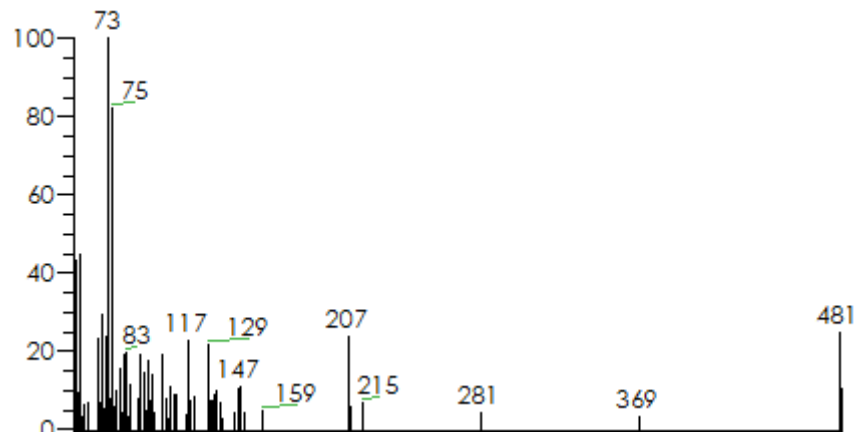
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 41,99

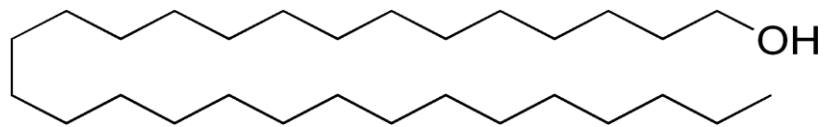
- Espectre de masses:



Component: Nonacosanol

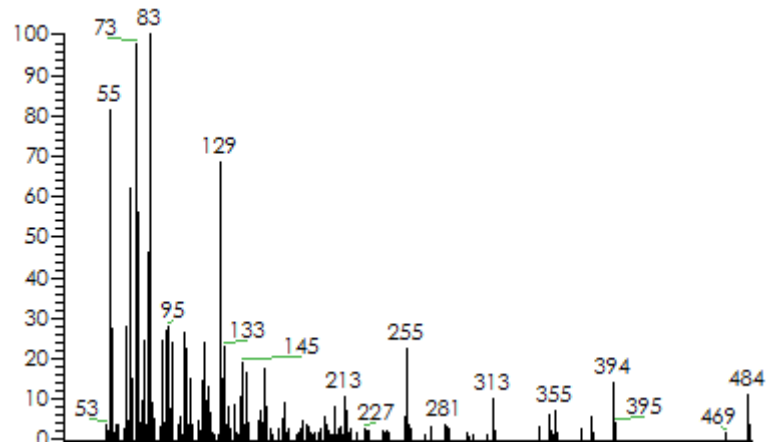
Fórmula empírica: $C_{29}H_{60}O$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 42,44

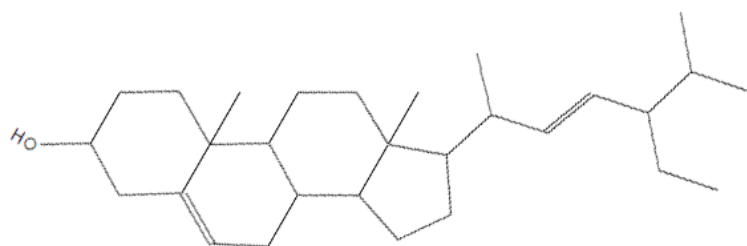
- Espectre de masses:



Component: Stigmasterol

Fórmula empírica: $C_{29}H_{48}O_2$

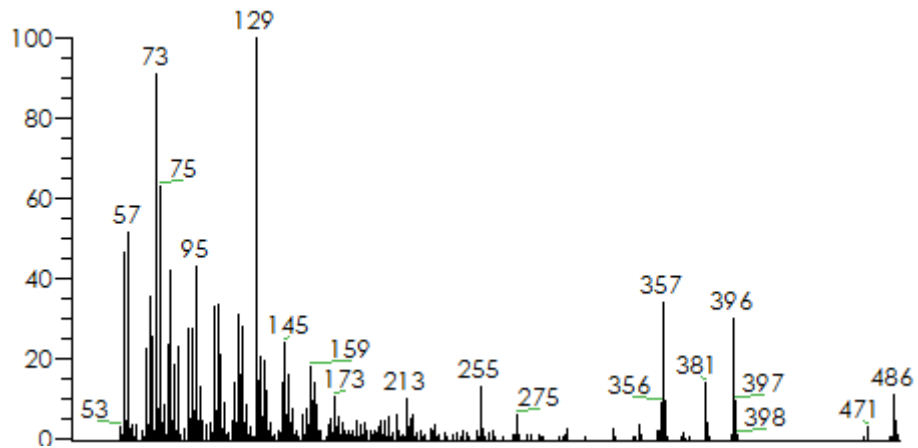
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 44,19

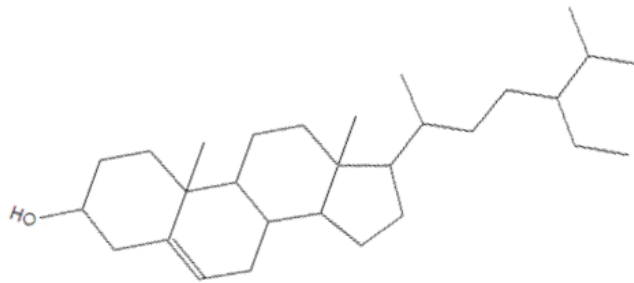
- Espectre de masses:



Component: β -Sitosterol

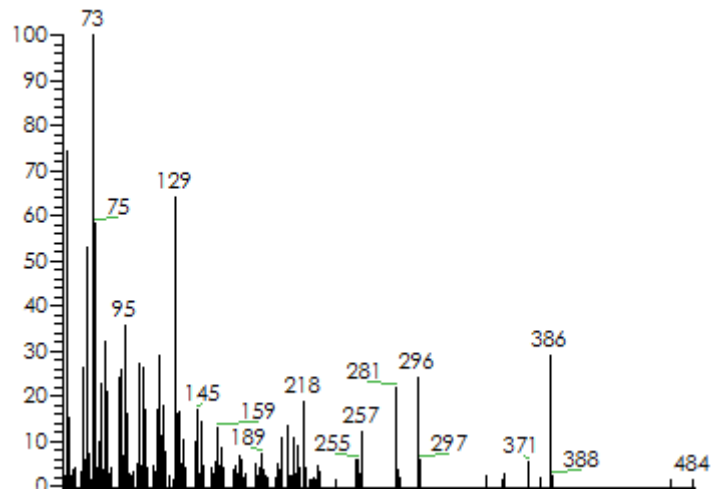
Fórmula empírica: $C_{29}H_{50}O$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 44,60

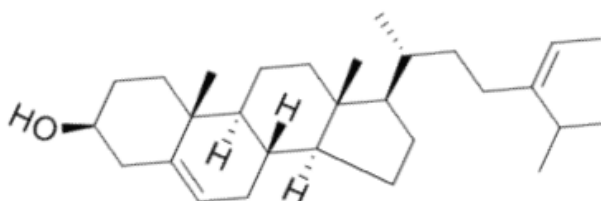
- Espectre de masses:



Component: Δ^5 -Avenasterol

Fórmula empírica: $C_{29}H_{48}O$

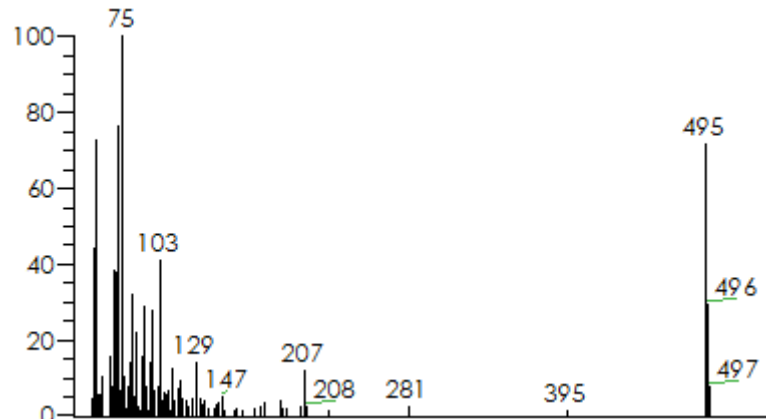
Fórmula estructural:





Temps de retenció: 44,87

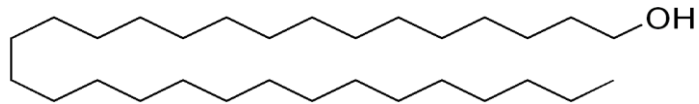
- Espectre de masses:



Component: Triacontanol

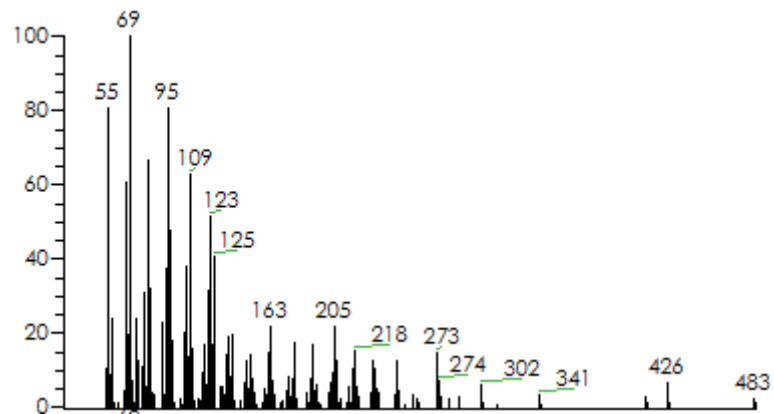
Fórmula empírica: $C_{30}H_{62}O$

Fórmula estructural:



Temps de retenció: 50,09

- Espectre de masses:



Component: Friedelina

Fórmula empírica: $C_{30}H_{50}O$

Fórmula estructural:





3.2. Àrees components

Per tal de quantificar la quantitat de cada component identificat vam treure les següents dades i càlculs:

- Mostra extreta del primer *helix aspersa*: 7,3907 g
- Mostra extreta del segon *helix aspersa*: 6,6075 g
- Mostra assecada del segon *helix aspersa*: 1,5381 g

$$\frac{1,5381 \text{ g } helix \text{ aspersa } sec}{6,6075 \text{ g } helix \text{ aspersa } inicial} \cdot 100 = 23,3 \% \text{ mostra}$$

Així, deduïm que el 76,7% de l'*helix aspersa* es d'aigua.

Ara, per trobar la concentració de cada compost vam agafar 200 mg friedelina amb 1 L d'aigua i vam fer una alíquota de 300 μL per trobar la concentració de friedelina per cada Kg de cargol sec.

$$[\text{friedelina}] = \frac{300 \mu\text{L } friedelina \cdot \frac{1\text{L}}{10^6 \mu\text{L}} \cdot \frac{200 \text{ mg } friedelina}{1\text{L}}}{7,3907 \text{ g } helix \text{ aspersa } inicial \cdot \frac{1,5381 \text{ g } helix \text{ aspersa } sec}{6,6075 \text{ g } helix \text{ aspersa } inicial} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}}} = 34,875 \text{ mg}$$

friedelina/kg cargol sec

Per trobar la concentració de cada compost dividim les unitats d'àrea del compost per les unitats d'àrea de la friedelina i ho multipliquem pel resultat anterior.

$$[\text{concentració compost}] = \frac{x}{4309461 \text{ ua}} \cdot 34,875 \text{ mg friedelina/kg cargol sec}$$

La concentració del compost es multiplica finalment per 15 per tal de corregir el factor de dilució realitzada a la part experimental i ens queden els resultats de la taula 1.

Taula 1. Concentració (mg compost/kg cargol sec) dels compostos identificats en els teixits del cargol bover (*Helix aspersa*)

T.R. (min)	Compost	Àrea (UA)	Concentració (mg compost/kg cargol sec)
6.63	Octanol	1538766	7.35
6.92	Àcid hexanoic	2072984	9.91
7.13	Alcohol benzílic	7707758	36.84



Taula 1. (Cont.)

T.R. (min)	Compost	Àrea (UA)	Concentració (mg compost/kg cargol sec)
7.45	Dodecè	1145556	5.47
7.98	Àcid octanoic	306846	1.47
8.02	Àcid fosfòric	30684684	146.64
8.75	Àcid nonanoic	5548866	26.52
9.03	Tetradecè	2268515	10.84
9.08	Tetradecà	436775	2.09
9.12	Tetradecè	436775	2.09
9.47	Àcid decanoic	1918850	9.17
9.82	Pentadecà	1357002	6.49
9.88	Fosfat de triisobutil	135700160	648.51
10.15	Àcid undecanoic	3427271	16.38
10.27	Dodecanol	774344	3.70
10.48	Hexadecè	2734706	13.07
10.52	Hexadecà	2734706	13.07
10.85	Àcid dodecanoic	5180109	24.76
11.20	Heptadecà	3921952	18.74
11.22	Pristà	3921952	18.74
11.52	Àcid tridecanoic	3143883	15.02
11.61	Tridecanol	998670	4.77
11.90	Octadecè	4073179	19.47
11.95	Octadecà	4073179	19.47
12.08	Àcid tetradecenoic	9873749	47.19
12.28	Àcid mirístic	40056600	191.43
12.75	Nonadecà	3791070	18.12
13.13	Àcid pentadecanoic	9523993	45.52
13.65	Icosè	1246683	5.96
13.70	Icosà	1246683	5.96



Taula 1. (Cont.)

T.R. (min)	Compost	Àrea (UA)	Concentració (mg compost/kg cargol sec)
14.23	Àcid palmític	342440800	1636.52
14.57	Àcid anteisoheptadecanoic	7641251	36.52
14.98	Àcid isoheptanoic	40958644	195.74
15.35	Àcid margàric	56896768	271.91
16.60	Àcid linoleic	1003286144	4794.71
16.70	Àcid oleic	1003286144	4794.71
16.72	Àcid vaccènic	1003286144	4794.71
16.73	Àcid α -linolenic	1003286144	4794.71
16.97	Àcid esteàric	291381248	1392.51
17.54	Àcid nonadecenoic	12205187	58.33
17.56	Àcid anteisonadecanoic	12205187	58.33
17.95	Àcid isonadecanoic	9489610	45.35
17.97	Àcid nonadecenoic	14234416	68.03
18.43	Àcid nonadecanoic	6640220	31.73
19.25	Àcid araquidònic	756901376	3617.23
19.35	Àcid icosapentaenoic (EPA)	181685712	868.28
19.55	Àcid icosatrienoic	132155520	631.57
20.10	Àcid icosadienoic	711717696	3401.30
20.20	Àcid icosatrienoic	133374648	637.40
20.43	Àcid araquídic	12045752	57.57
22.87	Docosanol	23577302	112.68
23.35	Àcid adrèric	189503888	905.64
23.50	Àcid docosapentaenoic	65784868	314.39
23.69	Àcid docosatrienoic	48831108	233.36
23.84	Àcid docosatrienoic	41921660	200.34
24.35	Àcid erúcic	12876123	61.54
24.95	Àcid behénic	8957633	42.81
27.52	Àcid tricosanoic	2788023	13.32
27.75	Tetracosanol	2768571	13.23
30.25	Àcid tetracosanoic	5722272	27.35
33.07	Àcid pentacosanoic	1609193	7.69



Taula 1. (Cont.)

T.R. (min)	Compost	Àrea (UA)	Concentració (mg compost/kg cargol sec)
33.30	Hexacosanol	2605762	12.45
35.97	Àcid hexacosanoic	2026436	9.68
39.24	Àcid heptacosanoic	608484736	2907.95
39.27	Colesterol	608484736	2907.95
40.09	5,7-Cholestadien-3 β -ol	63816124	304.98
41.12	Ergosta-5,7,22-trien-3 β -ol	5290493	25.28
41.74	Campesterol	7315935	34.96
41.80	Àcid montànic	731593	3.50
41.99	Nonacosanol	429491	2.05
42.44	Stigmasterol	3835770	18.33
44.19	β -Sitosterol	9695584	46.34
44.60	Δ^5 -Avenasterol	2412590	11.53
44.87	Tricontanol	1921899	9.18
50.09	Friedelina	7297550	-

Per veure quins components són més abundants fem una gràfica del resultats (Fig. 4).

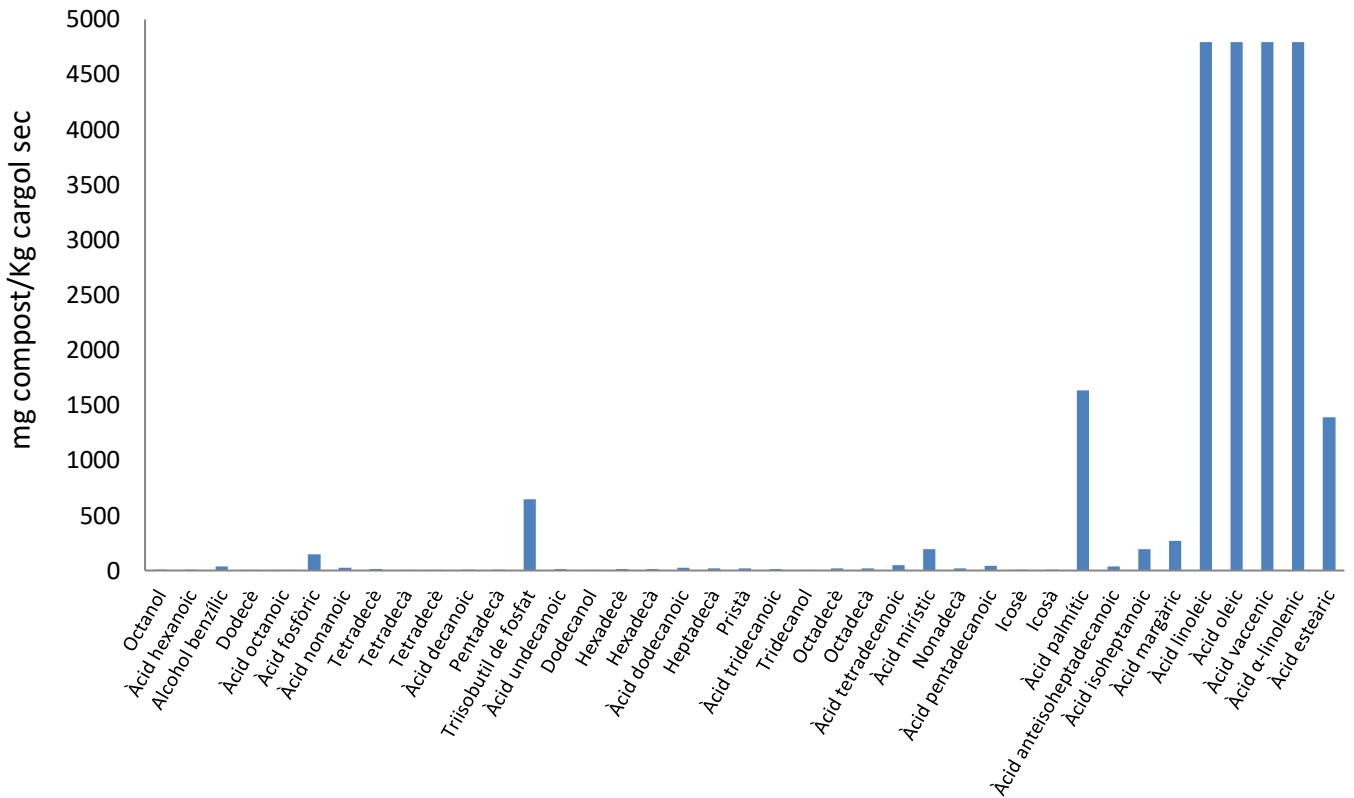


Figura 4. Concentració de mg de cada compost per cada Kg de cargol sec.

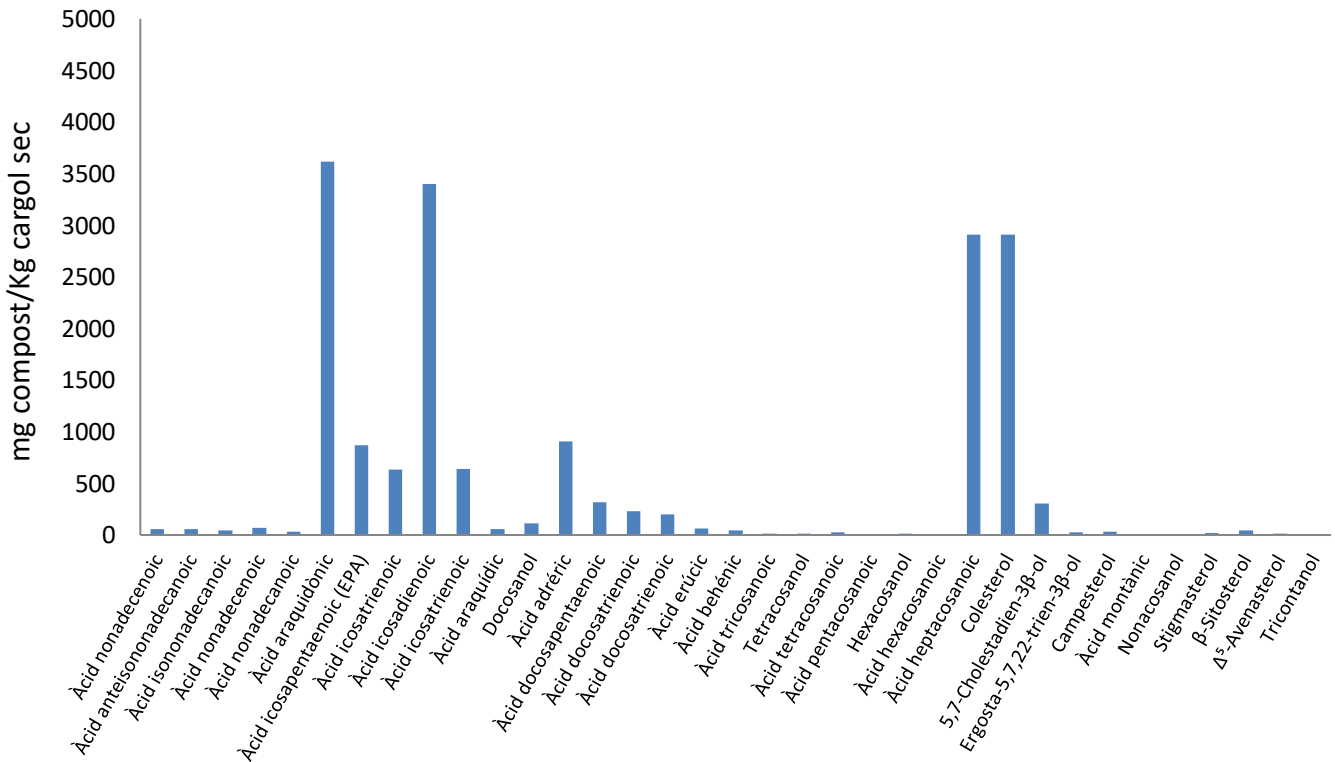


Figura 4. (Cont.)



Ara que tenim uns resultats visuals, podem determinar que els principals compostos del cargol són àcids, d'on destaquem l'abundància dels àtoms de 18 carbonis que són àcids grassos insaturats, i el colesterol.

3.3 Discussió

Una vegada tots els compostos han estat identificats i quantificats per tal de poder fer una comparativa d'aquests resultats els dividirem en alcans, alquens, àcids grassos, alcohols i esterols.

3.3.1 Alcans

Els alcans són molècules orgàniques formades per la unió covalent d'un nombre variable de carbonis units a àtoms d'hidrogen. Els alcans es caracteritzen per tenir un enllaç simple, de manera que també poden anomenar-se hidrocarburs saturats, ja que contenen el nombre màxim d'àtoms d'hidrogen que poden unir-se amb la quantitat d'àtoms de carboni presents en cada molècula.

La seva fórmula respon a C_nH_{2n+2} per aquells que presenten una estructura lineal (alcans alifàtics) o amb ramificacions i a la fórmula C_nH_{2n} per aquells alcans que adopten una estructura cíclica, denominats cicloalcans. Els alcans no presenten cap mena de grup funcional, cosa que determina la seva poca reactivitat en comparació amb altres compostos orgànics i explica el seu nom d'origen llatí: parafines, que significa poca afinitat.

A l'anàlisi que s'ha realitzat podem veure una sèrie homologa d'alcans compresa entre el tetradecà (C_{14}) i l'icosà (C_{20}) (Fig. 5).

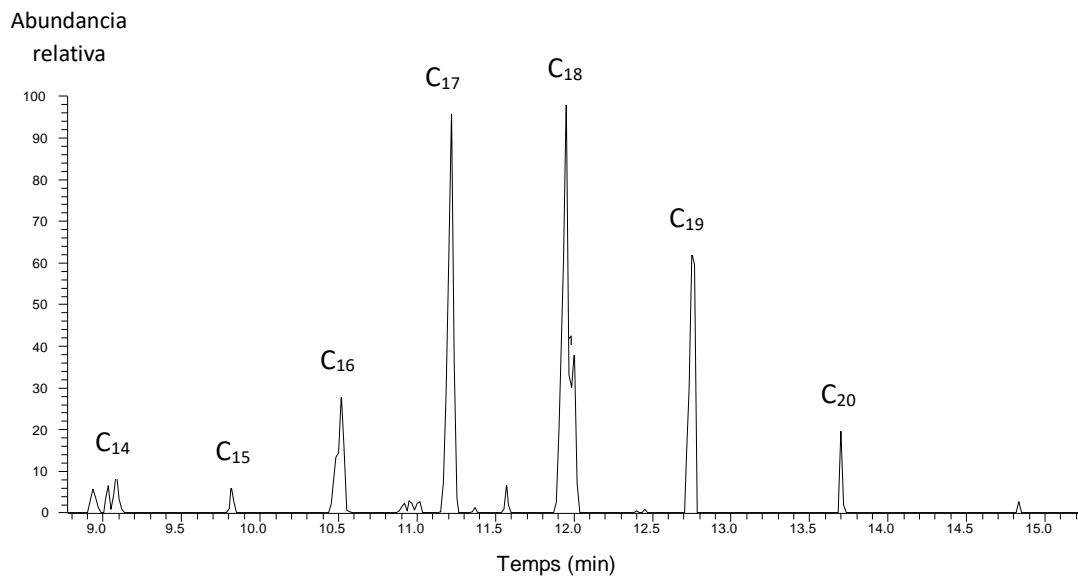


Figura 5. Fragmentograma m/z 85 dels alcans.

Com es pot observar els alcans més abundants son l'octadecà i l'heptadecà. Tot i així, el perfil de la distribució és unimodal. Tot i que en la naturalesa s'observa un predomini dels homòlegs de nombre senar d'àtoms de carboni, en el nostre cas no es així (Fig. 5).

Els alcans amb aquesta predominança s'han trobat a roques sedimentaries i al fons marí (Joan Grimalt and Joan Albaigés, 1987) que concorda amb l'àrea mediterrània d'on es troba el cargol bover.

Normalment, aquestes alcans lineals es troben en una àmplia distribució d'homòlegs, des de C_1 fins C_{60} . No obstant això, la fracció que ara per ara proporciona més informació de la matèria orgànica esta compresa entre C_{13} i C_{40} . (F. Xavier de las Heras, 1991).

Les cadenes amb una longitud de 15, 17 o 19 àtoms són pròpies de membranes de microorganismes, habitualment algues o bacteris (Weete, 1976) i les de 14, 16, 18 i 20, de bacteris (Grimalt i Albaigés, 1987).



3.3.2 Alquens

Els alquens són hidrocarburs alifàtics que tenen algun doble enllaç entre els àtoms de carboni i per això són anomenats insaturats. La fórmula genèrica dels alquens és; C_nH_{2n} .

A la identificació feta hem trobat els següents (Fig. 6).

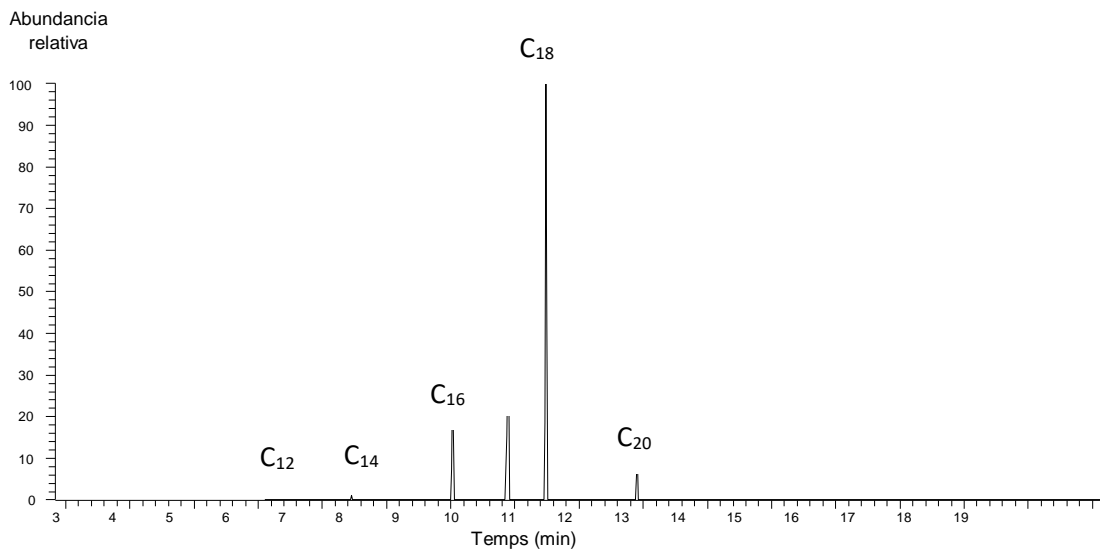


Figura 6. Fragmentograma m/z 83 dels alquens.

Una sèrie compresa entre l'homòleg de 12 àtoms de carboni (dodecè; $C_{12:1}$) i l'cosè, de 20 àtoms de carboni, en la que podem observar que només apareixen homòlegs parells i destaca l'abundància de l'octadecè ($C_{18:1}$).

L'origen d'aquests compostos prové d'aportacions específiques de determinades algues (Weete, 1976), de plantes superiors (Tulloch, 1976) o bé de la deshidratació d'alcohols (Philip i Gilbert, 1986).



3.3.3 Àcids grassos

Un àcid gras és un tipus de molècula orgànica lipídica formada per una llarga cadena hidrocarbonada lineal, normalment constituïda per un nombre parell d'àtoms de carboni a l'extrem de la qual hi ha un grup carboxílic (-COOH).

Segons la presència o absència d'enllaços dobles entre els àtoms de carboni, es poden distingir els següents tipus d'àcids grassos:

- Àcids grassos saturats. No hi ha dobles enllaços entre els àtoms de carboni; acostumen a ser sòlids a temperatura ambient. Solen ser d'origen animal però també n'hi ha a l'oli de palma i l'oli de coco. Es consideren perjudicials per a la salut, si es prenen en grans quantitats.
- Àcids grassos insaturats. Existeix un o més enllaços dobles entre els àtoms de carboni. Solen ser líquids a temperatura ambient. Se solen trobar als vegetals i al peix blau. En principi, són cardiosaludables i preferibles als saturats.

3.3.3.1 Àcids grassos saturats

Es poden dividir entre els de cadena curta, amb molècules curtes que formen greixos volàtils, i els de cadena llarga, amb molècules majors, i conseqüentment sòlids a temperatura ambient. Aquests darrers són la majoria.

A la figura següent (Fig. 7) podem observar els àcids grassos saturats i insaturats. En aquest cas, els saturats es formen des de l'àcid dodecanoic (C₁₂) fins l'àcid tetracosanoic (C₂₄).

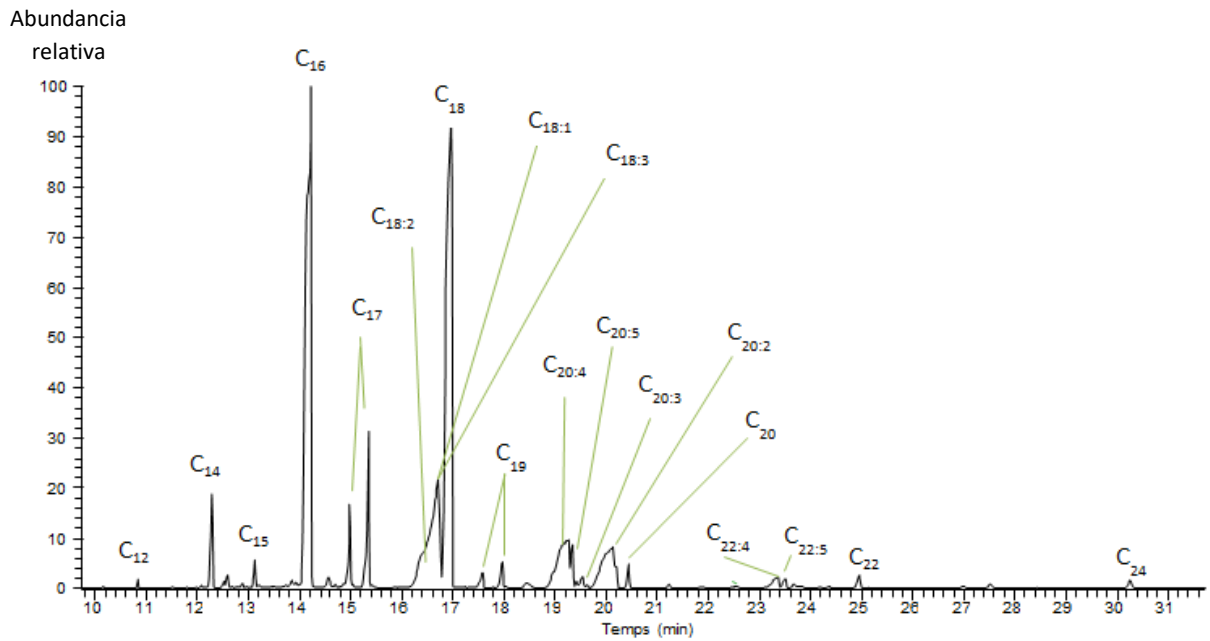


Figura 7. Fragmentograma m/z 132 dels àcids grassos.

3.3.3.2 Àcids grassos insaturats

Els àcids grassos insaturats, segons el nombre de dobles enllaços o insaturacions, es poden dividir en:

- Àcids grassos monoinsaturats: Els que tenen un sol enllaç doble en tota la cadena. Són líquids però solidifiquen amb temperatures no gaire baixes.
- Àcids grassos poliinsaturats: Els que tenen més d'un enllaç doble al llarg de la cadena. Són líquids també a temperatures fredes.

Els àcids grassos insaturats, segons la isomeria del doble enllaç o insaturació es poden dividir en:

- Àcids grassos *cis* (*Z*): els àtoms d'hidrogen dels dos carbonis que comparteixen el doble enllaç estan situats a la mateixa banda de la cadena, això produeix que la molècula no sigui recta sinó que presenti un colze a cada un dels enllaços *cis*. És l'estructura natural de la majoria de greixos insaturats tal com els trobem a la natura. Són cardiosaludables i bons pel colesterol.



- Àcids grassos *trans* (*E*): els àtoms d'hidrogen dels dos carbonis que comparteixen el doble enllaç estan situats en cantons oposats. Aquestes molècules són rectes, sense colzes, cosa que fa que algunes de les seves propietats, encara que la composició química sigui igual, siguin diferents de les molècules amb enllaços *cis*.

Els àcids grassos insaturats, es poden dividir en grups segons la posició del primer doble enllaç o insaturació:

- Àcids ω -3: Es diu omega tres perquè el seu primer doble enllaç està en avantpenúltima posició (és a dir: posició 3, començant pel darrere) a la cadena d'hidrocarburs que forma la molècula de l'àcid gras.
- Àcids ω -6: amb el primer doble enllaç en la posició 6 començant per l'extrem final (oposat al grup carboxílic). Solen interaccionar amb els Omega-3 per a potenciar-ne l'efecte.
- Àcids ω -9: amb el primer doble enllaç en la posició 9 començant pel final. Interaccionen amb els Omega-3 i els Omega-6.

Com s'observa a la Figura 7 s'han descrit únicament els homòlegs amb un nombre parell d'àtoms de carboni (C_{18} - C_{22}), i s'han identificat membres de la sèrie des d'una insaturació fins a cinc.

Aquests compostos a més de trobar-se de forma que els carbonis son parells (18, 20 i 22) són la principal composició del cargol. Encara que aquestes insaturacions són més pròpies de les plantes, això deu ser degut a la seva alimentació només d'origen vegetal.

Dintre d'aquest àcids grassos insaturats podem identificar diferents compostos que, a l'hora de tractar el cargol com a part de la nostra alimentació, ens pot aportar aquests àcids grassos essencials que el nostre cos no pot sintetitzar.



A continuació es llisten els àcids grassos insaturats identificats:

Omega 3

- Àcid α -linolenic C_{18:3}
- Àcid icosatrienoic C_{20:3}
- Àcid Icosapentaenoic C_{20:5} (EPA)
- Àcid docosatrienoic C_{22:3}
- Àcid docosapentaenoic C_{22:5} (DPA)

Omega 6

- Àcid linoleic C_{18:2}
- Àcid eicosadienoic C_{20:2}
- Àcid araquidònic C_{20:4}
- Àcid adrèric C_{22:4}
- Àcid docosapentaenoic C_{22:5}

Omega 9

- Àcid oleic C_{18:1}
- Àcid erúic C_{22:1}

El nostre organisme necessita aquests àcids grassos essencials (omega 3 i omega 6) ja que no els podem sintetitzar i només ho podem ingerir de forma directa d'algunes fonts d'origen vegetal, alguns fruits secs o del peix blau.

Si mirem la figura 4, veiem que els components més destacats són els de 18 carbonis, on trobem els principals omega 3, 6 i 9, i d'on destaquem el més important; l'àcid α -linolenic.



Varies fonts d'informació suggereixen que els éssers humans van evolucionar d'una dieta amb una proporció d'àcids grassos essencials d'omega 6 a omega 3 d'aproximadament 1.

Els nivells de AGPI omega-3 (una baixa relació omega-6/omega-3) exerceixen efectes supressors. En la prevenció secundària de la malaltia cardiovascular, una proporció de 4/1 es va associar amb una disminució del 70% en la mortalitat total. Una proporció de 2,5/1 va reduir la proliferació de cèl·lules rectals en pacients amb colon irritable, mentre que una relació de 4/1 amb la mateixa quantitat de PUFA omega-3 no va tenir efecte. La menor proporció d'omega-6/omega-3 en les dones amb càncer de mama es va associar amb un menor risc. Una proporció de 2-3/1 va inhibir la inflamació en pacients amb artritis reumatoide, i una relació de 5/1 va tenir un efecte beneficiós sobre els pacients amb asma, mentre que una relació de 10/1 va tenir conseqüències adverses. Aquests estudis indiquen que la relació òptima pot variar amb la malaltia considerada. Això és coherent amb el fet que les malalties cròniques són multigèniques i multifactorial. Per tant, és molt possible que la dosi terapèutica d'àcids grassos omega-3 depengui del grau de gravetat de la malaltia resultant de la predisposició genètica. Una proporció més baixa d'àcids grassos omega-6/omega-3) és més desitjable per reduir el risc de molts de les malalties cròniques d'alta prevalença en les societats occidentals, així com als països en desenvolupament, que s'estan exportant a la resta del món. (A.P.Simopoulos, 2002)

En el nostre cas, procedim a calcular la ratio d'aquesta relació (taula 2 i 3).

	Àcid	mg àcid/Kg cargol sec
Omega-6	Linoleic	71920.58
	Eicosadienoic	51019.50
	Araquidònic	54258.49
	Adrèric	13584.59
	Docosapentaenoic (DPA)	4715.79
	Σ	195498.95

Taula 2. Omega-6 identificats.



	Àcid	mg àcid/Kg cargol sec
Omega-3	α -linolenic	71920.58
	Icosatrienoic	19034.53
	Icosapentaenoic (EPA)	13024.14
	Docosatrienoic	6505.61
	Docosapentaenoic (DPA)	4715.79
	Σ	115200.65

Taula 3. Omega-3 identificats.

- Ratio omega-6/omega-3:

$$\frac{195498.95}{115200.65} = 1,697$$

Observem que la ratio s'allunya de la idealitat d'1, però no es gaire elevada.

3.3.4 Alcohols

En química, un alcohol és qualsevol compost orgànic que conté un grup funcional hidroxil (-OH) enllaçat a un àtom de carboni i en substitució d'un àtom d'hidrogen d'un grup alquil dels hidrocarburs saturats o alcans. La fórmula dels alcohols simples acíclics és $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$.

En el nostre espectre vam trobar una gran quantitat d'alcohol que van des del C_8 fins C_{30} , però, com veiem a la figura 8 la gran majoria es troba en quantitats molt petites.

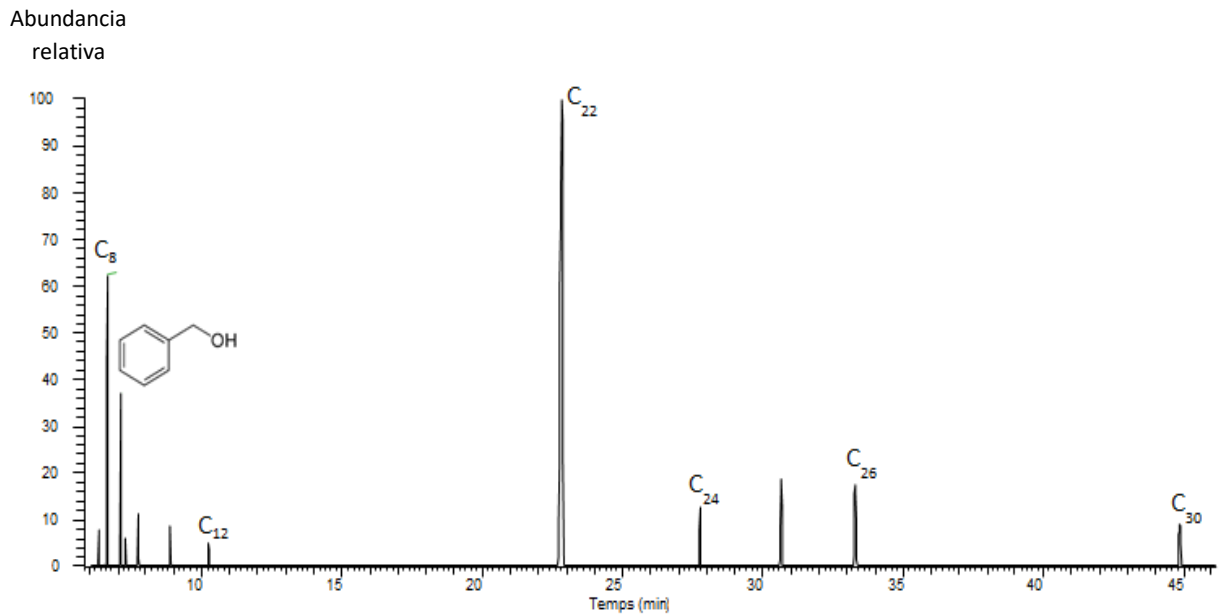


Figura 8. Fragmentograma m/z 103 dels alcohols.

Tot i que vam trobar una gran quantitat d'alcohols, destaquem el docosanol que en comparació hi ha molta més quantitat que qualsevol altre alcohol, seguit de l'octanol, i també és deien veure el dodecanol (C₁₂), tetracosanol (C₂₄), hexacosanol (C₂₆) i el tricontanol (C₃₀). Els altres alcohol trobats a l'anàlisi de resultats es troben en quantitats ínfimes.

3.3.5 Esterols

Els esterols són esteroides formats per cadenes de 27 a 29 àtoms de carboni. La seva estructura química deriva del ciclopentaperhidrofenantrè o esterà, una molècula de 17 carbonis formada per tres anells hexagonals i un de pentagonal. En els esterols, s'afegeix una cadena lateral de 8 o més àtoms de carboni al carboni 17 i un grup alcohol o hidroxil (-OH) al carboni 3.

Aquestes substàncies es troben en abundància als éssers vius i, en el nostre cas, hem trobat els següents de la figura 9:

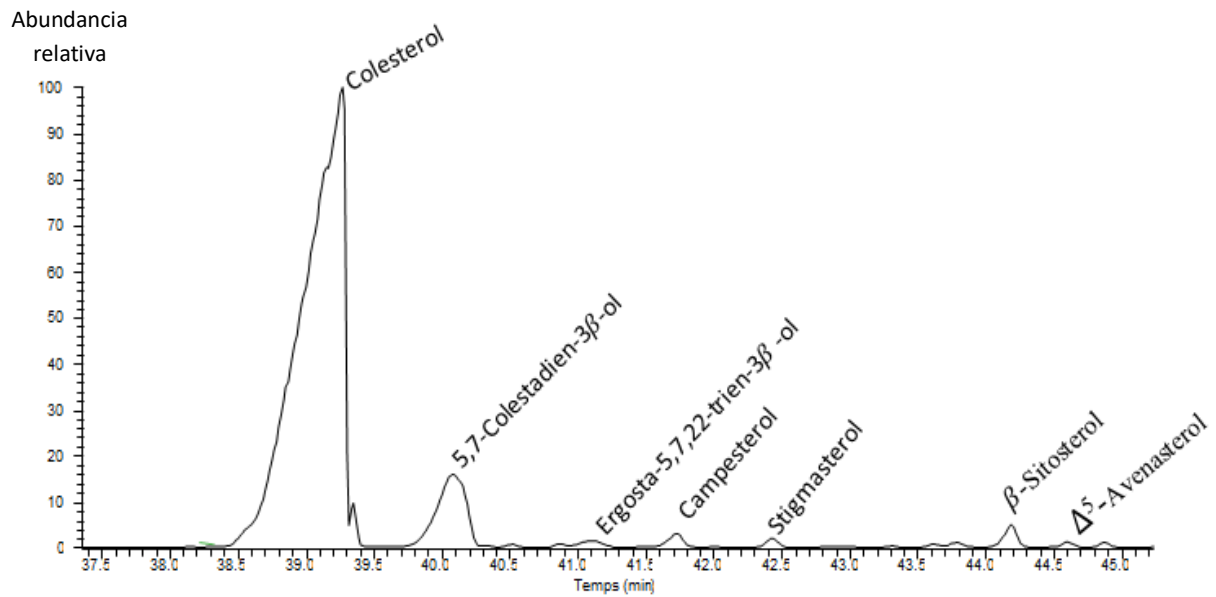


Figura 9. Fragmentograma m/z 129 dels esterols.

Clarament l'esterol més abundant és el colesterol, un component perjudicial per la salut i que provoca malalties cardiovasculars.

D'altra banda, trobem altres esterols com el campesterol, l'stigmasterol, el β -sitosterol i el Δ^5 -Avenasterol, que són propis de les plantes i estranys de trobar a un animal. No obstant, segurament es deu a la seva dieta.

Finalment, trobem dos compostos rars i poc freqüents. El 5,7-Colestadien-3 β -ol i l'ergosta-5,7,22-trien-3 β -ol que són compostos no naturals, i que, curiosament inhibeixen la biosíntesi del colesterol (C. Fernández, M. Martína, D. Gómez-Coronado y M.A. Lasunción, 2003).



4. Conclusions

De tota l'anàlisi feta, els components més importants trobats són els àcids grassos insaturats essencials i els esterols.

Els resultats trobats s'assemblen als trobats en altres articles (esmentats a la bibliografia o anteriorment) en quant a composició i quantitat. Les diferents espècies o localitats arreu del món no fan variar gaire la composició i ens ha permet una comparativa sòlida.

Per una part, la ratio entre omega 3 i omega 6 (1,7) s'allunya dels valors desitjables (al voltant d'1), però no és massa elevada, pel que podríem dir que com aportador d'àcids grassos essencials és un bon aliment i no perjudicarà l'equilibri entre ω -3 i ω -6.

Malauradament, aquest animal també té una gran quantitat de colesterol (2907,95 mg/Kg cargol sec), el qual competeix directament amb els ω -3, ja que aquests són bons per la salut cardiovascular i el colesterol tot el contrari.

La quantitat d'àcid α -linolenic és més elevada que la de colesterol, a part de que hi ha altres omega-3 com l'EPA i el DPA, que en sumatori total d'omega-3 són 7042,65 mg/kg cargol sec front els casi 3000 de colesterol. A més, aquests disminueixen la concentració de colesterol i s'han trobat altres esterols sintetitzats que també ajuden a la inhibició d'aquesta biosíntesi.

Per tant podem afirmar que el cargol bover (*helix aspersa*) es ric en omega-3 i bo per la salut sempre hi quan no s'ingereixi en excés degut al seu contingut de colesterol.



5. Bibliografia

1. A. Augé, 2014. Projecte fi de màster, UPC Manresa. Identificació i anàlisi dels diferents principis actius presents en la camamilla (*Matricaria recutita* L) i la flor de neu (*Leontopodium alpinum*), 14-25.
2. R.D.G. Hayashib, Milinska, M.C., Padrea, C., de Oliveiraa, C.C., J. V. Visentainera, N. E. de Souzaa, M. Matsushitaa, 2006. Effects of feed protein and lipid contents on fatty acid profile of snail (*Helix aspersa maxima*) meat. *Journal of Food Composition and Analysis* 19, 212–216.
3. F. X. De las Heras, 1991. Geoquímica orgànica de conques lacustres fòssils. *Institut d'estudis catalans, arxius de la secció de ciències*, XCVII.
4. Fernández, M. Martína, D. Gómez-Coronadoa, M.A. Lasunción, 2003. Efecto de los fitosteroles sobre la biosíntesis de colesterol y la proliferación en células humanas. *Servicio de Bioquímica-Investigación. Hospital Ramón y Cajal, Madrid. Departamento de bioquímica y biología molecular. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.*
5. A. P. Simopoulos, 2002. The importance of the ratio omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother* 56 (2002), 365-379.
6. C. Galli, F. Marangoni, 2006. N-3 fatty acids in the mediterranean diet. *Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids* (2006), volume 75, issue 3, 127-220.
7. D. Kowalczyk-Pecka, S. Pecka, E. Kowalczuk-Vasilev, 2016. Selected fatty acids biomarkers of exposure to microdoses of molluscicides in snails *Helix Pomatia* (gastropoda pulmonata). *Environmental Pollution* 2017, volume 222, 138-145.
8. D. Ikauniece, A. Jemeljanovs, V. Stazdina, V. Sterna, 2014. Evaluation of nutrition value of roman snail's (*helix pomatia*) meat obtained in Latvia. *Foodbalt*, 2014, 28-31.
9. N. E. De Souza, C. Hayashi, M. Matsushita, M. C. Milinsk, R. D. G. Padre, 2002. Influence of diets enriched with diferent vegetable oils on the fatty acids profil·les of snail *Helix aspersa maxima*. *Food Chemistry* 82 (2003), 553-558.
10. P. B. Andrade, D. M. Pereira, N. Teixeira, P. Valentao, 2013. Amino acids, fatty acids and sterols profil·le of some marine organisms from portuguese waters. *Food Chemistry* 141, 2013, 2412-2417.
11. H. Aono, H. Saito, 2014. Characteristics of lípid and fatty acid of marine gastropod *turbo cornutus*: High levels of arachidonic and n-3 docosapentanoic acid. *Food Chemistry* 145, 135-144.



12. J. Garbern, N. Gerst, R. I. Kelley, D. M. Milewicz, J. Pang, F. D. Pinkerton, B. Ruan, J. Tsai, G. J. Schroepfer, Jr, F. G. Whitby, W. K. Wilson, 2001. Sterols in blood of normal and Smith-Lemli-Opitz subjects. *Journal of lipid research* 42, 799-812.
13. S. Bucak, O. B. Cital, H. Danahaliloglu, Y. Tekeli, 2014. The effects of seasons on cholesterol content and fatty acid compositions of muscle of *Helix aspersa* living in Konya, Turkey. *Cital et al., Afr J Tradit Complement Altern Med.* 11, 53-56.
14. C. Bertrand, M. Charrier, J. Filser, A. Nicolai, R. Lenz, 2011. Adjustment of metabolite composition in the haemolymph to seasonal variations in the land snail *Helix pomatia*. *J Comp Physiol B* 181, 457-466.
15. T. AbdulRasheed-Adeleke, B. Lawal, O. K. Shittu, P. C. Ossai, A. M. Ibrahim, 2015. GC-MS Determination of bioactive constituents of giant african snail (*Archatina maginata*) Haemolymph. *Journal of pharmacy and biological sciences, volume 10, issue 2*, 59-64.
16. N. Erkan, F. Çagiltay, A. Selçuk, D. Tosun, 2011. Amino acid, fatty acid, vitamin and mineral contents of the edible garden snail (*Helix aspersa*). *Journal of FisheriesSciences.com* 5, 354-363.
17. A. E. Felix, R. D. Girling, M. E. Hankey, P. L. Newland, E. D. Olliff, G. M. Poppy, 2013. Olfactory selection of *Plantago lanceolata* by snails declines with seedling age. *Annals of botany* 112, 671-676.