



Determinación del perfil lipídico del aceite de *Zea mays L.* y de su poder antimicrobiano

Estudiantes: Franco Altez, Felipe Ruiz Díaz,
Sebastian Trinidad

Grupo: 3°BO

Docentes: Anarella Gatto, Raúl Britos,
Natalia Boscana, Ángel Cuenca, Nicolás
Fernández

Período de realización: 07/11/2022 -
08/12/2022

Resumen

El siguiente trabajo poseyó como objetivo la determinación de la variación del perfil lipídico de dos muestras de aceite de maíz; uno extraído a partir de maíz orgánico, y otro industrial, con tal de observar las varianzas en el perfil lipídico de los mismos, considerando los procesos de refinamiento que este último sufre previo a su comercialización. Además, se investigó el poder antimicrobiano del aceite. Teniendo en cuenta ésto, se formularon las preguntas: ¿cómo varía el perfil lipídico de los aceites de maíz? y ¿cuán eficiente es el aceite de maíz como antibacterial basándose en la presencia de ácidos hidroxámicos en éste? Como hipótesis, se planteó que se denotarían diferencias no en la identidad de los ácidos grasos, sino en la concentración en la que éstos se hallan, además de haber planteado que el aceite no sería un antibacterial eficiente, por ausencia de ácidos hidroxámicos en el germen del maíz. El aceite industrial poseyó 10,37028 % de ácido palmítico, 3,00638 % de ácido esteárico, 33,00775 % de ácido oleico, 52,76869 % de ácido linoleico y 0,84691 % de ácido linolénico. Las muestras de aceite extraído poseyeron 11,40157 % y 12,71509 % de ácido palmítico, 2,85618 % y 2,85412 % de mezcla de ácido oleico trans y esteárico, 37,15412 % y 36,67994 % de ácido oleico cis, 47,39098 % y 46,43324 % de ácido linoleico, 1,03940 % y 1,13067 % de ácido linolénico, y, además, 0,15775 % y 0,18695 % de ácido palmitoleico. Por ende, se concluyó que el perfil lipídico y las concentraciones de los ácidos grasos, no varían considerablemente en ambas muestras. Para el poder antimicrobiano, tras contagiar una muestra de aceite con *Bacillus licheniformis*, no fue posible observar halos de inhibición, lo que permite establecer que: o no hay ácidos hidroxámicos en la muestra, o éstos son ineficientes contra las bacterias.

Abstract

The following work possessed the determination of the lipidic profile of two maize oil samples, one, extracted from organic maize, and the other one being industrial, as a way to check the variations in the lipidic profile of both, considering the processes of refinement the latter goes through before its commercialization. Furthermore, the oil's antimicrobial power was investigated. With this in mind, the questions: How does the oil's lipidic profile vary? as well as, how efficient is maize oil as an antibacterial due to the presence of hydroxamic acids in it? were formulated. As a hypothesis, it was established that there would be differences not in the oil's fatty acid identity, but in their concentration. Furthermore, it was reasoned that, due to an absence of hydroxamic acids in the germ, maize oil would not be an efficient antibacterial. The industrial oil sample proved to possess 10,37028 % of palmitic acid, 3,00638 % of stearic acid, 33,00775 % of oleic acid, as well as 0,84691% of linolenic acid. Extracted oil samples had 11,40157 % and 12,71509 % of palmitic acid, 2,85618 % and 2,85412 % of a mixture of trans-oleic acid and stearic acid, 37,15412 % and 36,67994 % of cis-oleic acid, 47,39098 % and 46,43324 % of linoleic acid and 1,03940 % and 1,13067 %, as well as 0,15775 % and 0,18695 % of palmitoleic acid. Therefore, it was concluded that both lipidic profile and fatty acid concentration do not vary considerably due to the oil's refinement. When it comes to antimicrobial power, after infesting a sample of oil with *Bacillus licheniformis*, it was not possible to see inhibition halos, which allows to establish that either: there are no hydroxamic acids in the sample, or these are inefficient against those specific bacteria.

Introducción

El maíz, o *Zea mays L.*, es un producto industrial altamente empleado, siendo uno de los alimentos más cultivados en el planeta, y es apreciado en principal medida por su calidad a nivel nutricional. Éste, además, posee ácidos hidroxámicos; amidas que actúan en el mecanismo de defensa del vegetal hacia amenazas bióticas y abióticos. De la miríada de aplicaciones que posee el vegetal, su consumo como aceite es uno de los más reconocidos. A nivel industrial, el aceite sufre un proceso de refinamiento en el que se eliminan ácidos grasos libres mediante saponificación y centrifugación, se desodoriza al destilar compuestos aromáticos, y se blanquea filtrando al aceite, eliminando pigmentos. No obstante, durante este

procedimiento, es posible que se reduzcan las concentraciones de ácidos grasos insaturados en forma de triacilglicéridos por reacciones secundarias o imprecisiones de las técnicas físicas. Es así como el equipo de investigación plantea la pregunta de ¿cómo varía el perfil lipídico de dos muestras de aceite de maíz, uno extraído y otro industrial? Asimismo, se plantea la pregunta de ¿son retenidos los ácidos hidroxámicos del maíz al extraer su aceite?

Pregunta investigable

¿Cómo varía el perfil lipídico de dos muestras de aceite de maíz, uno extraído y otro industrial? Asimismo, ¿cuán eficiente es el aceite de maíz como antibacterial basándose en la presencia de ácidos hidroxámicos en éste?

Hipótesis

El equipo de investigación plantea que, debido al carácter del aceite de maíz industrial y los tratamientos que éste recibe, el aceite de maíz extraído poseerá una mayor cantidad de ácidos grasos insaturados. También, se plantea que el aceite de maíz no será un buen antibacterial, pues, al extraer el aceite, los ácidos hidroxámicos del maíz no son retenidos, dado que éstos no se hallan en el germen del maíz.

Objetivos:

- Determinar el valor nutricional del aceite de maíz extraído en comparación al aceite de maíz industrial, basándose en su perfil lipídico.
- Observar la retención de los ácidos hidroxámicos derivados del DIMBOA del maíz al extraerle el aceite, y determinar el poder antimicrobiano de los mismos empleando *Bacillus licheniformis*.

Fundamento teórico:

El maíz, o *Zea mays L.* es una especie de la familia graminæ, o gramíneas, del gen *Zea*, caracterizado por ser uno de los alimentos más cultivados en el planeta, siendo alcanzado únicamente por el arroz y el trigo. Se emplea, generalmente, en la alimentación humana, en forma de aceites, almidón, harinas, grano y productos derivados, en la alimentación animal, en la forma de granos o harina, tallos y grano para alimento en verde, o ensilado, zuros triturados como alimentos vacunos y engorde de cerdos y aves. Asimismo, es utilizado como abono agrícola, dado que sus tallos pueden ser triturados y posteriormente agregados al suelo, mejorando así el estado del mismo. Finalmente, puede ser utilizado de forma industrial, específicamente en la producción de energía, pues dos toneladas de maíz equivalen aproximadamente a una tonelada de carbón. También, es empleado en la industria papelerá, en la industria textil, en la obtención de petróleo furfural, como materia prima fundamental en ciertas bebidas alcohólicas, en jarabes y endulzantes, y en la fabricación de cervezas y ciertos whiskys (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, s.f.). A nivel químico, el maíz está compuesto en principal medida por proteínas, glúcidos, en los que se destaca el almidón, y triacilglicéridos, cuyos ácidos grasos son principalmente insaturados, dado su carácter de vegetal (Cortez, Wild-Altamirano, 1972). Con tal de eliminar impurezas, como lo son los fosfolípidos, pigmentos o ácidos grasos libres, el maíz, al extraer su aceite, sufre un proceso de refinamiento. Éste consta de la neutralización de los ácidos por acción de hidróxido de sodio, dando así una reacción de saponificación. Al precipitar los jabones, éstos son separados empleando una centrifuga. La desodorización,

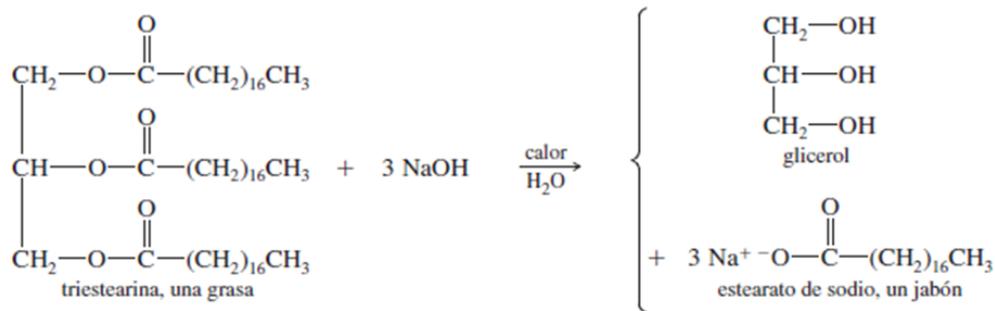


Imagen n°1, reacción de saponificación de la triestearina (Wade, 2012).

proceso posterior a la neutralización, consta de la destilación de compuestos aromáticos a altas temperaturas y presión, siendo retirados por condensadores barométricos; sistemas de vacío (Verleyen, Sosinka, Ioannidou, Verhe, Dewettinck, Huyghebaert, De Greyt, 2002). Finalmente, se le somete al proceso de blanqueo, en el cual se eliminan los pigmentos del aceite mediante filtración con filtros de presión verticales (Henan Kingman M & E Complete Plant Co., Ltd., 2012). Con tal de extraer el aceite del maíz, pueden realizarse una gran variedad de técnicas. De ellas, la más relevante en la práctica es la extracción sólido-líquido, o extracción Soxhlet. La técnica consiste en la separación de la extracción de un componente por acción de la temperatura, así como de un solvente cuya afinidad por el analito a separar es mayor que en la que se encuentra (Luque de Castro, Priego-Capote, 2009). El perfil lipídico del *Zea mays L.*, así como la concentración en la que se encuentran los distintos ácidos grasos que componen sus triacilglicéridos, varía según el genotipo del maíz. En la actualidad, existen cuatro genotipos “principales” de *Zea mays L.*: el maíz normal bajo en aceite, el maíz normal alto en aceite, el maíz de alta calidad de proteína, y el maíz dulce (Sanjeev, Chaudhary, Sreevastava, Saha, Rajederan, Sekhar y Chikkappa, 2014). De éstos, en Uruguay, el maíz normal bajo en aceite, con un contenido de aceite que oscila entre el 3 % al 5 %, es el más consumido (Cuitiño, 2018). Éste, a su vez, posee como ácidos grasos principales, al ácido palmítico [C16:0] en un porcentaje de 12,61 %, al ácido esteárico [C18:0] como 6,04 %, al ácido oleico [C18:1] en un 46,61 %, al ácido linoleico [C18:2] en un 33,00 %, y trazas de ácido linolénico [C18:3], cuyo porcentaje no sobrepasa al 0,10 % (Sanjeev et al, 2014). La estructura y propiedades de estos ácidos grasos se hallan en la tabla a continuación.

| Nombre del ácido | Estructura del ácido | Porcentaje encontrado en el maíz |
|--------------------------|----------------------|----------------------------------|
| Ácido palmítico [C16:0] | | 12,61% |
| Ácido esteárico [C18:0] | | 6,04% |
| Ácido oleico [C18:1] | | 46,61% |
| Ácido linoleico [C18:2] | | 33,00% |
| Ácido linolénico [C18:3] | | <0,10% |

Tabla n°1, nombre, estructura de los ácidos grasos del maíz, y porcentaje de los mismos.

Cabe destacar que los porcentajes presentes son un promedio, por ende, éstos tienden a oscilar según el maíz empleado. Todos los ácidos grasos forman parte del grupo de los lípidos.

Los lípidos, funcionalmente hablando, son grupos de compuestos constituidos principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno enlazados, formando así cadenas tanto alifáticas como aromáticas. Pueden contener también fósforo, así como nitrógeno. Éstos son no solo una fuente de energía de extrema importancia, dado que generan un promedio aproximado de 9 kcal por gramo consumido, variando conforme se alteran los compuestos, sino que, además, cumplen funciones estructurales en la célula, algunos son ácidos grasos de suma importancia biológica, vitaminas, hormonas, o incluso pigmentos (Badui, 2006). Debido a la gran variedad de aplicaciones biológicas que este grupo posee, es posible establecer que éstos son compuestos de suma importancia biológica.

Como fue previamente establecido, estos compuestos pueden ser clasificados en lípidos polares y neutros, basándose en su polaridad, en lípidos esenciales y no esenciales, basándose en su importancia para la vida humana, en saponificables y no saponificables, si es posible producir jabón a partir de éstos, o en simples, complejos o asociados, basándose en su estructura (Akoh y Min, 2008). Esta última es, habitualmente, la clasificación utilizada comúnmente. Divide a los lípidos en tres categorías extensas: los lípidos simples, los cuales concierne a las grasas y aceites, así como las ceras, los lípidos compuestos, que incluyen a los fosfoglicéridos, los glucolípidos y las lipoproteínas, y los lípidos asociados, que incluyen a los ácidos grasos, los pigmentos, las vitaminas liposolubles y los esteroides (Badui, 2006).

Todos los aceites y grasas se encuentran formados en su totalidad por triacilglicéridos; ésteres carboxílicos de ácidos grasos y glicerol, y parte del grupo de los glicéridos. La gran mayoría de variaciones en las propiedades físicas de los aceites y grasas proviene de la variación de dichos ácidos enlazados al glicerol (Akoh y Min, 2008). Estos ácidos grasos pueden ser tanto saturados como insaturados. Los ácidos grasos saturados son aquellos ácidos grasos que no presentan insaturaciones, es decir, que poseen únicamente enlaces simples dentro de su cadena carbonada. Su punto de fusión es superior al de los ácidos grasos insaturados, debido a su mayor estabilidad química, así como también su mayor “flexibilidad” de cadena. Son los ácidos grasos más hallados dentro de las grasas. Inversamente, los ácidos grasos insaturados son aquellos ácidos grasos que presentan enlaces dobles o triples, siendo estos primeros, los más comunes. Dada sus insaturaciones, son propensos a la saturación. Son los ácidos grasos más hallados dentro de los aceites, y su punto de fusión disminuye conforme incrementa la cantidad de insaturaciones (Badui, 2006).

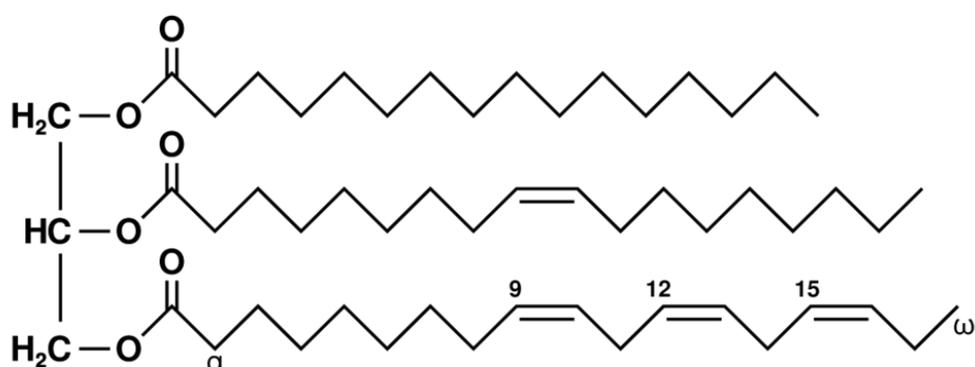


Imagen n°2, triglicérido insaturado α -palmito- β -oleo- α 'linolenato de glicerilo. <https://es.wikipedia.org/wiki/Triglicérido>

Para el químico de alimentos, la determinación de la composición de los ácidos grasos de un producto suele resultar ardua, dado que éstos pueden contener una mezcla compleja de ácidos grasos saturados, insaturados y poliinsaturados, cada uno con una gran variedad en la longitud de sus cadenas

carbonadas. Con tal de facilitar dicho análisis, se emplean instrumentos o elementos, como lo son las cromatografías (Buchanan, 2011).

La cromatografía es, esencialmente, el método físico de fraccionamiento en el que los componentes a separar son distribuidos en dos fases: un hecho estacionario, cuyo desarrollo superficial es amplio, y la otra de un fluido el cual atraviesa el lecho estacionario. Esta última es denominada fase móvil. En todo proceso cromatográfico, es la fase móvil la que permite el movimiento de las distintas especies para que abandonen el medio, y la fase estacionaria, la que provee el efecto retardador y estacionario para cada componente, lo que condiciona que cada uno de ellos se desplace a velocidades distintas. Esta técnica posee características tanto cualitativas como cuantitativas. El término cromatografía procede de la palabra griega *chroma-* que significa color y *-graphiein* que significa escribir. El primer uso registrado de la cromatografía en columna se le otorga al científico ruso Mikhail Tsvet que trituró carbonato de calcio en un tubo y posteriormente agregó hojas de una planta verde homogeneizadas, seguido de un solvente orgánico. Tsvet demostró bandas de colores separadas a medida que el solvente pasaba a través del tubo. Así es como la práctica de cromatografía comenzó, separando con éxito varios pigmentos de las hojas (Smith, 1969). El proceso cromatográfico ocurre dados los actos repetidos de adsorción y desadsorción acontecidos a medida que los componentes de la muestra a analizar se desplazan sobre el hecho estacionario, mientras que la separación ocurre debido a las diferencias en las constantes de distribución o repartición de los componentes individuales (Poole y Poole, 1991).



Imagen n°3, Mikhail Tsvet, primer usuario registrado de la cromatografía.
https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mikhail_Tsvet.jpg

La mezcla a separar y analizar, en la cromatografía, puede ser tanto un gas, como puede ser también un líquido o un sólido. Todo lo que es requerido para realizar la técnica es que los componentes de la misma sean estables, que tengan una presión de vapor de aproximadamente 0,1 torr a temperatura operacional, y que interactúen con el o los materiales de la columna, la cual puede ser un sólido adsorbente, o una fase líquida estacionaria, y de la fase móvil. El resultado de esta interacción es la distribución diferencial de los componentes de la muestra entre dos fases, lo que a su vez resulta en la separación de los mismos en zonas y/o bandas. El principio que gobierna la separación cromatográfica es la fundación de casi todos los métodos físicos de separación, como lo son la destilación y la extracción líquido-líquido (Poole y Poole, 1991).

Dado que la fase móvil puede ser tanto un líquido como un gas, mientras que la fase estacionaria puede ser un líquido o sólido, la cromatografía puede ser clasificada en dos grandes grupos: la cromatografía

de gases (GC), y la cromatografía de líquidos (GL), siendo esta primera dividida en cromatografía de gas-líquido (GLC) y cromatografía de gas-sólido (GSC). La cromatografía de líquidos, por otro lado, puede ser subdividida en las cromatografías líquido-sólido (LSC), las cromatografías líquido-líquido (LLC), las cromatografías de intercambio iónico (IEC) y las cromatografías de exclusión (EC) (Smith, 1969). La principal distinción entre estas metodologías cromatográficas principales se halla en las propiedades de su fase móvil. En el caso de las cromatografías de gases, la fase móvil resulta ser un gas inerte, ya sea noble o, alternativamente, que no interfiera en el proceso. Por otro lado, la fase móvil de la cromatografía líquida es, como su nombre lo indica, un líquido, específicamente de baja viscosidad. En la gran mayoría de los casos, la fase estacionaria es un polvo poroso y granular, empaquetado en la forma de un hecho homogéneo con forma de columna, denominado de la misma manera. Debe poseer la capacidad de aguantar las presiones y temperaturas de trabajo (Poole y Poole, 1991). Durante el proyecto, la técnica cromatográfica de mayor relevancia fue la cromatografía de gas-líquido.

La cromatografía de gases es, sin lugar a dudas, una de las técnicas más importantes en el mundo de la química analítica moderna, y el impacto que ésta causó tras su primera descripción fue inmenso. Además de ser aplicada en la química analítica, posee aplicaciones en una miríada de campos más, por ejemplo, la medicina, la biología, las ciencias ambientales e incluso la industria. La técnica consta de una cromatografía en la que la muestra es separada por distribución entre la fase estacionaria y la móvil por adsorción en el caso de la cromatografía gas-sólido, partición, en el caso de la cromatografía gas-líquido, o una combinación de los dos (Smith, 1969).

Como ya fue establecido, para realizar una cromatografía de gases, una cantidad minúscula de muestra a separar es inyectada en lo que se denomina un cromatógrafo de gases, el instrumento clave de la técnica. El mismo consta de un complejo sistema en el que una columna de cromatografía es colocada dentro de un horno de cromatografía, cuya temperatura de trabajo no supera los 400 °C, y su función es la de mantener la columna termostata a una temperatura fijada, así como también permitir la separación de los componentes de la muestra conforme ésta pasa por la columna (Agilent Technologies®, 2011). Éste, a su vez, se encuentra conectado a dos tanques, uno que contiene aire, y otro que contiene un gas portador inerte, como lo son los gases nobles, o, alternativamente, un gas que no reaccione con la muestra. El cromatógrafo de gases tiene también una trampa de oxígeno, la cual, junto al concentrador de purga, incrementa la eficiencia en la extracción y concentración de los compuestos orgánicos volátiles, tanto de líquidos como de sólidos, lo que, por consiguiente, incrementa también la sensibilidad del cromatógrafo de gases (AGS Analítica, s.f.). Finalmente, el sistema posee un detector. De ellos, el más común es el sistema FID, o Detector por Ionización de Llamas. El mismo consta de una llama de dihidrógeno, colocada sobre el extremo de la columna en el que no se halla el inyector. Responde correctamente a los compuestos que contienen carbono e hidrógeno, más no al agua, al aire, al dióxido de carbono, al amoníaco, al dióxido de azufre, y a la gran mayoría de gases portadores de cromatografía de gases (Shellie, 2013). Al alcanzar la llama, al menos un electrón del analito se excita, volviendo momentáneamente ionizado. Los electrones excitados generan una corriente eléctrica, la cual es captada por un electrodo colector, lo que genera una señal captada por el amplificador, el cual envía la información al registro (Houck y Siegel, 2010). A continuación se muestra un esquema del sistema de cromatografía de gases.

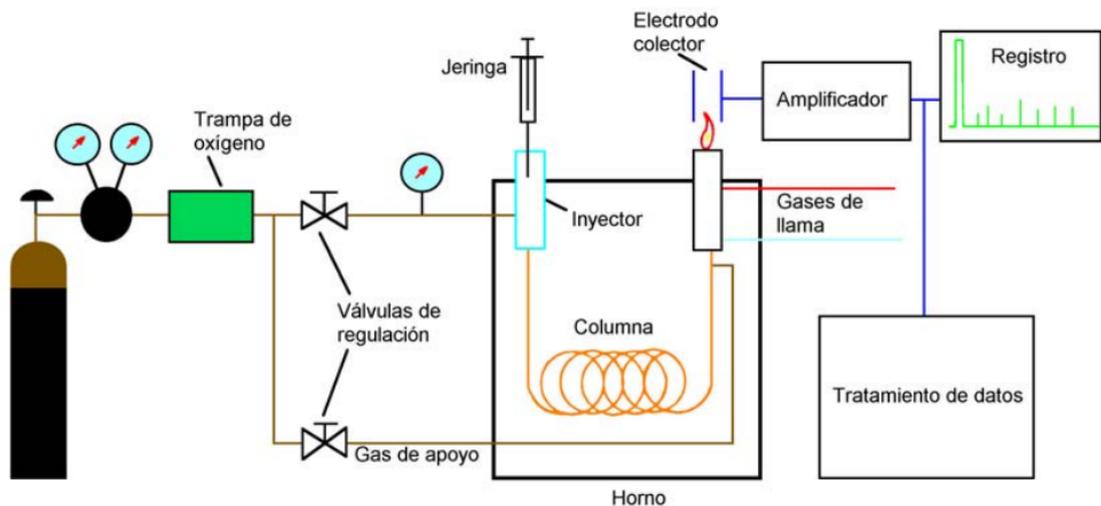


Imagen n°4, esquema de un cromatógrafo de gases con el sistema FID como detector.
https://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/investigacion/cromatografia/cromatografia_de_gases.pdf

Toda la información obtenida de un experimento cromatográfico de gases se encuentra contenida en el cromatograma, un registro de la concentración o el perfil de masa de los componentes de la muestra, basados en el movimiento de la fase móvil. Esta información incluye la indicación de la complejidad de la composición de la muestra, basándose en la cantidad de picos observados, la identificación cualitativa de los componentes de la muestra, basándose en la determinación precisa de los picos, cuándo aparecen y cómo aparecen, la evaluación cuantitativa de la concentración relativa de los componentes, basada en el área que los picos cubren en el cromatograma, y, finalmente, información fundamental sobre el rendimiento de la columna, si se realizó sobre una (Poole, 1991).

Los cromatógrafos de gases pueden ser utilizados en el análisis de ácidos grasos, tanto en forma de ácidos grasos libres, así como en su forma de ésteres metilados de ácidos grasos. Existen múltiples factores que alteran la opción a elegir. Para las cadenas carbonadas de corta longitud, de mayor volatilidad, son típicamente analizados como ácidos grasos libres, resultando en la ventaja de una mayor facilidad en la preparación del producto. Para las cadenas de larga longitud, o triglicéridos, suele hidrolizarse la molécula, para, acto seguido, metilar los ácidos grasos (Buchanan, 2011). El proceso de hidrólisis de triglicéridos puede realizarse de varias formas. Entre ellas, la hidrólisis enzimática y la hidrólisis ácida son las más notables, siendo esta última realizada durante la práctica. La técnica de hidrólisis consta de la separación de dos o más unidades de una molécula de tamaño considerable al romper los enlaces que la componen por acción de un reactivo. En el caso de los triglicéridos, ésta ocurre por la ruptura del enlace éster, formando como productos las unidades básicas de éstos: glicerol y ácidos grasos (Ngaosuwan, Lotero, Suwannakarn, Goodwin Jr., Praserthdam, 2009). La hidrólisis juega un papel fundamental en la técnica de metilación, pues sin separar los ácidos grasos previamente, la misma se dificulta increíblemente (Liu, 1994). La técnica consta de la síntesis de ésteres metílicos de ácidos grasos en una reacción catalizada por un ácido o una base, en la que reaccionan ácidos grasos libres y metanol, en una reacción dada de la siguiente manera:

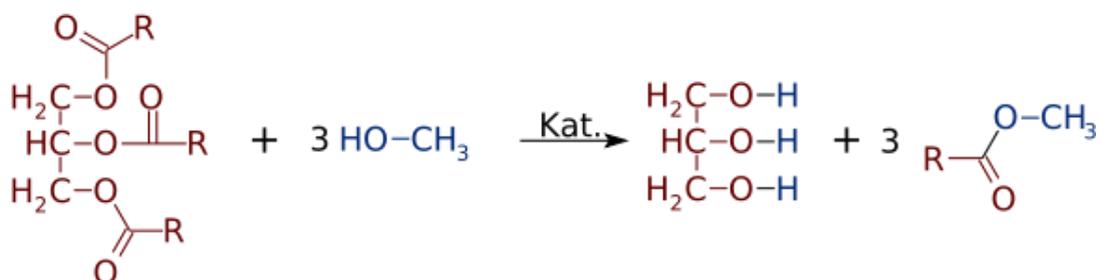


Imagen n°5, reacción de metilación de un triacilglicérido.
https://en.wikipedia.org/wiki/Fatty_acid_methyl_ester#/media/File:Transesterification_FAME.svg

Realizar este procedimiento posee la ventaja de que, en su forma metilada, los ácidos grasos son más fáciles de manipular y analizar, dado que, de otra forma, son compuestos bastante polares, lo que genera la formación habitual de enlaces de hidrógeno, que acarrea como consecuencia diversas complicaciones al momento de ser adsorbido. Al reducir su polaridad, ergo, metilarlo, se facilita su cromatografía. Asimismo, la metilación permite la neutralización del grupo carboxilo de los ácidos grasos. Esto, a su vez, posibilita la determinación de las diferencias sutiles entre los ácidos grasos insaturados. Asimismo, le permite a la columna química realizar las separaciones por elución del punto de ebullición, así como determinar el cuadro, la posición, e incluso la configuración cis o trans de la insaturación (Buchanan, 2011).

Muchos cereales, el maíz incluido, acumulan ácidos hidroxámicos, los cuales emplean como método de defensa de la planta contra una gran variedad de hongos, bacterias e insectos. Los ácidos hidroxámicos son una clase de compuestos orgánicos, definidos por la estructura $RC(O)N(OH)R'$, siendo R y R' cadenas carbonadas orgánicas, y el grupo CO, un grupo carbonilo. Son amidas, y el grupo amido se encuentra enlazado a un grupo hidroxilo. Habitualmente son preparados mediante ésteres con sales de hidroxilamina (Munson, 1992). La 2,4-dihidroxi-7-metoxi-1,4-benzoaxazina-3-ona, denominada habitualmente como DIMBOA, es uno de los de los ácidos hidroxámicos cíclicos principales en los extractos acuosos de maíz. Tanto DIMBOA como sus derivados, 2-benzoxazolinona, o BOA, 6-cloro-2-benzoxazolinona, o CDHB y 2-mercaptobenzotiazol o MBT. Estos compuestos afectan al crecimiento bacteriano de manera significativa: reducen la formación de biofilm, e inhiben la motilidad de las mismas en 24 horas (Long, Dunn, Bowman, Routley, 1977).

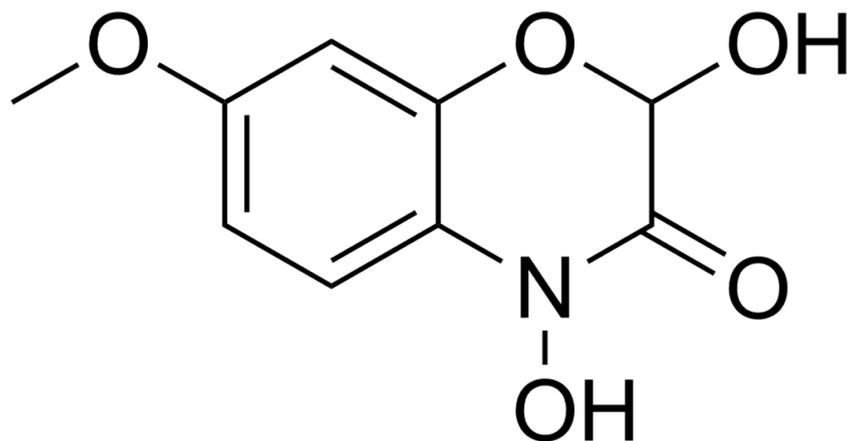


Imagen n°6, estructura del ácido hidroxámico DIMBOA. <https://es.wikipedia.org/wiki/DIMBOA#/media/Archivo:DIMBOA.png>

Todos estos compuestos conforman parte del grupo de las benzoxazinonas: ácidos hidroxámicos cíclicos hallados en una miríada de especies de plantas. Las concentraciones en las que los ácidos hidroxámicos son hallados en las plantas disminuyen conforme la planta envejece (Munson, 1992). Asimismo, su concentración también se encuentra ligada a diversos factores ambientales en los que se encuentra la planta. Una deficiencia de hierro en el suelo ocasiona un incremento en la concentración de ácidos hidroxámicos en el maíz. Por otro lado, la temperatura altera también las concentraciones de estos ácidos en las plantas. Dependiendo de la especie, ésta aumenta o disminuye conforme decrece la temperatura a la que se encuentra la planta. En el caso del maíz, ésta disminuye (Mayoral, 1995).

Como fue previamente establecido, los ácidos hidroxámicos se encuentran implicados en los mecanismos de defensa de las plantas, específicamente los cereales, contra distintos factores, tanto bióticos como abióticos. En el caso de los insectos, como pueden ser los *Ostrinia nubilalis*, o taladros del maíz, las benzoxazinonas, específicamente el DIMBOA, actúa como disuasorio para éstos, evitando los daños que puedan causar. Asimismo, en el caso de los hongos y las bacterias, los ácidos hidroxámicos se encargan en cierta medida de la detoxificación de herbicidas y plaguicidas, y algunos de los productos de su degradación presentan actividad alelopática, influyen en el crecimiento de la planta, generando una retroalimentación

positiva en la que, conforme se degradan los ácidos, la planta crece, sintetizando más ácidos en el proceso (Mayoral, 1995).

En Uruguay existen serios problemas relacionados con la nutrición. El Ministerio de Salud Pública señala que en el país persisten condiciones elevadas de desnutrición. La alimentación no saludable y el bajo nivel de actividad física constituyen dos de los principales factores de riesgo para la salud de la población uruguaya en la actualidad. Las prácticas saludables en alimentación comienzan desde la gestación y continúan durante las edades tempranas con la lactancia materna que tiene efectos a largo plazo en la salud reduciendo, por ejemplo, el riesgo de tener sobrepeso u obesidad y de padecer enfermedades no transmisibles (ENT). El aumento del consumo de productos ultraprocesados (PUP), la urbanización y el cambio en los estilos de vida han llevado a modificaciones en los patrones de alimentación. Actualmente, se consume una alimentación con alto contenido energético, de grasas, azúcares libres y sodio, y escasas frutas y verduras (Organización Panamericana de la Salud, 2015). En el país, la alimentación es una problemática de creciente preocupación. La obesidad se encuentra en exponencial crecimiento a nivel global, y nuestro país no es excepción. Es sabido que la obesidad, además de ser una enfermedad, constituye uno de los principales factores de riesgo en cuanto al desarrollo de enfermedades no transmisibles (ENT) trata, como lo son las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, las enfermedades respiratorias crónicas y la diabetes (Organización Mundial de la Salud, 2021).

En los niños, las condiciones de sobrepeso y obesidad acarrea consecuencias instantáneas, así como también en su desarrollo. En la infancia, son expuestos a mayor riesgo de desarrollar distintas enfermedades, como lo son complicaciones musculoesqueléticas y ortopédicas, así como también la aparición temprana de diabetes de tipo 2 y otras ENT, así como también emocionales y de comportamiento como depresión, entre otros (Organización Mundial de la Salud, 2021). Asimismo, la obesidad en la niñez incrementa las posibilidades del individuo a sufrir de bullying, reduciendo el rendimiento académico. También, es un indicador de alta fiabilidad de obesidad en la edad adulta (Griffiths, Wolke, Page, Horwood, 2005).

Basándose en las cifras realizadas por la ENDIS en 2018, el 12 % de los niños menores a 5 años en el país presenta sobrepeso u obesidad, y un 27,9 % está en riesgo de sobrepeso. En niños de 8 a 9 años, el riesgo de sobrepeso ronda los 18,6 %, y en niños de 10 a 11 años, ronda los 26,2 % (ENDIS, 2018). En adolescentes de rango de edad de 13 a 15 años, el porcentaje de riesgo de obesidad promedia los 36,3 % (Ministerio de Salud Pública de Uruguay, 2019). En hombres de 15 a 24 años, estas cifras promedian en 37,3 %, siendo éste 39,1 % para mujeres del mismo rango de edad, promediando entonces en 38,5 %. Finalmente, para hombres cuyo rango de edad se encuentra entre los 25 y 64 años, el porcentaje promedia en 68,3 %, mientras que en mujeres, éste es de 61,8 % (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

Medidas de seguridad:

Emplear equipo de protección personal: Túnica de laboratorio, guantes de seguridad, gafas de seguridad. Trabajar bajo campana para las sustancias que lo necesiten: ácido clorhídrico concentrado, cloroformo concentrado, hexano, éter de petróleo, éter dietílico concentrado, ácido acético glacial. Conservar en heladera las sustancias que lo requieran: metanol, cloroformo, éter de petróleo, éter dietílico. Tener sumo cuidado al trabajar con el cultivo de *Bacillus licheniformis*, y al manipular los mecheros Bunsen. Retirar los guantes de seguridad al manipular el fuego.

Materiales y sustancias:

Determinación del perfil lipídico del *Zea mays*

Materiales

- Extractor de Soxhlet
- Balón de fondo redondo 500 mL
- Refrigerante Soxhlet
- Manta calefactora
- Cromatógrafo de gases Agilent Technologies® 7820A
- Mortero
- Papel de filtro
- Placa de agar
- Probeta de (250 ± 2) mL
- Plancha calefactora
- Escobillas
- Columna Agilent DB-225 20 m x 0,1 mm; 0,10 µm.
- Balanza analítica
- Espátulas
- Vasos de Bohemia
- Microjeringa de (5,00 ± 0,01) µL

Sustancias y soluciones

- Metanol (CH₃OH) 0,05 %.
- Ácido clorhídrico (HCl) concentrado
- Cloroformo (CHCl₃) concentrado
- Sulfato de sodio (Na₂SO₄) anhidro
- Supelco® Component FAME Mix patrón analítico, 10 mg/mL en cloruro de metileno (variado).
- Hexano (C₆H₁₄) concentrado
- Éter de petróleo
- Éter dietílico ((C₂H₅)₂O) concentrado
- Ácido acético (CH₃COOH) glacial

Determinación del poder antimicrobiano del *Zea mays*

Materiales

- Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- Vasos de Bohemia de 150 mL
- Placas de Petri
- Ansas de siembra
- Mecheros Bunsen

Sustancias y soluciones

- Agar
- Cristal violeta (C₂₅H₃₀ClN₃) en solución
- Lugol (I₂) en solución
- Etanol (C₂H₅OH)
- Safranina (C₂₀H₁₉ClN₄) en solución
- Aceite de maíz extraído

Procedimiento:

Extracción del aceite del maíz por Soxhlet

- 20,6126 g de maíz fueron medidos. Dicha muestra fue previamente tratada empleando una procesadora, con tal de incrementar la superficie de contacto.
- En tándem, tres sistemas de extracción Soxhlet fueron preparados.

- 250,0 mL de éter de petróleo, medidos en probeta, fueron introducidos a los sistemas, a modo de solvente.
- Ya introducido el solvente, el calentamiento, y por ende la extracción, fue comenzada. Ésta fue mantenida durante cuatro horas.
- Una vez finalizada la extracción, las muestras fueron unidas, y destiladas empleando un rotaevaporador, de forma que el aceite de maíz y éter de petróleo hayan sido separados.

Preparación de la muestra para determinación del perfil lipídico empleando cromatógrafo de gases

- 20 mg de aceite de maíz extraído fueron tomados, e introducidos en un tubo de vidrio de rosca.
- 3,0 mL de una solución de metanol, ácido clorhídrico y cloroformo (10:1:1) fue adicionada al tubo de vidrio.
- El tubo fue calentado en baño de agua a 90 °C durante dos horas.
- Ya caliente, el tubo fue dejado enfriar, y 1,0 mL de agua destilada se le fueron adicionados.
- 2,0 mL de solución (4:1) de hexano:cloroformo fueron adicionados al tubo. Éste fue agitado y su reposo fue permitido hasta observar la separación de fases.
- La fase orgánica fue retirada con una pipeta pasteur. El paso anterior fue repetido dos veces más.
- 1,5 g de sulfato de sodio anhidro fueron adicionados. El contenido del tubo fue filtrado.
- El procedimiento en su totalidad fue repetido, empleando aceite de maíz industrial.

Determinación del perfil lipídico del maíz empleando cromatografía de gases

- La microjeringa del cromatógrafo fue enjuagada con hexano.
- 0,5 µL de la muestra fueron cargados e inyectados en el cromatógrafo de gases.
- Los tanques de aire y dinitrógeno fueron abiertos.
- El cromatógrafo de gases fue encendido. Luego de estabilizarse, el ordenador fue encendido.
- El programa GC7820 Online fue abierto.
- El modo “Download to instrument” fue seleccionado.
- La opción “Method, Run Control” fue seleccionada, y, acto seguido, “Sample info” también. La opción “Load Method” fue elegida, y se empleó la opción “FAME20140114”.
- Se navegó hasta Subdirectory, y las casillas “Signal 2” y “Sample name” fueron completadas con el nombre de la muestra.
- La opción de “Run Method” fue clickeada, y se esperó a que el cromatógrafo de gases haya indicado el estado de “STATUS: Ready for Injection”.
- La microjeringa fue preparada con la muestra, y ésta fue inyectada en el cromatógrafo.
- Una vez finalizada la corrida, la revisión del cromatograma fue guardada, y la operación fue repetida con otra muestra, desde el paso “Run Method”.
- Una vez finalizada la utilización del cromatógrafo de gases, la opción “Load Method”, y la opción de apagado fue clickeada.
- La práctica fue finalizada apagando el ordenador, y luego el cromatógrafo, finalizando con los tanques de aire y dinitrógeno.

Tinción de Gram para reconocimiento de bacterias.

- Empleando un mechero, un ansa de siembra fue flameada, llevada al rojo.
- El asa, fue tomada, y con ésta, la muestra fue tomada.
- Empleando el asa, la muestra fue colocada sobre un portaobjetos, estableciendo un contacto entre el agua previamente colocada sobre el portaobjetos y la muestra.
- El portaobjetos, ya con la muestra, fue acercada al fuego un mínimo de tres veces.
- El cristal violeta fue colocado en toda la muestra, permitiendo su reposo por un minuto.
- El excedente de cristal violeta fue retirado empleando agua destilada.
- Acto seguido, el lugol fue aplicado sobre la muestra, permitiendo su reposo por un minuto.

- El excedente fue retirado empleando agua destilada.
- Alcohol etílico 98 % fue colocado sobre el portaobjetos por un aproximado de 30 segundos.
- El exceso fue retirado empleando agua destilada.
- Safranina fue colocada sobre el portaobjetos, esparciéndose sobre la muestra.
- El excedente fue retirado empleando agua destilada.
- El agua fue secada empleando el mechero Bunsen.
- Finalmente, el portaobjetos fue colocado sobre el microscopio, empleando un aumento de x100, mojando al cubreobjetos con aceite de inmersión, para no dañar el lente.

Determinación de propiedades anti-microbianas del aceite de maíz.

- Un cultivo de colonias de *Bacillus Licheniformis* fue preparado.
- En tándem, las placas de agar fueron preparadas, haciendo agujeros en el agar de las mismas para cada muestra de aceite.
- 100 µL del aceite de maíz fueron colocados en cada placa de Petri, y éstas fueron dejadas en una incubadora a 37 °C.
- Las placas fueron retiradas de la incubadora, y los halos de inhibición fueron observados y medidos.

Tratamiento de datos y resultados:

Orden de difusión de ácidos grasos en el cromatograma

| Cantidad de átomos de carbono presentes en la cadena carbonada e insaturaciones | Tiempo de difusión en el cromatograma [minutos] | Cantidad de átomos de carbono presentes en la cadena carbonada e insaturaciones | Tiempo de difusión en el cromatograma [minutos] |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| C4:0 | 3,173 | C18:2 TRANS | 12,579 |
| C6:0 | 4,393 | C18:2 CIS | 12,715 |
| C8:0 | 5,543 | C18:3 CIS G | 12,917 |
| C10:0 | 6,570 | C18:3 CIS | 13,186 |
| C11:0 | 7,043 | C20:0 | 14,143 |
| C12:0 | 7,552 | C20:1 | 14,369 |
| C13:0 | 8,080 | C20:2 | 14,860 |
| C14:0 | 8,711 | C20:3 | 15,128 |

| | | | |
|--------------------|--------|--------------|--------|
| C14:1 | 8,938 | C20:4 | 15,297 |
| C15:0 | 9,414 | C21:0 | 15,349 |
| C15:1 | 9,698 | C20:3 | 15,529 |
| C16:0 | 10,279 | C20:5 | 16,009 |
| C16:1 | 10,494 | C22:0 | 16,855 |
| C17:0 | 11,116 | C22:1 | 17,208 |
| C17:1 | 11,425 | C22:2 | 17,956 |
| C18:0 | 12,157 | C:23 | 18,627 |
| C18:1 TRANS | 12,292 | C22:6 | 20,095 |
| C18:1 CIS | 12,355 | C24:0 | 20,972 |

Tabla n°2, tabla de órdenes de difusión de ácidos grasos en el cromatograma.

Condiciones de trabajo del cromatógrafo

| Condiciones de la entrada del inyector | |
|-----------------------------------------------|--------------|
| Temperatura | 300,0 °C |
| Presión | 35,057 psi |
| Flujo de la muestra por la columna | 25,22 mL/mín |
| Flujo de purga del inyector | 5,0 mL/mín |

Tabla n°3, condiciones de la entrada del inyector del cromatógrafo.

| Condiciones del detector FID | |
|-------------------------------------|--------------|
| Temperatura | 300,0 °C |
| Flujo del combustible | 30,00 mL/mín |
| Valor de la señal | 11,1 pA |

Tabla n°4, condiciones del detector FID del cromatógrafo.

Cromatograma del patrón analítico Supelco®

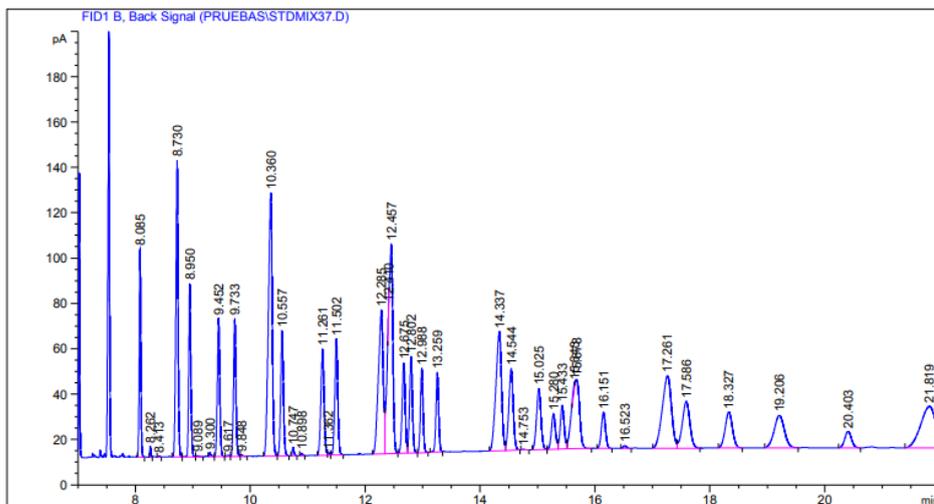


Imagen n°7, cromatograma del patrón analítico.

Cromatograma de aceite de maíz industrial

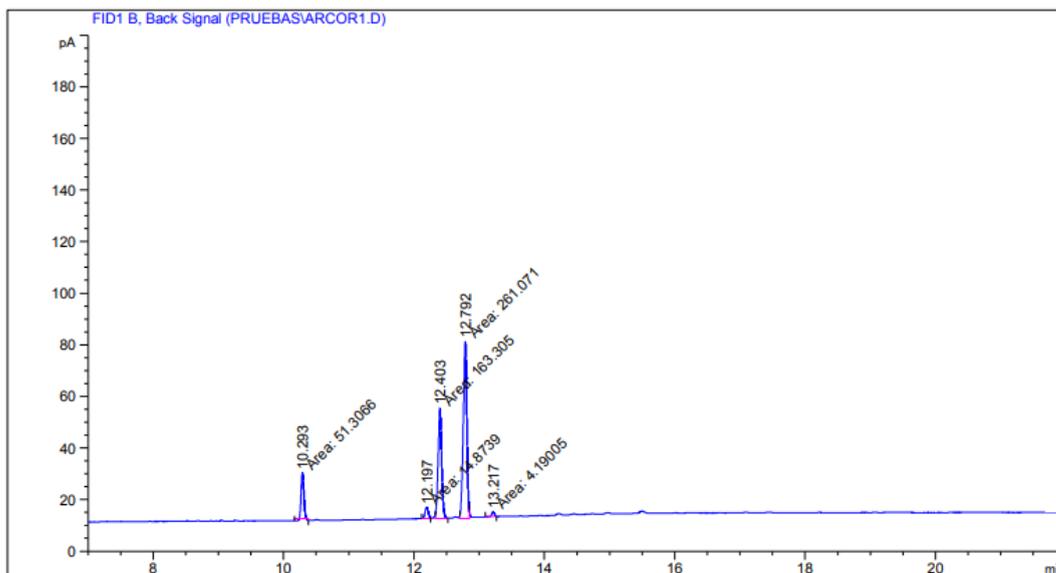


Imagen n°8, cromatograma del aceite de maíz industrial.

| Nº de pico | Tiempo de difusión [mín] | Área / Concentración (%) |
|------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 10,293 | 10,37028 |
| 2 | 12,197 | 3,00638 |
| 3 | 12,403 | 33,00775 |
| 4 | 12,792 | 52,76869 |
| 5 | 13,217 | 0,84691 |

Tabla n°5, datos extraídos del cromatograma del aceite industrial.

Cromatograma de aceite de maíz extraído I

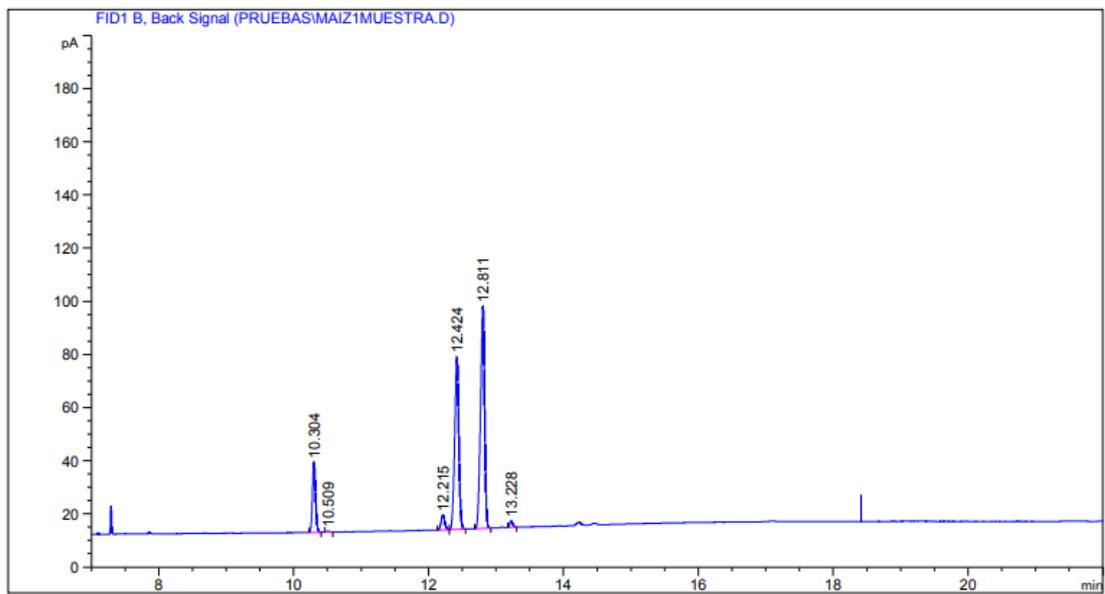


Imagen n°9, primer cromatograma del aceite de maíz extraído.

| Nº de pico | Tiempo de difusión [mín] | Área / Concentración (%) |
|------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 10.304 | 11,40157 |
| 2 | 10,509 | 0,15775 |
| 3 | 12,215 | 2,85618 |
| 4 | 12,424 | 37,15412 |
| 5 | 12,811 | 47,39098 |
| 6 | 13,228 | 1,03940 |

Tabla n°6, datos extraídos del primer cromatograma del maíz extraído.

Cromatograma de aceite de maíz extraído II

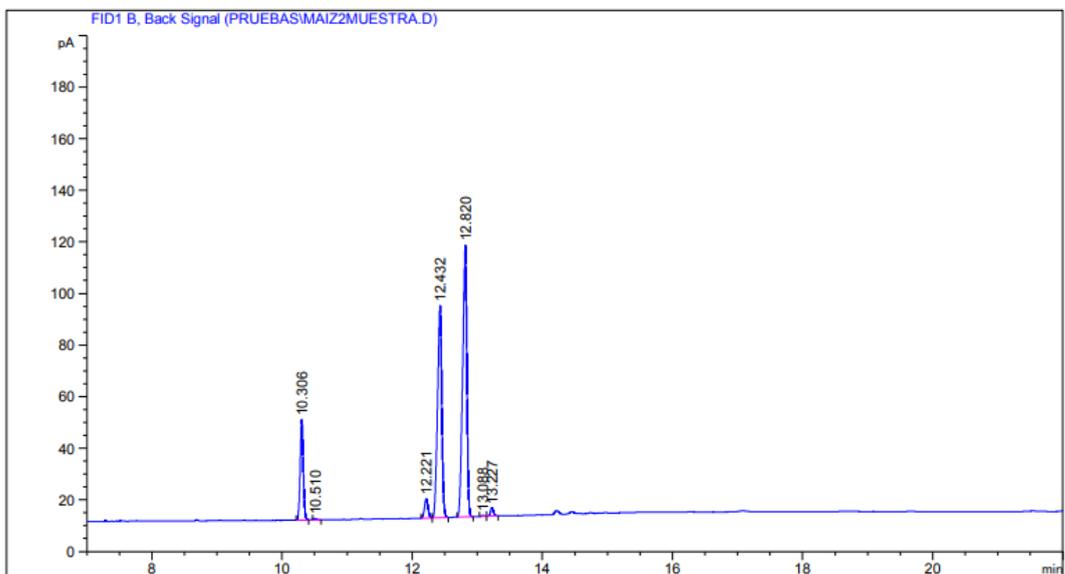


Imagen n°10, segundo cromatograma del aceite de maíz extraído.

| Nº de pico | Tiempo de difusión [mín] | Área / Concentración (%) |
|------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 10,306 | 12,71509 |
| 2 | 10,510 | 0,18695 |
| 3 | 12,221 | 2,85412 |
| 4 | 12,432 | 36,67994 |
| 5 | 12,820 | 46,43324 |
| 6 | 13,227 | 1,13067 |

Tabla n°7, datos extraídos del segundo cromatograma del maíz extraído.

Reconocimiento de bacterias mediante tinción de Gram

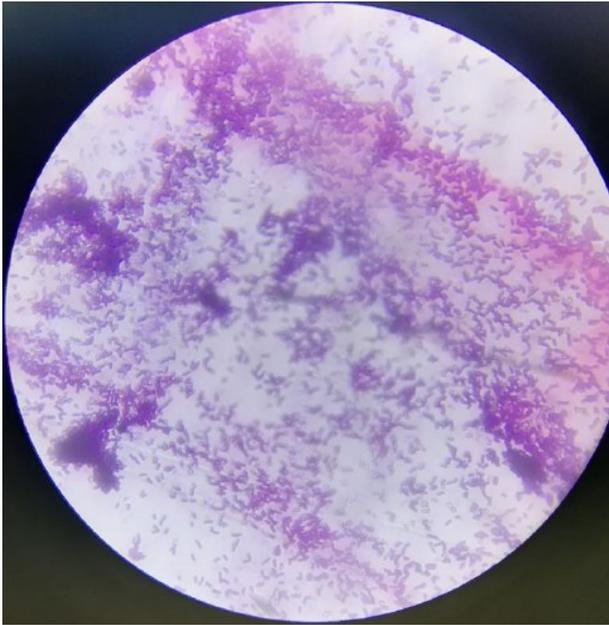


Imagen n°11, tinción de Gram de la siembra de *Bacillus licheniformis* previo al contagio del aceite de maíz extraído.

Determinación del poder antimicrobiano de los aceites de maíz



Imagen n°12, colonia de *Bacillus licheniformis* sembrada sobre aceite de maíz extraído.

Estudio sociológico de la alimentación en Pando

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1mqc9mQwNcPEawGvkFLECM4DY9EEs1IIUsbMukIXY5Y/edit?resourcekey#gid=1958737435>

El resto de gráficos se encuentran en Anexos.

¿Cuántos años tienes?

71 respuestas

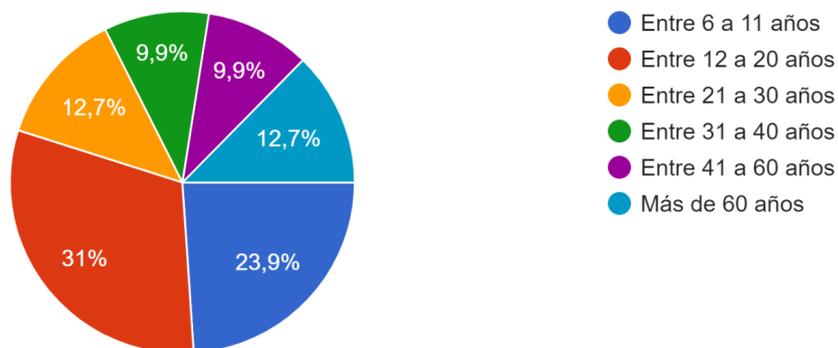


Gráfico n°1, rango de edades de los encuestados.

¿Con qué género te identificas?

71 respuestas

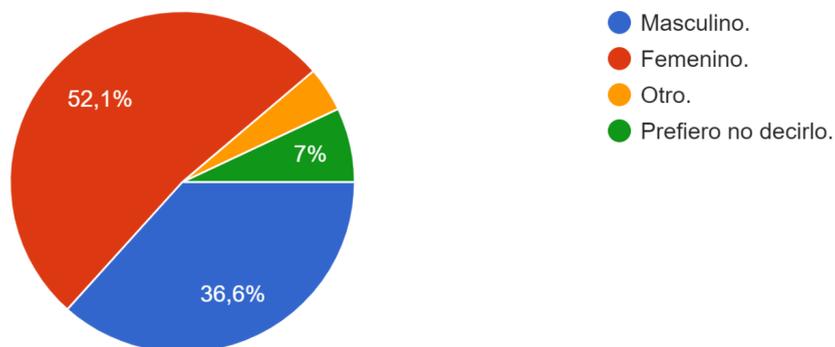


Gráfico n°2, identificación de género de los encuestados.

Durante los últimos 30 días, ¿con qué frecuencia usted desayunó?

71 respuestas

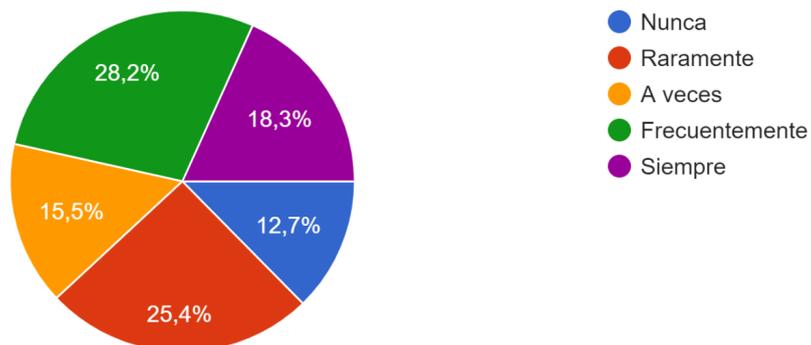


Gráfico n°3, frecuencia de desayuno de los encuestados.

Durante los últimos 30 días, ¿Cuántas veces al día usted comió verduras frescas?

71 respuestas



Gráfico n°4, frecuencia de consumo de verduras frescas.

Durante los últimos 30 días, ¿Cuántas veces al día usualmente comió frutas frescas?

71 respuestas

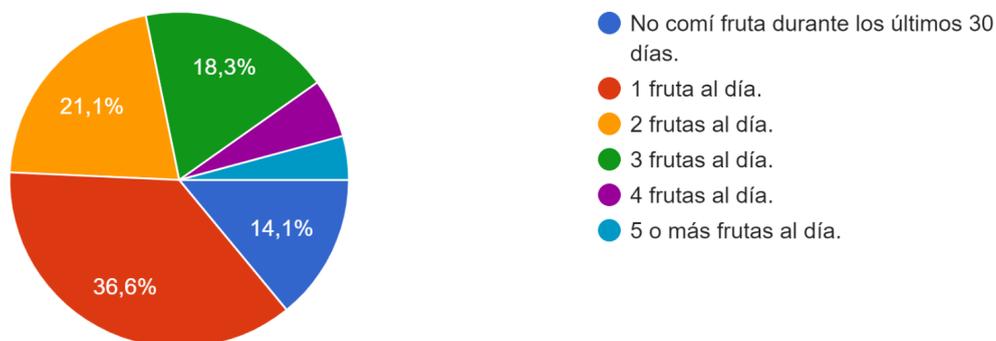


Gráfico n°5, frecuencia de consumo de frutas frescas.

Discusión de resultados:

Previo a la discusión de resultados, cabe destacar que el proyecto se dividió en tres grandes subsecciones: la determinación del perfil lipídico del maíz; así como su comparación con una muestra de aceite de maíz industrial, la determinación de la retención de los ácidos hidroxámicos del maíz al extraer su aceite, y el estudio sociológico de la alimentación de la ciudad de Pando en un amplio rango de edades.

Determinación del perfil lipídico del maíz y comparación con aceite de maíz industrial

Durante esta subsección, se realizó la determinación del perfil lipídico de dos muestras de aceite de maíz, uno extraído a partir de maíz orgánico, y otro industrial, mediante una metodología cromatográfica de gases. Para ello, en primer lugar se realizó la extracción sólido-líquido del aceite de maíz orgánico, utilizando tres sistemas Soxhlet. Una vez finalizada la extracción, la hidrólisis ácida y metilación de ambas muestras de aceite fue llevada a cabo en simultáneo. Para ello, se empleó una solución de concentración (10:1:1) de metanol, ácido clorhídrico y cloroformo. Como fue establecido en el fundamento teórico, la hidrólisis ocurre por la ruptura del enlace éster de los triacilglicéridos en una reacción en la que se adicionan átomos de hidrógeno, formando grupos hidroxilo. Dado que la solución de ácido clorhídrico empleada no fue anhidra, la reacción ocurrida fue una hidrólisis y metilación, más no una metanólisis. Esto quiere decir que no ocurre una única reacción, y que todos los ácidos grasos libres, generados por la hidrólisis, son inmediatamente metilados, dado que, además de haber actuado como agente de hidrólisis, el ácido clorhídrico también catalizó la reacción. Este proceso, como fue explicado en el marco teórico, es utilizado con tal de facilitar la cromatografía de gases de los ácidos grasos, pues, de los presentes en el maíz, según la literatura, es el ácido palmítico, el cual posee una cadena carbonada de 16 carbonos. En cuanto terminó la metilación, se realizó la extracción de los ácidos grasos metilados mediante el uso de una solución de hexano y cloroformo (4:1). Ésto ocurre debido a la diferencia de afinidades de los solventes. El metanol no es un solvente particularmente bueno para los ácidos grasos metilados, más no el hexano. Una vez finalizada la extracción, se empleó sulfato de sodio anhidro con tal de deshidratar la solución.

Para realizar la cromatografía de gases, se empleó un cromatógrafo de gases de detector por ionización de llama, o FID. Como gas portador, o fase móvil, se utilizó dinitrógeno, dado que, si bien no es un gas noble, éste no interfiere en la técnica, pues no reacciona con los ésteres metílicos de ácidos grasos. La columna empleada fue de sílice fundida, cuyo rango de temperatura varía entre los 40 °C a 260 °C, pues la temperatura de trabajo fue de 250 °C. En primer lugar, se realizó la cromatografía del patrón analítico, el cual, basándose en la tabla de orden de difusión de ácidos grasos en el cromatograma, poseyó todos los ácidos grasos relevantes,. Acto seguido, se realizó la cromatografía del aceite industrial. Éste demostró poseer un 10,37028 % de ácido palmítico (C16:0), un 3,00638 % de ácido esteárico (C18:0), un 33,00775 % de lo que se asume es ácido oleico (C18:1) de configuración trans, por aproximación en la tabla de órdenes de difusión, un 52,76869 % de ácido linoleico (C18:2) de configuración cis, y trazas de ácido linolénico (C18:3), con un porcentaje de 0,84691 %. Finalmente, se realizaron las cromatografías de ambas muestras del aceite de maíz extraído. Éstas demostraron poseer un 11,40157 % de ácido palmítico en el caso de la primera muestra, y un 12,71509 % en el caso de la segunda. Asimismo, la primera muestra denotó un 2,85618 % de una mezcla de ácido esteárico y ácido oleico de configuración trans, siendo el porcentaje presente en la segunda muestra de esta mezcla, de 2,85412 %. Los porcentajes de ácido linoleico de configuración trans fueron 37,15412 % en el caso de la primera muestra, mientras que, en caso de la segunda muestra, éste fue de 36,67994 %. En cuanto al ácido linoleico de configuración cis trata, la primera muestra denotó un porcentaje de 47,39098 %, mientras que la segunda muestra denotó un porcentaje del 46,43324 % para tal ácido. Ambas muestras demostraron poseer un porcentaje reducido de ácido linolénico de configuración cis, siendo éste, en el caso de la primera muestra, un 1,03940 %, y en el caso de la segunda, 1,13067 %. Finalmente, difiriendo del caso del aceite industrial, ambas muestras de aceite de maíz

extraído poseyeron concentraciones sumamente reducidas; 0,15775 % en el caso de la primera muestra y 0,18695 % en el caso de la segunda, de ácido palmitoleico (C16:1).

Como puede observarse, las concentraciones de los ácidos grasos presentes en el aceite industrial y el aceite extraído no varían considerablemente. Tanto en el caso del aceite industrial, como la primera muestra de aceite extraído, el ácido graso de mayor concentración resultó ser el ácido linoleico de configuración *cis*, mientras que en la segunda muestra, el ácido graso de mayor concentración fue el ácido linoleico de configuración *trans*. El motivo detrás de la variabilidad de las concentraciones entre ambas muestras del aceite extraído pudieron deberse al hecho de que, dentro de un aceite, las concentraciones de los ácidos grasos no es uniforme, y varía dependiendo de dónde haya sido extraído. Finalmente, fue posible observar que, si bien las concentraciones y el perfil lipídico como tal no varía mucho, el aceite industrial carece de un ácido graso insaturado que los aceites extraídos sí poseen: el ácido palmitoleico. Es probable que la razón por la cual ésto ocurre se atribuya a los procesos de refinamiento que sufre el aceite de maíz industrial.

Determinación de la retención de ácidos hidroxámicos del maíz al extraer su aceite

En esta subsección del proyecto, se realizó la observación del poder antimicrobiano del aceite de maíz, con tal de determinar la retención de los ácidos hidroxámicos del maíz, una de sus primeras líneas de defensa contra amenazas tanto bióticas como abióticas, al extraer su aceite. Para ello, se observó el poder antimicrobiano de una muestra de aceite de maíz extraído contra colonias de *Bacillus Licheniformis*. En primer lugar, se realizó un sembrado de distintas colonias de bacterias. Una vez finalizado, se empleó una tinción de Gram para realizar el reconocimiento de dichas colonias, siendo las *Bacillus L.* las buscadas. Ya reconocidas las bacterias, se procedió al contagio de la muestra, donde se agujereó el medio de cultivo, con tal de ser capaces de depositar en éste una cantidad mínima del aceite, y se realizó una siembra en duplicado alrededor de éste.

Como puede observarse en la foto nº12, una vez pasados 3 días de siembra, no fue posible observar ningún halo de inhibición que denote poder antimicrobiano. Ésto posee dos explicaciones. Es posible que, al extraer su aceite, éste no retenga al DIMBOA y sus derivados, razón por la cual no presenta poder antimicrobiano. Alternativamente, es posible que sí haya retenido los ácidos hidroxámicos, pero éstos sean incapaces de defender al maíz de los *Bacillus L.*

Estudio sociológico de la alimentación de la ciudad de Pando

Como era de esperarse, la gran mayoría de individuos que respondieron a la encuesta fueron jóvenes, de entre 12 y 20 años, representando un 30,4 % de los encuestados. Le siguieron individuos de entre 6 y 11 años, representando el 24,6 %. 13 % de los encuestados pertenecen al grupo de mayores de 60 años, 11,6 % de los encuestados pertenecen al rango de edad de entre 21 a 30 años, y, finalmente, 10,1% representaron el rango de entre 21 a 30 años, así como de entre 41 a 60 años. Asimismo, 53,6 % de los encuestados se identifican con el género femenino, mientras que 34,8 %, con el masculino. Asimismo, 4,3 % no se identifican con ningún género binario, y 7,2 % prefirieron no mencionar su género. Finalmente, la gran mayoría de éstos son estudiantes, siendo 43. 21 de los encuestados son trabajadores, 9 de ellos son desempleados, y 12 jubilados.

Al preguntar sobre la frecuencia con la que desayunaron en los últimos 30 días, se logró observar cómo una mayoría, el 27,5 %, establecieron que desayunan frecuentemente. En porcentaje, le sigue la respuesta de raramente, con 26,1 % de los encuestados respondiendo así. Finalmente, 18,8 % respondieron que siempre desayunaron, 14,5 % respondieron que a veces desayunan, y 13 % respondió que nunca desayunaron en el período de tiempo establecido. El no desayunar, u ocasionalmente desayunar, resulta alarmante, dado que ésta es establecida como la comida más importante del día, dado que acelera el metabolismo, entre otros beneficios. La falta de éste en las dietas de los encuestados denota una posible mala alimentación, probablemente ocasionada por una falta de interés en el tópico por parte del encuestado.

En cuanto al consumo de frutas frescas trata, la mayoría de encuestados; un 36,2 % de ellos, establecieron que comieron, en los últimos 30 días, un máximo de una fruta al día. 20,3 % establecieron que consumen un máximo de 2 frutas al día, y 18,8 % de ellos mantuvieron que comieron un máximo de 3 frutas. El 14,5 % de los encuestados estableció que no consumió ningún tipo de fruta en el período de tiempo establecido. Finalmente, un 5,8 % de los encuestados estableció que consumen la cantidad de porciones de fruta recomendada por la Organización Mundial de la Salud: 4 porciones al día, y un 4,3 % excedió dicha recomendación. Que solo un 10,1 % de los encuestados consuma las porciones recomendadas de fruta diarias complementa, de cierta forma, al hecho de que una baja cantidad de los mismos desayunan todos los días. Si bien la mayor cantidad de frutas es consumida a modo de colación durante el día, el segundo momento del día en el que se consumen más frutas es en el desayuno. Dado que más de la mitad de los encuestados no desayunan con frecuencia, es posible establecer que su bajo consumo de frutas se deba a ello.

Difiriendo con el consumo de frutas, el mayor porcentaje de encuestados, 29 %, mantuvo que consumió un promedio de 3 verduras al día, durante 30 días. Dicha cantidad de verduras es una cantidad razonable de verduras, considerando que, a diferencia del caso de las frutas, las verduras suelen ser consumidas en la forma de ensaladas en almuerzos y cenas.

Durante la encuesta, se informó a los encuestados sobre el consumo recomendado de frutas y verduras, según la Organización Mundial de la Salud. El cómo dadas las propiedades de las frutas y verduras, se prevén enfermedades de distintos tipos. Asimismo, se le preguntó a los encuestados su opinión al respecto de ello. La gran mayoría concordó con el consumo de porciones de frutas y verduras que la OMS estableció, no obstante, una gran cantidad de los mismos mantuvo que, dado el precio actual de las frutas y verduras, éstos son incapaces de cumplir con el consumo de tales porciones.

Conclusiones:

Tras concluir con el trabajo en su totalidad, fue posible realizar la determinación del perfil lipídico de ambos tipos de maíz: industrial y las dos muestras de aceite extraído. La identidad y valores de los ácidos grasos fueron: 10,37028 % de ácido palmítico en el aceite industrial, siendo el porcentaje para los de extraído de 11,40157 % y 12,71509 %. Para el ácido esteárico, los porcentajes fueron de 3,00638 % para el industrial, y 2,85618 % y 2,85412 % para el extraído. En el caso del ácido oleico, el valor fue de 33,00775 % en el industrial, y 37,15412 % y 36,67994 % para el extraído. El ácido linoleico demostró ser un 52,76869 % en el aceite industrial, y 47,39098 % y 46,43324 % en el aceite extraído. También se observaron trazas de ácido linolénico, de 0,84691 % en el industrial y 1,03940 % y 1,00870 % en el extraído. Finalmente, en el aceite extraído se determinó también la presencia de ácido palmitoleico, representando un 0,15775 % en una muestra, y 0,18695 % en otra. Al analizar estos valores, es posible establecer que, descontando la presencia de cantidades casi despreciables de ácido palmitoleico, el perfil lipídico del aceite de maíz industrial no varía considerablemente con el del aceite de maíz extraído. Asimismo, las concentraciones de sus ácidos grasos tampoco varía sustancialmente, siendo la mayor diferencia aquella entre las concentraciones de ácido linoleico, un 5,37771 % y 6,33545 % respectivamente. Ésto permite concluir que, incluso tras sufrir el proceso de refinamiento, tanto el perfil lipídico como las concentraciones de los ácidos grasos de ambas muestras de aceite no varían mucho, exceptuando la presencia de ácido palmitoleico, el cual puede haber sido un ácido graso libre del maíz.

Asimismo, fue posible establecer que el aceite de maíz extraído no actúa como un antibacterial eficiente, dado que, tras su contagio con *Bacillus Licheniformis*, éste no fue capaz de formar halos de inhibición. El motivo detrás de ésto puede deberse a dos posibles factores. El primero: el aceite, al ser extraído, no retiene los ácidos hidroxámicos que actúan como defensa del vegetal y, el segundo: el aceite sí retiene los ácidos hidroxámicos, pero éstos son incapaces de defender al mismo del contagio de *Bacillus L.*

Finalmente, en el estudio sociológico, tras concluir con el análisis de los datos, el equipo de investigación logró concluir en el hecho de que los individuos encuestados, representativos de los ciudadanos uruguayos, poseen una dieta relativamente balanceada. La gran mayoría no es capaz de consumir las porciones de frutas recomendadas por la Organización Mundial de la Salud, dado el elevado precio de las mismas. Asimismo, fue posible determinar que los encuestados no están particularmente informados en cuanto a su alimentación trata, evidenciado por la cantidad de encuestados que, o no poseyeron información sobre los beneficios de los productos lácteos, o poseyeron información equívoca. Aún más evidencia de la relativa falta de información en la dieta de los encuestados se encuentra en el hecho de que la gran mayoría no analiza los ingredientes contenidos en sus alimentos, información dada por la etiqueta de los mismos.

Fuentes bibliográficas:

Akoh, C. C., Min, D. B. (2008). *Food Lipids, Chemistry, Nutrition and Biotechnology* (3ra edición).

Agilent Technologies® (2011). *Cromatógrafo de gases: guía de funcionamiento*.

Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos* (4ta edición).

Buchanan, M. D. (2011). *GC Analyses of FAMES by Boiling Point Elution*. Sigma Aldrich. 34.

Cortez, A., Wild-Altamirano, C. (1972). *Contribución a la tecnología de la harina de maíz*.

Griffiths, L. J., Wolke, D., Page, A. S. y Horwood, J. P. (2005). *Obesity and bullying: different effects for boys and girls*.

Henan Kingman M & E Complete Plant Co., Ltd (2012). *Refinería de Aceite Comestible / Vegetal*. <http://www.refinaciondeaceites.com/planta-de-refineria-de-aceite/#:~:text=El%20proceso%20de%20refinaci%20de,el%20uso%20de%20soda%20c%20austica>.

Houck, M. M., Siegel, J. A. (2010). *Fundamentals of Forensic Science* (2da edición).

Instituto Nacional de Estadística (2018). *Encuesta de Nutrición, Desarrollo Infantil y Salud (ENDIS)*. Nueva edición 2018. <https://www.ine.gub.uy/encuesta-de-nutricion-desarrollo-infantil-y-salud-endis-2018->

Liu, K. S. (1994). Preparation of fatty acid methyl esters for gas-chromatographic analysis of lipids in biological materials. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71, p. 1179-1197.

Long, B. J., Dunn, G. M., Bowman, J. S., Routley, D. G. (1977). Relationship of Hydroxamic Acid Content in Corn and Resistance to the Corn Leaf Aphid. *Crop Science*. 17. p. 55-58.

Luque de Castro, M. D., Priego-Capote, F. (2010). Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 1217, p. 2383-2389.

Mayoral, A. M., (1995). *Papel de los ácidos hidroxámicos de cereales en el control de Diuraphis Noxia (Homoptera, Aphididae)*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Biología Vegetal I.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (s.f.). *Material Vegetal: Maíz*. <https://www.mapa.gob.es/app/materialvegetal/fichamaterialvegetal.aspx?idficha=1180>.

Munson, J. W. (1992). *Hydroxamic Acids*.

Ngaosuwan, K., Lotero, E., Suwannakarn, K., Goodwin Jr., J. G. y Praserttham, P. (2009). Hydrolysis of Triglycerides Using Solid Acid Catalysts. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48, p. 4757-4767.

Organización Mundial de la Salud (2021). *Obesity and overweight*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.

Poole, C. F., Poole, S. K. (1991). *Chromatography Today*. Volumen 1.

Sanjeev, P., Chaudhary, D. P., Sreevastava, P., Saha, S., Rajenderan, A., Sekhar J. C., Chikkappa, G. K. (2014). Comparison of Fatty Acid Profile of Specialty Maize to Normal Maize. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91, p. 1001-1005

Shellie, R. A. (2013). *Encyclopedia of Forensic Sciences*. (2da edición).

Smith, I. (1969). *Chromatographic and Electrophoretic Techniques* Volumen 1 (3ra edición).

Wade Jr., L. G. (2012). *Química Orgánica*. 2do volumen (7ma edición).

Imágenes

Imagen n°1: Extraída de Wade Jr., L. G. (2012). *Química Orgánica*. 2do volumen, 7ma edición. pg. 1205.

Imagen n°2: <https://es.wikipedia.org/wiki/Triglicérido> / Autor: Wolfgang Schaefer / Licencia: [CC BY 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)

Imagen n°3: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mikhail_Tsvet.jpg / Autor: Desconocido / Licencia: [CC BY 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)

Imagen n°4:

https://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/investigacion/cromatografia/cromatografia_de_gases.pdf
Museo Nacional de Ciencias Naturales de España (s.f.) - *Cromatografía de gases*

Imagen n°5:

https://en.wikipedia.org/wiki/Fatty_acid_methyl_ester#/media/File:Transesterification_FAME.svg / Autor: Ertua / Licencia: [CC BY 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)

Imagen n°6: <https://es.wikipedia.org/wiki/DIMBOA#/media/Archivo:DIMBOA.png> / Autor: Edgar181 / Licencia: [CC BY 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)

Anexos:

Imágenes tomadas durante la práctica

Extracción del aceite mediante Soxhlet



Imagen n°13, extracción del aceite mediante Soxhlet.



Imagen n°14, separación del solvente por rotaevaporación.

Cromatografía de gases de las muestras de aceite



Imagen n°15, equipo utilizado para la cromatografía de gases.



Imagen n°16, horno del cromatógrafo de gases.

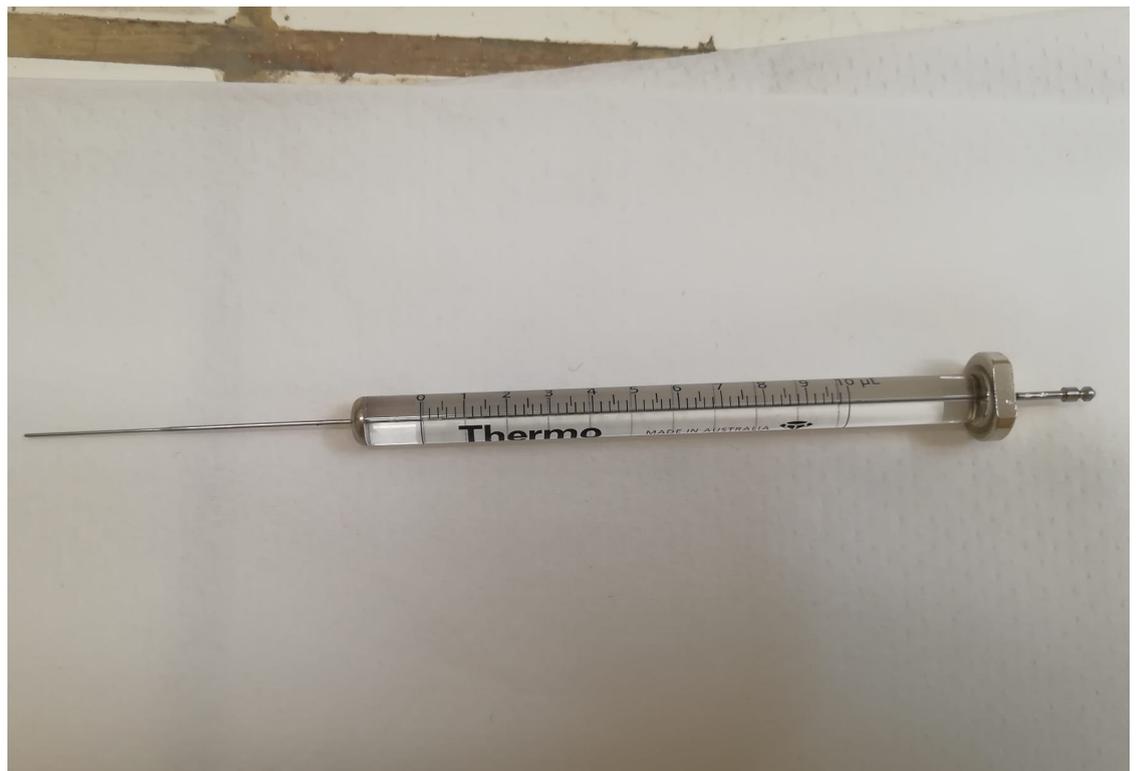


Imagen n°17, aguja para inyectar en el cromatógrafo de gases.

Gráficas

Estudio sociológico de la alimentación en Pando

Durante los últimos 30 días, ¿Cuántas veces al día tomó leche o consumió productos lácteos como yogur, queso o mantequilla?

71 respuestas



Gráfico n°6, frecuencia de consumo de productos lácteos de los encuestados.

Durante los últimos 30 días, ¿Cuántas veces al día usualmente bebiste refrescos carbonatados como Coca Cola, Pepsi, Max o Freskita?

71 respuestas



Gráfico n°7, frecuencia de consumo de bebidas carbonatadas de los encuestados.

Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días usted comió comida de un restaurante de comida rápida, como McDonald's, Burger King o Subway?

71 respuestas

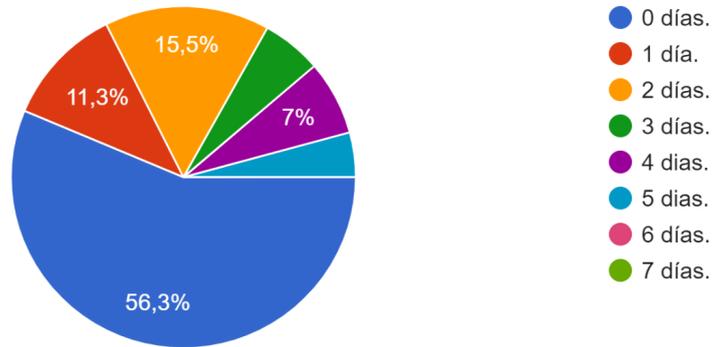


Gráfico n°8, frecuencia de consumo de comida rápida de los encuestados.